وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministry of Higher Education and Scientific Research
جامعة– عباس لغرور – خنشلة
Abbes Laghrour University- Khenchela-

كلية العلوم الاقتصادية والتجارية وعلوم التسيير

قسم العلوم الإقتصادية

Faculty of Economic Sciences Commerciale and management Sciences
Department of Economic Sciences

الغاز الصخري بين التحديات البيئية والكفاءة الإقتصادية

– دراسة التجربة الأمريكية مع الإشارة لحالة الجزائر–

أطروحة مقدمة لنيل شهادة الدكتوراه الطور الثالث في العلوم الاقتصادية

تخصص: إقتصاد الطاقة والبيئة والتنمية المستدامة

إعداد الطالبة:
طواهري الزهرة

تحت إشراف:
أ.د.بن الطاهر حسين

لجنة المناقشة			
الإسم واللقب	**الدرجة العلمية**	**الجامعة الأصلية**	**الصفة**
دربوش محمد الطاهر	أستاذ التعليم العالي	عباس لغرور خنشلة	رئيسا
بن الطاهر حسين	أستاذ التعليم العالي	عباس لغرور خنشلة	مشرفا ومقررا
شيبان سمير	أستاذ محاضر	جامعة عباس لغرور خنشلة	مناقشا
نصراوي دنيا زاد	أستاذ محاضر	جامعة عباس لغرور خنشلة	مناقشا
بوغيدان رشيد	أستاذ محاضر	جامعة بجاية	مناقشا
مشنان بركة	أستاذ محاضر	جامعة باتنة	مناقشا
السنة الجامعية: 2023–2024			

بسم الله الرحمان الرحيم

الاهداء

اهدي هذا الجهد المتواضع الى.....

من غمرتني بحنانها وحبها ودعائها الدائم أمي الغالية أدامها الله لنا

من كان لي سند ومصدر لقوتي أبي العزيز الذي أتمنى له الصحة والعافية

إلى إخوتي وأخواتي

زميلاتي، زملائي بخزينة بلدية الحامة

وبالأخص رفقاء الدراسة دفعة2017-2018 لعور اكرم، برهان بوقنة، بوروبة ليليا، مسعودان مريم، شحاطي آمينة.

إلى كل من ساعدني ولو بكلمة طيبة

شكر وعرفان

الحمد لله حمدا كثيرا طيبا مباركا فيه

والصلاة والسلام على سيدنا محمد وعلى آله وصحبه وسلم وبعد

بداية أتقدم بالشكر وأسمى عبارات التقدير إلى كل من قدم لي يد العون لانجاز هذه الدراسة، وأخص بالذكر الأستاذ المشرف الأستاذ البروفيسور بن الطاهر حسين لما قدمه من توجيهات قيمة كانت عونا لي في إتمام هذه الدراسة بالشكل المطلوب

كل الأساتذة الكرام اللذين رافقونا من بداية المشوار الدراسي

إلى كافة عمال الطاقم الإداري بكلية العلوم الاقتصادية بجامعة عباس لغرور

كما أتقدم بالشكر إلى أعضاء اللجنة العلمية لقبولهم مناقشة هذا العمل المتواضع

ملخص

في ظل الظروف الراهنة التي تشهدها أسواق الطاقة، ومع التراجع المستمر في كميات الإنتاج للوقود الأحفوري، وتنامي حجم الإستهلاك الطاقوي وتامين الإمدادات، أصبح من الضروري البحث عن موارد طاقوية بديلة، تزامنا مع ظهور طفرة الغاز الصخري في الولايات المتحدة الأمريكية، كما أن اكتشاف الاحتياطات بكميات معتبرة للعديد من دول العالم ومن بينها الجزائر، ساهم في تبني فكرة استغلال الموارد غير التقليدية.

وهدفت هذه الدراسة إلى تسليط الضوء على الغاز الصخري كمورد طاقوي غير تقليدي من ناحية الآثار التي يخلفها على البيئة والعائد الاقتصادي الذي يحققه مقارنة بالغاز الطبيعي، مع دراسة التجربة الأمريكية لاستغلالها للغاز الصخري والعوامل التي أدت إلى نجاحها مع إمكانية إستفادة الجزائر من التجربة الأمريكية.

وقد خلصت الدراسة أن الاستثمار في الغاز الصخري في العديد من دول العالم ومن بينها الجزائر، لم يلقى نفس القدر من النجاح الذي شاهدته الولايات المتحدة الأمريكية، وهذا راجع إلى التباين الواضح في الطبيعة الجيولوجيا، البنية التحتية، التقنيات المتطورة خاصة تلك المتعلقة بعملية التكسير الهيدروليكي، والقوانين والسياسات التشريعية الداعمة للاستثمار في الغاز الصخري، بالإضافة إلى أن الجزائر تزخر بمقومات هائلة من الطاقات المتجددة تغنيها عن الغاز الصخري كمصدر بديل، مع مراعاة البعد البيئي و تكاليف الاستثمار.

الكلمات المفتاحية: الغاز الصخري، الكفاءة الإقتصادية، مصادر الطاقة التقليدية، مصادر الطاقة غير التقليدية، التحديات البيئية.

Abstract

In light of the current conditions in the energy markets, and with the continuous decline in the quantities of fossil fuel production, and the growing volume of energy consumption and securing supplies, it has become necessary to search for alternative energy resources, coinciding with the emergence of the shale gas boom in the United States of America, and the discovery of reserves in significant quantities for many countries of the world, including Algeria, contributed to adopting the idea of exploiting unconventional resources.

This study aimed to shed light on shale gas as an unconventional energy resource in terms of its effects on the environment and the economic return it achieves compared to natural gas, while studying the American experience of exploiting shale gas and the factors that led to its success with the possibility of Algeria benefiting from the American experience.

The study concluded that investment in shale gas in many countries of the world, including Algeria, did not meet with the same degree of success as the United States of America, and this is due to the clear variation in the geological nature, infrastructure, advanced technologies, especially those related to the hydraulic fracturing process, laws and legislative policies supporting investment in shale gas, in addition to that Algeria is full of huge renewable energies that replace shale gas as an alternative source, taking into account the environmental dimension and the costs of Investment

Key words: Shale gas, Economic efficiency, Conventional energy sources, Unconventional energy sources, Environmental challenges

فهرس المحتويات

العنوان	الصفحة
ملخص	
الاهداء	
شكر وعرفان	
فهرس الأشكال	I
فهرس الجداول	III
فهرس الخرائط	V
فهرس الملاحق	VI
قائمة الرموز والمختصرات	VII
مقدمة	أ- ذ
الفصل الاول: عموميات حول إقتصاديات الطاقة	
تمهيد	27
المبحث الأول: مدخل لاقتصاديات الطاقة	28
المطلب الأول: الإطار المفاهيمي للطاقة	28
المطلب الثاني: الطاقة التقليدية(الناضبة)	31
المطلب الثالث: الطاقات البديلة (المتجددة)	38
المطلب الرابع: الطاقات البديلة (غير المتجددة)	42
المبحث الثاني: التبعات البيئية لاستخدام الموارد الطاقوية	44
المطلب الأول: البيئة، مفهومها، وعلاقتها بالاقتصاد	44
المطلب الثاني: التلوث البيئي	51
المطلب الثالث: الآثار الناجمة عن استخدام الطاقات التقليدية	53
المطلب الرابع: الطاقات البديلة والمعطيات البيئية	55
المبحث الثالث: الكفاءة الإستخدامية للمصادر الطاقوية وفق متطلبات التنمية المستدامة	59
المطلب الأول: الطاقة وتحدياتها لأغراض التنمية المستدامة	59
المطلب الثاني: الكفاءة الإستخدامية للطاقة	70
المطلب الثالث: دور تحسين كفاءة استخدام الطاقة في تحقيق أبعاد التنمية المستدامة	75
المطلب الرابع: سيناريو تحسين كفاءة الطاقة في العالم	79
خلاصة	84

الفصل الثاني: إقتصاديات الغاز الصخري، الاعتبارات البيئية، والكفاءة الإقتصادية	
تمهيد	86
المبحث الأول: مدخل عام حول اقتصاديات الغاز الصخري	87
المطلب الأول: الغاز الصخري(الخصائص الاحتياطات، طرق استخراج)	87
المطلب الثاني: خصائص الغاز الصخري وتقديرات احتياطاته العالمية	95
المطلب الثالث: طرق استخراج الغاز الصخري	100
المطلب الرابع: المصادر الطاقوية غير التقليدية الأخرى	110
المبحث الثاني: الانعكاسات البيئية لاستخراج الغاز الصخري	113
المطلب الأول: الآثار البيئية السلبية لاستغلال الغاز الصخري	113
المطلب الثاني: مظاهر التلوث للغاز الصخري والجدل حول استغلاله	116
المطلب الثالث: الدراسة البيئية لمشروع الغاز الصخري	119
المطلب الرابع: تطبيق مبادئ التنمية المستدامة على الاستثمار في الغاز الصخري	124
المبحث الثالث: الآثار الخارجية والكفاءة الاقتصادية لاستغلال الغاز الصخري	126
المطلب الأول: تكاليف الآثار الخارجية	126
المطلب الثاني: الضرر البيئي وقياس التكاليف البيئية للنشاط الاقتصادي	130
المطلب الثالث: لطاقة ضمن النموذج "الايكولوجي الاقتصادي"	135
المطلب الرابع: الكفاءة الاقتصادية للغاز الصخري	138
خلاصة	146
الفصل الثالث: دراسة التجربة الأمريكية لاستغلال الغاز الصخري وتجارب دولية أخرى	
تمهيد	148
المبحث الأول: دراسة التجربة الأمريكية لاستغلال الغاز الصخري	149
المطلب الأول: واقع الغاز الصخري في الولايات المتحدة الأمريكي	149
المطلب الثاني: انعكاسات استغلال الغاز الصخري في الولايات المتحدة الأمريكية	155
المطلب الثالث: تقييم موارد الغاز الصخري وخصائصه الرئيسية في الولايات المتحدة	156
المطلب الرابع: تقييم المخاطر البيئية المحتملة المرتبطة بإنتاج الغاز الصخري في الولايات المتحدة الأمريكية	161
المبحث الثاني: أثر إنتاج الغاز الصخري في الولايات المتحدة على الأسواق العالمية (أسعار الغاز الطبيعي)	174
المطلب الأول: إنتاج الغاز الصخري في الولايات المتحدة	174

المطلب الثاني: عوامل نجاح ثورة الغاز الصخري في الولايات المتحدة الأمريكية	181
المطلب الثالث: كفاءة الغاز الصخري وأثره على القطاعات الاقتصادية الأخرى	185
المطلب الرابع: طبيعة التنافس بين الغاز الطبيعي التقليدي والصخري في الأسواق العالمية	186
المبحث الثالث: تجارب بعض الدول المنتجة للغاز الصخري	189
المطلب الأول: تجربة كندا في استغلال الغاز الصخري	189
المطلب الثاني: تجربة الأرجنتين في استغلال الغاز الصخري	201
المطلب الثالث: تجربة الصين في استغلال الغاز الصخري	204
المطلب الرابع: تجارب دول أخرى من الاتحاد الأوروبي	207
خلاصة	214
الفصل الرابع: الغاز الصخري في الجزائر وإمكانية تكرار التجربة الأمريكية	
تمهيد	216
المبحث الأول: واقع استغلال الغاز الصخري في الجزائر	217
المطلب الأول: مسألة الطاقة ومكانة المحروقات في الجزائر	217
المطلب الثاني: احتياطات الغاز الصخري وأهم الأحواض في الجزائر	221
المطلب الثالث: الغاز الصخري في الجزائر كمشروع طاقوي بديل	228
المطلب الرابع: مواقف الأطراف المعارضة والمؤيدة لاستغلال الغاز الصخري بالجزائر	233
المبحث الثاني: تقييم كفاءة استغلال الغاز الصخري في الجزائر	240
المطلب الأول:اقتصاديات الغاز الصخري في الجزائر	240
المطلب الثاني: مقارنة بين آبار الغاز الصخري الجزائري وآبار الغاز الصخري الأمريكي	241
المطلب الثالث: فرص وتحديات صناعة الغاز الصخري في الجزائر	243
المطلب الرابع: سناريوهات الغاز الصخري في الجزائر	248
المبحث الثالث: تقييم الآثار البيئية لاستغلال الغاز الصخري والخيارات الطاقوية البديلة في الجزائر	250
المطلب الأول: تقييم الآثار البيئية المحتملة لاستغلال الغاز الصخري في الجزائر	250
المطلب الثاني: دراسة مقارنة للنموذج الجزائري والنموذج الأمريكي لعملية التكسير الهيدروليكي وتلوث المياه	255
المطلب الثالث:الخيارات الطاقوية المتاحة في الجزائر	261
المطلب الرابع: نموذج SWOT للغاز الصخري والطاقات المتجددة	264
خلاصة	267
الخاتمة	269

قائمة المراجع	277
الملاحق	293

فهرس الأشكال

رقم الشكل	عنوان الشكل	رقم الصفحة
1.1	مخطط توضيحي لمختلف أنواع المصادر الطاقوية	44
2.1	استخدام الطاقة في العالم وارتباطها بتطور انبعاث غاز CO_2 (حسب مصادر الطاقة)	70
3.1	مجالات استغلال الغاز الطبيعي في تحقيق التنمية المستدامة لمختلف القطاعات	80
4.1	انبعاث ثاني أكسيد الكربون المباشر من الطاقة (حسب سيناريو التدافع وسيناريو المخططات)	84
5.1	سيناربو الإستخدام الكثيف للطاقة التقليدية، والاستخدامات الصديقة للمناخ (1990-2100)	86
1.2	موارد الغاز التقليدية وغير التقليدية	88
2.2	الزيادة في انتاج النفط التقليدي الأمريكي إلى زيادة النفط الصخري (غير التقليدي)	90
3.2	رسم تخطيطي لبئر تنتج النفط الصخري و الغاز الصخري	102
4.2	توقعات إنتاج العالم من النفط الخام من الحقول البحرية (2005-2035)	110
6.2	عوامل الخطر المرتبطة بتطوير الغاز الصخري على نطاق واسع	118
7.2	توقعات الغاز التقليدي والغاز الصخري (غير التقليدي) الى غاية سنة 2100	125
8.2	إدخال التكاليف الاجتماعية في تقدير الآثار الخارجي	128
12.2	المستوى الأمثل للتلوث	134
13.2	تكاليف إنتاج الغازات التقليدية وغير التقليدية	139
14.2	نوع إنتاج بئر غاز تقليدي لمدة حياة 40 سنة (% في السنة إنتاج إجمالي)	143
15.2	إنتاج بئر غاز ضخري (في السنة إنتاج إجمالي)	144
16.2	خطط الإنتاج من برنامجين للحفر لمدة 10 سنوات لإنتاج 9 وحدات عشوائية من الغاز الصخري.	144
1.3	تقديرات الموارد المتبقية القابلة للاسترداد من الغازات غير التقليدية في الولايات المتحدة الأمريكية	149
2.3	مخطط توضيحي للآبار التقليدية والغير التقليدية	154
3.3	إنتاج الولايات المتحدة حسب الفئة بين عامي 1990 و 2013	257
4.3	تراجع الإنتاج في الآبار التي تم حفرها(حقل هانسفيل) قبل عام 2011	159

5.3	حقل بارنات الحفر الافقي والعمودي إحصائيات	160
6.3	إنتاج الغاز الصخري وحصة الشركات المنتجة في الولايات المتحدة الأمريكية خلال الفترة ما بين (2007-2023) بمليون برميل يوميا	161
8.3	انبعاثات CH_4 أثناء استكشاف الغاز الصخري واستخراجه ومعالجته	170
9.3	إنتاج الغاز الطبيعي في الولايات المتحدة 1970-2016 (مليار قدم مكعب في اليوم)	175
10.3	الدول المنتجة للغاز الصخري والنفط الضيق في سنة 2014	176
11.3	العوامل الرئيسية في تطوير قطاع الغاز الصخري	181
12.3	تقدير الموارد الصخرية في كندا	192
1.4	أهم تحديات تطوير صناعة الغاز الصخري في الجزائر	248
2.4	مشاكل مياه الشرب المحتملة المرتبطة بكل مرحلة من مراحل دورة مياه التكسير الهيدروليكي	254
3.4	النمذجة التخطيطية لنموذج الأمريكي لإدارة المياه لاستكشاف الغاز الصخري وتطويره	257
4.4	النمذجة التخطيطية لنموذج إدارة المياه في الجزائر أثناء استكشاف واستغلال الغاز الصخري	259
5.4	إنتاج واستهلاك الغاز الطبيعي في الجزائر (تريليون قدم مكعب)	262
6.4	إمكانية الطاقة المتجددة لإنتاج الكهرباء والبرنامج الطاقة الوطني الجزائري للطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة (2015-2030)	263

فهرس الجداول

رقم الجدول	عنوان الجدول	رقم الصفحة
1.1	التركيب الكيميائي النموذجي للغاز الطبيعي والبترول	13
2.1	مجالات استخدامات الغاز الطبيعي	33
3.1	إختلاف انواع الفحم الحجري	36
4.1	مجالات استخدامات الفحم الحجري	37
5.1	أهم المفاهيم المرتبطة بالبيئة	45
6.1	مكونات النظام البيئي	47
7.1	تصنيف الموارد الطبيعية	48
8.1	تطور العلاقة بين الإقتصاد والبيئة	50
9.1	أهداف التنمية المستدامة	63
10.1	مبادئ للتنمية المستدامة	65
11.1	مؤشرات وعوامل كفاءة الطاقة	75
12.1	احتمالات سيناريوهات الطاقة في العالم	81
1.2	أوجه الاختلاف بين الحقول التقليدية وغير التقليدية	93
2.2	مزايا وعوائق استغلال الغاز الصخري	95
3.2	احتياطيات الغاز الصخري في العالم	98
4.2	احتياطيات الغاز الصخري والقابل للاستخراج في شمال إفريقيا	99
5.2	نقد حجج ومبررات استغلال الغاز الصخري	108
6.2	مجالات تضارب وجهات النظر المعارضين والمؤيدين لإنتاج الغاز الصخري	109
7.2	علاقة الغاز الصخري بأبعاد التنمية المستدامة	125
8.2	التكلفة الكلية والتكلفة التشغيلية لإنتاج النفط والغاز من المصادر غير التقليدية	141
1.3	تاريخ ظهور الغاز الصخري وأهم خطوات استغلاله في الولايات المتحدة الأمريكية	150
2.3	التطورات في عدد الآبار لعدة حقول منتجة للغاز الصخري في الو م أ في سنة 2012.	153
3.3	المسافة من التكوينات الغازية الصخرية إلى المياه الجوفية للخزانات الأمريكية الرئيسية (بالأمتار)	163
4.3	كثافة المياه لاستخراج ومعالجة مصادر الطاقة المختلفة (لتر لكل مليون وحدة حرارية بريطانية)	165

4.3	إنبعاثات غاز الميثان CO_2 في الولايات المتحدة(خلال مراحل الإنتاج)، لسنة 2015	168
5.3	إنبعاثات الميثان الناتجة عن إجراء التصريف من أربعة آبار غير تقليدية	171
6.3	الإنبعاثات في الهواء أثناء إنتاج الغاز الصخري	172
7.3	إنتاج وواردات الولايات المتحدة الأمريكية من الغاز (مليار قدم مكعب)	177
8.3	إنتاج واستهلاك الولايات المتحدة من الغاز (تريليون قدم معكب)	178
9.3	احتياطيات الدول من الغاز (التقليدي والصخري)	189
10.3	عدد آبار الغاز الصخري التي تم حفرها حتى عام 2011 حسب المقاطعات	193
11.3	الفرص والتحديات المحتملة لتطوير الغاز الصخري في كندا	194
12.3	توسيع القاعدة المعرفية لتطوير الغاز الصخري	197
13.3	الخصائص المختلفة لموارد الغاز الطبيعي التقليدية وغير التقليدية	200
14.3	الفرص والتحديات المحتملة لتطوير الغاز الصخري في الارجنتين	203
15.3	الفرص والتحديات المحتملة لتطوير الغاز الصخري في الصين	205
16.3	حجج أنصار ومعارضي الغاز الصخري في فرنسا	209
17.3	اوجه المقارنة بين الو م أ و دول الاتحاد الأوروبي لاستغلال الغاز الصخري	212
1.4	أهم شركات التنقيب عن الغاز الصخري في الجزائر	222
2.4	خصائص أحواض الغاز الصخري في الجزائر	228
3.4	قائمة المراسيم المطبقة في الجزائر في مجال البيئة	239
4.4	الموارد القابلة للاسترجاع تقنيا (TRR) في الجزائر	241
5.4	مقارنة بين الغاز الصخري في التشكيلات"الفراسنية" بالجزائر والولايات المتحدة الأمريكية	243
6.4	حجم المياه المستعملة في أحواض الغاز الصخري في الولايات المتحدة الأمريكية	256
7.4	تحليل مقارن للنموذج الجزائري والنموذج الأمريكي لإدارة المياه	260
8.4	نموذج SWOT للغاز الصخري والطاقات المتجددة	264

فهرس الخرائط

رقم الخريطة	عنوان الخريطة	رقم الصفحة
1.2	توزيع الأحواض الرسوبية للنفط الصخري في العالم	103
2.2	خريطة العالم توضيحية لمناطق مصادر النفط الثقيل	114
1.3	أحواض الغاز الصخري في الولايات المتحدة الأمريكية	151
2.3	الموارد الصخرية في كندا	191
1.4	أحواض الغاز الصخري والنفط الصخري في الجزائر	223

فهرس الملاحق

رقم الملحق	عنوان الملحق	رقم الصفحة
01	التنظيم الهندسي والتسلسل الهرمي لحقل واسون النفطي حول مدينة دنفر (تكساس) في حوض بيرميان ،الولايات المتحدة الامريكية	293
02	تطور استغلال الغاز الصخريمن (1997 الى 2009) في حقل بارنيت بتكساس(USA)	294
03	خصائص أحواض (غدامس/ بركين ، اليزي) في الجزائر	295
04	خصائص أحواض (تميمون، ومويدر) في الجزائر	296
05	خصائص أحواض (رقان، تندوف) في الجزائر	296
06	حوض غدامس (Silurian Tanzuft) في الجزائر	297
07	حوض غدامس (Devonian Frasnian) في الجزائر	297
08	حوض اليزي (Silurian Tanzuft) في الجزائر	298
09	حوض تميمون (Silurian Tanzuft) في الجزائر	298
10	حوض تميمون (Devonian Frasnian) في الجزائر	299
11	حوض آحنات (Devonian Frasnian، Silurian Tanzuft) في الجزائر	300
12	حوض مويدر (Silurian Tanzuft) في الجزائر	301
13	حوض رقان (Silurian Tanzuft) في الجزائر	301
14	حوض تندوف (Silurian Tanzuft) في الجزائر	302
15	الآثار البيئية المتعلقة باستغلال الغاز الصخري	303

مقدمة

مقدمة

1.تمهيد

يشهد قطاع الطاقة حول العالم تغييرات كبيرة، نتيجة تزايد الاستهلاك وارتفاع التكاليف من جهة، وتأمين إمدادات الطاقة من جهة أخرى، وأصبح من المؤكد أن مصادر الطاقة التقليدية أو ما يعرف بالوقود الأحفوري معرضة للنضوب عاجلا أم آجلا، كونها مصادر غير متجددة، ناهيك بالاستغلال المفرط لهذه المصادر الطاقوية، قصد تأمين الطلب المتزايد على الطاقة على المستوى العالمي، وهو ما تسبب في استنزاف تلك المصادر، الأمر الذي أدى بالبحث عن بدائل لهذه الطاقة المعرضة للنفاذ مع مرور الزمن، وهو ما تجلى في الاهتمام ببعض المصادر الطاقوية البديلة غير تقليدية أهمها الغاز الصخري، وتكمن أهميته في إمكانية استخدامه كبديل للوقود الأحفوري التقليدي كالنفط والغاز الطبيعي، فقد أصبح محل اهتمام معظم دول العالم، خاصة بعد نجاح التجربة الأمريكية، والتي أصبح يمثل فيها الغاز الصخري جزءا كبيرا من إمدادات الغاز بصفة خاصة والطاقة بصفة عامة.

إن استخراج الغاز الصخري يواجه تحديات ومخاطر بيئية محتملة، التي تسببها تقنيات استخراجه المعتمدة على عملية التكسير الهيدروليكي التي تحتاج إلى استهلاك كميات كبيرة من المياه والمواد الكيميائية لكسر الصخور وإطلاق الغاز المحبوس فيها، مما قد يؤثر على توافر المياه في المناطق المحلية، وتلوث المياه الجوفية، فضلا عن احتمالية التسرب والتلوث البيئي أثناء عملية الحفر والاستخراج، لذا يتعين على هذه الصناعة تبني تدابير الحماية للحد من التأثيرات السلبية على البيئة، وهذا ما أثار موجة الاحتجاجات في المجتمعات أهمها ما حدث في الجزائر نتيجة التخوف من عواقب استغلال هذا المورد، كتلوث الهواء، وزيادة الضوضاء بالإضافة إلى تأثيرات على الصحة العامة وجودة الحياة.

من الناحية الاقتصادية يمكن أن يكون استخراج الغاز الصخري مصدرا هاما للدخل وتوفير فرص عمل جديدة، كما يمكن أن تستفيد الدول من استخراج الغاز الصخري لتحقيق الاكتفاء الذاتي في الطاقة وتقليل اعتمادها على واردات الطاقة، مثل ما حدث في الولايات المتحدة الامريكية عند استغلالها للغاز الصخري بفضل عدة مقومات ساعدتها على ذلك، اهمها المقومات الجيولوجيا والخبرة التقنية مع توفر وسائل الحفر ومع ذلك يتطلب الاستثمار في هذه الصناعة رأسمالا كبيرا وتكنولوجيا متقدمة.

إلا أن الجزائر شهدت في الآونة الأخير تراجع في حجم الإكتشافات لحقول النفط والغاز الطبيعي وتراجع نسبة الصادرات في السنوات الأخيرة، نتيجة لإنخفاض في حجم الاحتياطات من الغاز التقليدي الأمر الذي أدى إلى انعكاسات سلبية على ميزانية الدولة المعتمدة بشكل أساسي على صادرات المحروقات، التي تعتبر الركيزة الأساسية لاقتصادها، وهذا ما دفع الجزائر إلى ترتيب أولوياتها الاقتصادية وإعادة توجيه سياستها الطاقوية بالشكل الذي يضمن لها إيجاد بدائل سريعة وفعالة بتنويع مواردها الطاقوية واستغلال الموارد غير التقليدية (النفط والغاز الصخريين)، خاصة بعد نجاح تجربة الولايات المتحدة وتحقيقها للاكتفاء الذاتي بعد ما كانت تعتمد على الإمدادات الخارجية لموارد الطاقة، ساهم في تعزيز موقف الجزائر في إمكانية تكرار هذه التجربة معتمدة على حجم الاحتياطات حيث تحتل المركز الثالث بعد الصين والأرجنتين تليها الولايات المتحدة الأمريكية في المركز الرابع.

1.إشكالية الدراسة

إن ظهور الغاز الصخري في الولايات المتحدة الأمريكية والتوجه نحو استغلاله في العديد من دول العالم يثير عدة تساؤلات وتحديات خاصة مع تزايد الطلب على الطاقة وتحول الاهتمام نحو مصادر طاقة نظيفة ومستدامة، ومع اكتشافات الاحتياطات الضخمة للغاز الصخري التي غيرت السياسة الطاقوية للعديد من دول العالم، ومع صفاته الاستغلالية التي تختلف عن الغاز الطبيعي (التقليدي) فيما يخص حماية البيئة والمحافظة على مواردها الطبيعية، وزيادة الشكوك حول ما إذا كان مستوى نجاح استغلال الغاز لصخري داخل الولايات المتحدة الأمريكية سيكون بنفس المستوى عندما يستغل خارج ترابها، مع توفر التقنيات المتقدمة لعملية استخراجه، وهذا من خلال عرض التجربة الأمريكية في استغلال الغاز الصخري، وتوجه الجزائر نحو استغلال إمكاناتها من الغاز الصخري، وهذا ما سيتم تناوله من خلال الإجابة على الإشكالية الآتية:

كيف يمكن تفعيل تجربة استغلال الغاز الصخري من خلال السعي إلى تحقيق الكفاءة الاقتصادية والحد من التداعيات البيئية مع إمكانية الاستفادة من التجربة الأمريكية في الجزائر؟

ويندرج تحت هذا التساؤل الرئيسي الأسئلة الفرعية الآتية:

- ماهي أهم التحديات التي تواجه مصادر الطاقة التقليدية وغير التقليدية في ظل متطلبات التنمية المستدامة؟
- هل يحقق الغاز الصخري الكفاءة الاقتصادية المطلوبة رغم الضوابط البيئية والمواقف المنددة لاستغلاله؟
- ما مدى نجاح الولايات المتحدة الأمريكية في استغلال الغاز الصخري، وهل استطاعت أن تحقق الإكتفاء الذاتي؟
- ما مدى إمكانية نجاح تجربة استغلال الغاز الصخري في الجزائر اقتصاديا وبيئيا؟

2.فرضيات الدراسة

بهدف الإجابة عن الأسئلة المطروحة يمكن تقديم فرضيات الدراسة كما يلي:

- **الفرضية الأولى:** تعتبر الطاقة غير التقليدية بديل أمثل للطاقة التقليدية (الأحفورية) لتلبية الطلب العالمي المتزايد للطاقة، في ظل حتمية التوجهات العالمية لمصادر الطاقات المتجددة الصديقة للبيئة.
- **الفرضية الثانية:** ترتبط عملية استغلال الغاز الصخري بعدة عوامل أهمها التحكم في تقنية التكسير الهيدروليكي، مع احتساب التكاليف الاقتصادية والبيئية والاجتماعية.
- **الفرضية الثالثة:** إن نجاح الولايات المتحدة الأمريكية في استغلال الغاز الصخري، يمكن أن يكون بنفس الكفاءة في دول الأخرى التي تبنت إستراتجية استغلاله.
- **الفرضية الرابعة:** إن توجه الجزائر نحو استغلال الموارد الطاقوية غير التقليدية يعتبر حتمية اقتصادية، في ظل غياب بدائل أخرى مجدية اقتصاديا وبيئيا.

3. .أهمية الدراسة:

تكمن أهمية الدراسة في:

- كونها تتناول أحد المواضيع المهمة والحديثة خصوصا بعد نجاح الولايات المتحدة في استغلال الغاز الصخري, وتنامي بما يسمى(ثورة الغاز الصخري)، لذا بات من الضروري البحث في إمكان الاستفادة من التجربة الأمريكية، لاستغلال احتياطات الدول من هذا المورد كمصدر طاقوي غير تقليدي ومن بينها الجزائر.
- كونها تنبع من الواقع الذي تمر به الجزائر في ظل انهيار أسعار المحروقات و تراجع مداخيل الدولة، ما أجبر السلطات على البحث عن مورد بديل، فبالرغم من توجه الجزائر نحو تنويع اقتصادها الا أنها لم تستطع السيطرة على العجز في موازنتها، مما جعلها تفكر في التنويع الطاقوي لإستغلال الغاز الصخري من مبدأ امتلاكها لاحتياطات معتبرة من شأنها تعزيز إيراداتها.

4.أهداف الدراسة:

تسعى هذه الدراسة إلى تحقيق جملة من الأهداف تتمثل في:

- تبيان دور الغاز الصخري كمصدر جديد وبديل في للطاقة التقليدية، وما يمكن أن يؤديه في المستقبل، وإيضاح دوره المهم في تلبية الطلب المتزايد على الطاقة، وتأمين إمداداتها خاصة في المستقبل؛
- حصر أهم المواقف المؤيدة والرافضة للتوجه العالمي نحو الاستثمار في الغاز الصخري.
- تحليل العوامل التي أدت إلى نجاح التجربة الأمريكية.
- إبراز حالة الجزائر كدراسة حالة تجريبية أخرى في مجال استخراج الغاز الصخري، من خلال تحليل العوامل المؤثرة في تنفيذ هذه التجربة ، والتحديات التي تواجهها في مجال استغلال الغاز الصخري، معرفة تقديرات احتياطاته وتأثيراته على البيئة من خلال تقييم تأثيرات التكسير الهيدروليكي على المياه الجوفية والتربة، وتلوث الهواء.

5.منهج البحث:

تم الاعتماد على المنهج الوصفي والتحليلي ومنهج المقارن كما يلي:

- **المنهج الوصفي:** في أجزاء الفصول الاربعة عند التطرق لعرض الإطار النظري للمفاهيم المتعلقة بالطاقة والبيئة والتنمية المستدامة، وذلك عن طريق وصف الجوانب المتعلقة بموضوع موارد الطاقة التقليدية وغير التقليدية وتشخيص سبل ترشيد الاستخدام الكفء بالاضافة الى تعداد المخاطر المترتبة على تزايد الاستخدام العالمي للموارد النفطية الملوثة للبيئة، وصف الجوانب المتعلقة بموضوع استغلال الغاز الصخري و تقييم أثاره البيئية.
- **اما المنهج التحليلي:** تم الاعتماد عليه في تحليل مختلف البيانات ومنها الاثار المترتبة على استغلال الغاز الصخري من الناحية الاقتصادية او البيئية، واسقاط التجربة الامريكية على بالجزائر، مع وضع بعض التفسيرات لاسباب التي جعلت الجزائر تغير سياستها الطاقوية واستغلال الموارد الطاقوية غير التقليدية، بالاضافة الى الاشكال والرسوم البيانية التي تبرز أهم التطورات في صناعة الغاز الصخري، كما تم الاعتماد كذلك في الفصل الرابع على السيناريوهات المتوقعة والمرتقبة من خلال تسليط الضوء على اثر استغلال الغاز الصخري على المياه الجوفية ووكيفية

ادارتها بالاضافة الى الاعتماد على الكتب والمراجع والكتب والبحوث والدراسات السابقة والملتقيات والدوريات المتخصصة والبيانات المستقاة من منظمات دولية ذات صلة بموضوع البحث.

6. أسباب اختيار الموضوع

هناك عدة أسباب يمكن أن تدفع اي شخص لاختيار هذا الموضوع لأنه جدير بالدراسة، ويعد الغاز الصخري مجالا نشطا للبحث العلمي والتطوير التكنولوجي، كذلك البحث في هذا الموضوع يبدد الشكوك ويزيل الغموض حول تفاصيل استغلاله، بالإضافة إلى الاهتمام الشخصي بالموضوع والرغبة في زيادة المعرفة والفهم حوله، هذا من الأسباب الذاتية، أما الموضوعية تكمن من خلال تبيان النقاط الآتية:

- **أهمية الغاز الصخري:** التي تعتبر من مصادر الطاقة البديلة المهمة التي يمكن أن تلعب دورا حاسما في تلبية احتياجات الطاقة العالمية، وبالتالي تعزيز القدرة على الاكتفاء الذاتي في الطاقة وتقليل الاعتماد على النفط والغاز الطبيعي.
- **التجربة الأمريكية:** يمكن أن تكون دراسة تجربة الولايات المتحدة مفيدة لفهم العوامل التي تؤثر في الكفاءة الاقتصادية والانعكاسات البيئية لاستخراج الغاز الصخري وتحقيق الاستدامة.
- **الواقع الجزائري:** تمتلك الجزائر احتياطيات هائلة من الغاز الصخري، وتعتبر واحدة من بين الدول التي تسعى للاستفادة من هذه المصدر الطاقوي، لذا يمكن أن تكون دراسة التجربة الجزائرية لها أهمية في فهم مدى تأثير استخراج الغاز الصخري على الاقتصاد المحلي والبيئة.

7. الدراسات السابقة

1.7. دراسة "**Benjamin Dessus**" مجلة "Les cahiers de global chance" العدد 33، مارس 2013، بعنوان: "**Que penser de l'affaire des gaz de schiste**"

تهدف هذه الدراسة إلى تسليط الضوء على مفهوم الغاز الصخري، كيفية استغلاله، احتياطاته كذا التطرق إلى مسألة البيئة على الصعيد المحلي والعالمي، وإجراء مقارنة بين المقومات التي ساعدت الولايات المتحدة الأمريكية في نجاح استغلال هذا المورد ورغبة فرنسا في تكرار التجربة مع الأخذ في الحسبان العوامل البيئية والجيوسياسية التي قد تؤثر على تبني هذا المشروع في فرنسا، وقد خلصت الدراسة إلى عدة نقاط أهمها:

- يمثل استغلال الغاز الصخري مع التقنيات المتوفرة الحالية، مضايقات بيئية خطيرة للغاية على الصعيدين المحلي والعالمي؛
- حتى لو أحرز التقدم التقني مكانة هامة في هذا المجال، يبقى استغلال الغاز الصخري بعيد كل البعد على تحقيق الكفاءة الإقتصادية على المدى القصير والمتوسط.

- وعلى افتراض أن فرنسا لديها رواسب مثيرة للاهتمام حقا من الغاز الصخري، فمن غير المؤكد على الإطلاق ما إذا كان من الممكن استغلالها بتكاليف تنافسية، هذا من ناحية، من ناحية أخرى تطوير صناعة استخراج الغاز الصخري يتطلب استثمارات متكررة واسعة النطاق للحفاظ على الإنتاج بعد بضع سنوات من التنقيب.

هذه الدراسة ركزت على إمكانية استغلال الغاز الصخري في فرنسا مع ردود الأفعال المعرضة له، وهذا ما عزز جزء من دراستنا للتطرق إلى ردود الأفعال المنددة لاستغلال هذا المورد في الجزائر وخلفية موافقهم، مع التطرق إلى المقومات التي ساعدت على تبني هذا المشروع في الولايات المتحدة الأمريكية من قبل السلطات والسكان المحليين.

2.7. دراسة "Stefan LECHTENBÖHMER" وآخرون، العنوان:

«Incidences de l'extraction de gaz de schiste et de pétrole de schistes bitumineux sur l'environnement et la santé humaine»

تم طلب هذه الدراسة من قبل لجنة البرلمان الأوروبي المعنية بالبيئة والصحة العامة وسلامة الأغذية، المديرية العامة للسياسات الداخلية قسم السياسات الاقتصادية والعلمية، 2011.

تهدف هذه الدراسة البحث في الآثار المحتملة للتكسير الهيدروليكي على البيئة وصحة الإنسان، وتستند الدراسة على البيانات الكمية والتأثيرات النوعية إلى التجربة الأمريكية، حيث لا يزال استخراج الغاز الصخري في مهده في أوروبا، في حين أن الولايات المتحدة لديها أكثر من 40 عاما من الخبرة في هذا المجال وحفرت بالفعل أكثر من 50 ألف بئر، كما تهدف هذه الدراسة تسليط الضوء على التشريعات الأوروبية المطبقة على أنشطة التكسير الهيدروليكي وتتناول الدراسة أيضا موارد الغاز المحتملة والتوافر المستقبلي للغاز الصخري وأثره على إمدادات الغاز التقليدية الحالية مع احتمال تطورها

وتم استخلاص عدة نتائج أهمها:

- يجب أن يكون للسلطات الإقليمية الحق في حظر أنشطة التكسير الهيدروليكي في المناطق الحساسة (مناطق حماية مياه الشرب، والقرى، والأراضي الصالحة للزراعة، وما إلى ذلك)؛
- احتياطيات الغاز غير التقليدية في أوروبا محدودة للغاية بحيث لا يكون لها تأثير كبير في اتخاذ قرار الاستغلال ، خاصة وأن ملفات الإنتاج النموذجية تسمح فقط باستخراج جزء من هذه الاحتياطيات، كما ستؤدي الالتزامات البيئية إلى زيادة تكاليف المشاريع وتأخير تطويرها، مما يقلل من مساهمتها المحتملة؛
- من المرجح أن يكون للاستثمارات المحتملة في مشاريع استخراج الغاز الصخري تأثير قصير الأجل على إمدادات الغاز يمكن أن يؤدي إلى نتائج عكسية، لأن هذه المشاريع يمكن أن تعطي انطباعا بأمن إمدادات الغاز في وقت يجب فيه تشجيع المستهلكين على تقليل هذا الاعتماد من خلال تدابير الكفاءة واستخدام المصادر البديلة.

3.7.دراسة " **فهد تركي" و"بيير لاروج"، جدوى الاستثمار**، ديسمبر 2013، بعنوان:

"مستقبل إنتاج النفط والغاز من المصادر غير التقليدية"

بالتركز على إنتاج النفط الحجري والغاز الصخري وتأثره على المملكة العربية السعودية

قدمت هذه الدراسة معلومات حول مصادر الطاقات التقليدية وغير التقليدية والفرق بينهما وكيفية استخراجهما، والتعريف بالغاز الصخري والنفط الصخري والموارد غير التقليدية الأخرى كالمياه العميقة(النفط والغاز المستخرج من أعماق البحار)، والنفط الثقيل، كما تم التطرق الى اقتصاديات الغاز الصخري وتوقعات الإنتاج العالمي له، مع تبيان حقول الغاز والنفط الصخريين، ومستقبل إنتاج تسعة حقول نشطة في الولايات المتحدة الأمريكية.

كما تم استعراض الجوانب الفنية والاقتصادية لإنتاج الغاز الصخري، والتركيز على الانجازات والتوقعات الخاصة على هذا النوع من الإنتاج في الولايات المتحدة الأمريكية.

وخلصت الدراسة إلى أن إمدادات السوائل من المصادر غير التقليدية في الولايات المتحدة الأمريكية ستزداد إلى 24 %عام 2035 مقارنة ب 5 %عام 2011 ،كما أن إنتاج آبار الغاز الصخري سيتناقص بسرعة، ما يستوجب حفر عدد كبير من الابار لدعم الإنتاج، رغم أن تلك الآبار تنتج سوائل الغاز الطبيعي (بعد نفاذ الغاز الصخري)، التي تجعل استغلال تلك الآبار مجدي اقتصاديا، ومن المتوقع أن تعزز التطورات التقنية زيادة إنتاج الغاز الصخري مستقبلا.

4.7. دراسة " **محمد عشاشي**" أطروحة دكتوراه علوم، شعبة العلوم السياسية، تخصص قانون دولي، قسنطينة، (2020-2021)، بعنوان: "**إشكالية البيئة والتنمية في الجزائر: حالة التغيرات المناخية والغاز الصخري**"

تبحث هذه الأطروحة في موضوع طبيعة العلاقة بين متغيري البيئة والتنمية، والتي يميزها التعقد والتشعب (بين التناقض والتباين، والتعاون والتكامل، والتداخل والتفاعل)، وتقيس ذلك على ضوء تجربة دولة فتية كالجزائر، التي تسعى الى تحقيق التوازن بين إشكالية تكريس حقها المشروع في تنمية شعبها وإخراجه من الحلقة المفرغة للتخلف من جهة، وبين مقتضيات الحفاظ على مقومات بيئتها في نفس الوقت؛ وذلك في حقبة زمنية حاسمة من تاريخها،كما تبحث هذه الدراسة في كيفية نشوء المشكلة البيئية في الجزائر، وعلاقة ذلك بالخيارات السياسية الاقتصادية ومجهودات التنمية التي بذلتها البلاد.

ومن أهم النتائج التي توصلت لها الدراسة:

- أن قضايا البيئة والتنمية هي قضايا مترابطة ومتلازمة إلى أبعد الحدود، يتوقف النجاح في تحقيق إحداها على مراعاة مقتضيات الأخرى؛
- ان القضايا الإستراتيجية تتقاطع فيها حدود المحلي بالعالمي (من خلال نموذج الدراسة "التغيرات المناخية" و"مشروع الغاز الصخري")، وأن لها تداعيات آنية وبعدية.

لقد أخذت هذه الدراسة البعد القانوني والبيئي في تحليل مشروع الغاز الصخري كمشروع تنموي والقضايا البيئية المرتبطة به، على حساب البعد الاقتصادي الذي لا يقل أهمية عنه.

5.7. دراسة، **زهور عبادة ومالك بوحركات،** مقال بعنوان"

«Study of management strategy of energy resources in Algeria»

لقد هدفت هذه الدراسة إلى وضع توقعات حول استراتيجية إدارة موارد الطاقة في الجزائر حيث تم تنفيذ الدراسة على مراحل مختلفة: المرحلة الأولى نحو الإمكانات المتجددة وغير المتجددة المتاحة في الجزائر، كما تم تحليل الجوانب المختلفة لإستراتيجية الطاقة في البلاد، حيث أن الاقتصاد الجزائري يعتمد بشكل أساسي على تصدير الوقود الأحفوري القابل للنضوب والملوث، في حين أن دمج الموارد المتجددة في استراتيجيتها للطاقة لا يزال منخفضا للغاية مقارنة بالإمكانات المتاحة وأخيرا، تحليل الوضع الحالي والمستقبلي للطاقة في الجزائر.

ومن بين ما توصلت له الدراسة من نتائج ما يلي:

- ضمان تلبية الاحتياجات الوطنية من الطاقة؛
- زيادة وضمان الاستغلال الأمثل لاحتياطيات البلاد من المواد الهيدروكربونية؛
- مواصلة المساهمة في تمويل التنمية الاقتصادية الوطنية.

6.7.دراسة **CNUCED**: (CONFÉRENCE DES NATIONS UNIES SUR LE COMMERCE ET LE DÉVELOPPEMT)

طبعة خاصة بالغاز الصخري بعنوان: **« GAZ DE SCHITE»**

لقد تم دراسة المخاطر المترتبة عن استغلال الغاز الصخري، وإنتاجه في الولايات المتحدة الأمريكية، ومدى التقدم في استغلال الغاز الصخري خارج الولايات المتحدة،كندا والصين والأرجنتين.

وقد توصلت الدراسة:

- أنه من غير المحتمل أن يكون النموذج المطبق في الولايات المتحدة قابلا للنقل مباشرة إلى بلدان أخرى،
- يجب تكييف تقنيات الإنتاج مع الظروف الجيولوجية المحلية قبل الإنتاج التجاري، لذلك سيتعين على البلدان المرشحة أن تمر بمرحلة من التجريب يمكن أن تكون طويلة ومكلفة،كما يمكن أن يكون القبول العام للسكان المحليين حاسما، ومع ذلك فإن تجربة الولايات المتحدة يمكن أن تكون أيضا نموذجا للبلدان المرشحة للتمكين من تنفيذ التدابير اللازمة لمنع المخاطر المحددة التي قد تنجم عن عمليات الغاز الصخري.
- كما تم التوصل إلى تحليل النتائج المكانية لهذه الثورة التكنولوجية على مستوى الولايات المتحدة وعلى مستوى التوازنات الدولية .

7.7.دراسة Laurent Carroué ، جوان 2022، مقال بعنوان:

« La révolution du gaz et du pétrole de schiste aux États-Unis : enjeux technologiques, territoriaux et géostratégiques

الغرض من هذا المقال هو تحليل النتائج المكانية لثورة الغاز الصخري والتكنولوجية المرافقة لها على مستوى الولايات المتحدة وعلى مستوى التوازنات الدولية، كذا تطور أحواض إنتاج الهيدروكربونات غير التقليدي في الولايات المتحدة.

وقد توصلت الدرسة إلى النتائج التالية:

- إن صعود الغاز الصخري والنفط في العقد الماضي يفتح دورة طاقة جديدة في الهيدروكربونات، بعد الطفرة البحرية في سبعينيات و ثمانينيات القرن العشرين؛
- ثورة الغاز الصخري تجبرنا على التفكير في مفهوم "الموارد" بالاقتران مع التقنيات والتقنيات المتاحة من ناحية، والعلاقات مع الأسواق والطلب على الطاقة من ناحية أخرى، ويرافق ازدهار الصخر الزيتي أيضا ثورة إقليمية حقيقية على الصعيدين الوطني والعالمي؛
- لم تصبح الولايات المتحدة مستقلة في مجال الطاقة فحسب، بل يمكنها حتى تقديم نفسها كملاذ محتمل على المدى المتوسط لأوروبا في مواجهة روسيا؛
- هناك قضايا بيئية خطيرة على المستويين المحلي والإقليمي في المناطق الصحراوية إلى حد كبير، فضلا عن قضايا المناخ الهامة على نطاق عالمي.

8.هيكل الدراسة

لمعالجة الإشكالية المطروحة ولتحقيق أهداف الدراسة تم تقسيم مخطط الدراسة إلى أربعة فصول، الفصل الأول والثاني نظري والثالث والرابع تطبيقي كما يلي:

- **الفصل الأول**:سيتم تخصيصه لاقتصاديات الطاقة بشكل عام، حيث يشمل ثلاثة مباحث، يهدف المبحث الأول في هذا الفصل الى تسليط الضوء على مختلف المفاهيم المرتبطة بموارد الطاقة التي تختلف تسميتها حسب معايير تصنيفها، حيث نجد موارد الطاقة التقليدية(الناضبة) والطاقة البديلة منها المتجددة وغير متجددة والطاقات غير تقليدية، أما المبحث الثاني سيتم من خلاله إبراز التبعات البيئية لاستخدام موارد الطاقة سواء كانت تقليدية (النفط الغاز الفحم)، أو متجددة (الشمسية الرياح...)، مع توضيح مفهوم البيئة ومكوناتها وعلاقتها بالاقتصاد، وأهم مظاهر التلوث البيئي، والمبحث الثالث سيتم التطرق إلى الكفاءة الإستخدامية لموارد الطاقة حسب ما تقتضيه متطلبات التنمية المستدامة؛
- **الفصل الثاني**:سوف يتم تخصيصه لدراسة متغير الدراسة المستقل (الغاز الصخري) مع المتغيرات التابعة له (التحديات البيئية) و(الكفاءة الاقتصادية) لاستغلاله وذلك من خلال ثلاثة مباحث، المبحث الأول التطرق إلى المورد الطاقوية غير التقليدية وسيتم التركيز على الغاز الصخري كمورد طاقوي بديل من خلال حجم الإحتيطات العالمية، التقنيات المستخدمة لاستخراجه، المواقف الداعمة له والرافضة لاستغلاله، أما المبحث الثاني سيتم فيه عرض أبرز الآثار والمشكلات المترتبة عن استغلال الغاز الصخري، مع دراسة التقييم البيئي لهذا المشروع، والمبحث الثالث سيتم تناول الآثار الخارجية لاستغلال الغاز الصخري وطرق تقييمها والتطرق إلى الكفاءة الاقتصادية من خلال تحدي تكلفة إنتاج الغاز الصخري وما مدى ربحية آبار استغلاله
- **الفصل الثالث**: سوف يتم تخصيصه لتجربة الولايات المتحدة الأمريكية لاستغلال الغاز الصخري والعوامل التي أدت الى نجاح هذه التجربة، وتقييم موارد الغاز الصخري وخصائصه الرئيسية من خلال تحليل معدلا إنتاج الآبار

هذا في المبحث الأول، أما المبحث الثاني سيتم تحليل عملية تقييم المخاطر البيئية المحتملة المرتبطة بإنتاج الغاز الصخري ومدى إمكانية تكرار التجربة في بعض دول العالم كفرنسا والأرجنتين كندا الصين التي تحوز على أكبر احتياط عالمي للغاز الصخري في المبحث الثالث

- **الفصل الرابع**: تم تخصيصه للجزائر وإمكانية تكرار التجربة الأمريكية من خلال ثلاثة مباحث، المبحث الأول يتم تناول فيه واقع استغلال الغاز الصخري في الجزائر، والأسباب التي أدت الجزائر إلى التوجه نحو استغلال هذا المصدر، وحجم الاحتياطات وتمركز أحواض الغاز الصخري، وخصائصها، واهم المراحل التي مر عليها، مع إبراز ردود الفعل و مواقف الأطراف المعارضة والمؤيدة لاستغلال الغاز الصخري بالجزائر، أما المبحث الثاني يعرض تقييم كفاءة إسغلال الغاز الصخري في الجزائر مقارنة بالتجربة الأمريكية و أهم التحديات التي يواجهها، والمبحث الثالث الذي يبرز الانعكاسات البيئية لاستغلال الغاز الصخري من خلال دراسة مقارنة للنموذج الجزائري والنموذج الأمريكي لإدارة المياه اللازمة أثناء عملية التكسير الهيدروليكي، بالإضافة إلى الخيارات الطاقوية البديلة التي تدعم المستقبل الطاقوي على غرار الموارد الطاقوية غير التقليدية
- **خاتمة الدراسة**: يكون محتواها اختبار الفرضيات المطروحة في المقدمة إثباتا أو نفيا، متبوعة بعرض النتائج العامة والخاصة التي توصلت إليها الدراسة كما تحتوي على مجموعة من التوصيات والاقتراحات التي نراها ضرورية لتفعيل نتائج الدراسة، وتثمينها من طرف الجهات المتخصصة، وكذا عرضا لآفاق الدراسة من خلال توجيه البحث من زوايا أخرى التي قد تكون جديرة بالدراسة مستقبلا .

9. صعوبة الدراسة

في سبيل إعداد هذه الدراسة إعترضتنا بعض الصعوبات أهمها:

- الترجمة إلى اللغة العربية كون اغلب المراجع والكتب والمجلات الصادرة باللغة الأجنبية ، وبالتالي صياغة التعبير لم تكن بالشكل الملائم وحتى المصطلح المناسب أحيانا، نقص الإحصائيات المتعلقة بالموضوع وهذا راجع الى أن التجربة الجزائرية لا تزال في بداية الطريق؛
- نقص كبير في توفر البيانات والمعلومات بخصوص الآثار البيئية نتيجة استغلال الغاز الصخري، وهذا راجع إلى احتكار المعلومات من طرف الشركات الخاصة التي تعمل في هذا المجال وانفراد وكالة إدارة معلومات الطاقة الأمريكية بإصدار التقارير بخصوص ذلك، كذلك حداثة صناعة الغاز الصخري التي لا تعبر بشكل أدق وصحيح عن الأعراض المحتملة لاستغلال هذا المورد في المدى المتوسط ويستلزم عقد أخر من الزمن لتبيان حقيقة الأمر؛

الفصل الأول: عموميات حول إقتصاديات الطاقة

المبحث الأول: مدخل لإقتصاديات الطاقة

المبحث الثاني: التبعات البيئية لاستخدام الموارد الطاقوية

المبحث الثالث: الكفاءة الإستخدامية للمصادر الطاقوية وفق متطلبات التنمية المستدامة

تمهيد:

لقد حظي موضوع الطاقة ومصادرها بالكثير من الأبحث والدراسات على مستوى دول العالم بصفة عامة، والمؤسسات والهيئات العالمية والدولية والإقليمية بصفة خاصة، حيث أصبح معدل استهلاكها مؤشرا لتقدم دول العالم كونها تعتبر آداة فعالة للسعي الى التطور والتقدم الإقتصادي والحضاري، الا أن مشكلة نضوب مصادر الطاقة التقليدية وتلوث البيئة الناتج عن زيادة الإستهلاك الطاقوي خاصة من قبل الدول الصناعية مع مشكلة ارتفاع أسعارها كان من الضروري البحث عن مصادر أخرى بديلة للطاقة التقليدية (الأحفورية) أقل ضررا على البيئة، وبأقل تكلفة ممكنة.

لذا سيتم من خلال هذا الفصل محاولة إزالة الغموض عن مختلف المفاهيم بين مصادر الطاقة التقليدية (الأحفورية) الناضبة ومصادر الطااقة البديلة للطاقة الأحفورية المتجددة وغير متجدد مع توضيح مختلف أنواعها مع إبراز الآثار الإكولوجيا المترتبة عن استخدام واستهلاك الطاقة على المستوى العالمي، وتبيان أهمية كفاءة استخدام الطاقة كخيار إستراتيجي يعمل على تخفيف الضغط على مصادر الطاقة الأحفورية واستغلال ما هو متجدد من مصادرها، تماشيا مع متطلبات التنمية المستدامة وذلك من خلال المباحث التالية:

- **المبحث الأول**: مدخل لاقتصاديات الطاقة
- **المبحث الثاني**: الآثار الايكولوجيا لاستخدام الموارد الطاقوية
- **المبحث الثالث**: الكفاءة الاستخدامية للمصادر الطاقوية وفق متطلبات التنمية المستدامة

المبحث الأول: عموميات حول الطاقة

تعتبر الطاقة بأشكالها المتعددة موردا أساسيا فبدونها لا يمكن للإنسان أن يزاول نشاطاته الاقتصادية الاجتماعية المختلفة،كما تعد وسيلة لا بد منها للوصول الى التنمية، وبذلك تمثل الطاقة أحد البنود الأساسية في عملية الإرتقاء الإنساني والحضاري، فاكتشاف الانسان للطاقة واستخدامه لها كان يزيد من معارفه ويزيد من قدراته على اكتشاف المزيد من مصادر الطاقة الجديدة، وتتنوع هذه المصادر حسب طريقة استغلالها كالطاقات التقليدية وغير التقليدية ومدى استمرارية استغلالها كالطاقات الناضبة والمتجددة، لذا إرتأينا في هذا المبحث التطرق الى الاطار المفاهيمي للطاقة وتسليط الضوء على مختلف مصادرها.

المطلب الأول: الاطار المفاهيمي للطاقة

يكتسي ملف الطاقة أهمية بالغة ضمن متطلبات التنمية ومحاورها الاقتصادية، السياسية، التكنولوجية، الاجتماعية والبيئية، لتكون بذلك أحد المرتكزات الاساسية في عملية الارتقاء الانساني والحضاري، وقبل التطرق الى كل ما يتعلق بالطاقة يجب اولا ان نبرز التطور التاريخي لها ثم الجوانب المتعلقة بالطاقة.

أولا.مفهوم الطاقة وتطورها التاريخي:

لقد عرفت موارد الطاقة منذ القدم ولقد تطورت بتطور احتياجات الانسان المتزايدة والمتجددة لنشاطاته اليومية واستخدامات النشاط الاقتصادي ولقد كانت الثورة الصناعية الانطلاقة لتحتل الطاقة الصدارة في الاهتمام العالمي.

1.التطور التاريخي للطاقة

تطورت مصادر الطاقة بتطور وسائل العمل التي ابتكرها الانسان لسد مختلف احتياجاته عبر الزمن، بداية اعتمد الانسان على قوته العضلية لانجاز أعماله اليومية ثم استخدم الطاقة الحيوانية واستغل حركة الرياح في تحريك السفن وادارة بعض طواحين الهواء واعتمد على مساقط المياه في إدارة بعض الآلات البدائية، وبعد اكشاف الفحم تم تسخيره في الطاقة، و كانت انجلترا مهدا للثورة الصناعية لاكتشاف الفحم إلى أن تم اكتشاف البترول، تشكل الطاقة احد المقومات الرئيسية للمجتمعات حيث يرى علماء الاقتصاد الحديث أمثال Fränkel أنها تعد عاملا جديدا من عوامل الإنتاج إلى جانب الأرض، العمل، رأس المال والتنظيم، فقد أصبحت الطاقة معيارا مهما لمعرفة وقياس مدى تقدم وتطور مستوى المجتمعات الحديثة.[1]

2.تعريف الطاقة

لتوضيح مصطلح الطاقة يجب أولا يتم تحديد معناها لغويا ثم اصطلاحا.

[1] خوالدية بن عوالي، **استخدام العوائد النفطية: دراسة مقارنة بين تجربة الجزائر والنرويج**، مذكرة مقدمة لنيل شهادة الماجيستر، كلية العلوم الاقتصادية والتجارية وعلوم التسيير، قسم العلوم الاقتصادية، تخصص اقتصاد دولي، جامعة وهران، الجزائر، 2016/2015، ص 11.

لغويا: هي مشتقة من كلمة يونانية Energos أوا Energia التي تعني قوى فيزيائية تسمح بالحركة، وهي كلمة مركبة من مقطعين En وتعني في أو الداخل و Ergos وتعني نشاط، و تعني في داخله نشاط او الشيء يحتوي على جهد، و تعرف باللغات الاوروبية الحديثة Energy أو Energie أوEnergia .

إصطالحا: لقد حجزت الطاقة مكانا لها في الأدبيات الاقتصادية وفي ذلك وردت العديد من التعاريف لها في مختلف الأبحاث والدراسات والتي نذكر أهمها:

- هي القدرة على القيام بعمل معين، لذلك فإن قدرة الانسان على أداء عمل معني تحدد طاقته، والطاقة الكلية لأي جسم تعتمد على موضعه حالة حركته، حالته الداخلية وتركيبته الكيميائية وكتلته وهناك صور عديدة للطاقة، يتمثل أهمها في الحرارة والضوء؛[1]
- وتطلق كلمة "طاقة" على كل ما يندرج ضمن مصادر الطاقة، إنتاج الطاقة واستهلاكها وأيضا حفظ مواردها، وتتجسد أهمية الطاقة في أنها الركيزة الاولى لاستمرارية العملية التنموية، لاسيما في البلاد التي تعتمد على عوائد الطاقة لتغذية وتمويل نموها الاقتصادي.[2]

كما يمكن القول بان الطاقة هي أحد المقومات الرئيسية للمجتمعات، وتحتاج إليها كافة قطاعات المجتمع إذ يتم استخدامها في تشغيل المصانع وتحريك وسائل النقل المختلفة وتشغيل الأدوات المنزلية، وكل حركة يقوم بها الانسان تحتاج إلى استهلاك نوع من أنواع الطاقة ،وهي موجودة على عدة صور يتمثل أهمها في الحرارة والضوء والصوت وهناك أيضا الطاقة الميكانيكية التي تولدها الآلات، والطاقة الكيميائية التي تنتج من حدوث تفاعلات كيميائية.

ثانيا.مصادر الطاقة

يمكن تقسيم مصادر الطاقة إلى عدة أقسام طبقا لعدة معايير نذكر منها:

1.مصادر الطاقة وفق معيار التجدد: تنقسم مصادر الطاقة وفق هذا المعيار إلى قسمين الطاقة الناضبة والطاقة المتجددة.

- **الطاقة الناضبة(غير متجددة):** ويطلق عليها الطاقة المستنفذة (لا يمكن صنعها ثانية أو تعويضها مجددا في مدة زمنية قصيرة)، أو الطاقات التي يكون رصيدها في الطبيعة ثابت ويتناقص عبر الزمن مع زيادة عمليات الاستخدام أو الاستخراج مما يجعلها معرضة للنفاذ، إذا لم يتم اكتشاف كميات جديدة منها تعوض المستخدم، وتساعد على المحافظة على الرصيد، حيث أن نقصها يضع قيدا على عمليات التنمية[3] وتشمل على الموارد التالية: النفط والفحم والغاز الطبيعي؛
- **الطاقة المتجددة:** هي موارد يتزايد الرصيد المتاح منها نتيجة للنمو الطبيعي، شرط ان يكون معدل السحب منها لا يفوق معدل التجدد، مع اعتماد عمليات إعادة الاستخدام[4]، هي مصادر طاقوية متجددة ومتوفرة في الطبيعة

[1] شوقي السيد، بحث عن الطاقة المتجددة، متاحة على الموقع الالكتروني: www.netfirms.com/domain-names تاريخ الاطلاع 2022/02/15.
[2] حسن أحمد شحاته ، **التلوث البيني ومخاطر الطاقة** ، الدار العربية للكتاب، مصر، 2008، ص 25.
[3] إيمان عطية ناصف، **مبادئ اقتصاديات الموارد البيئية** المكتب الجامعي الحديث، الاسكندرية، 2008 ،ص ص، 14
[4] مرجع نفسه، ص14.

سواء كانت محدودة أو غير محدودة، وهي نظيفة لا تؤدي إلى تلويث البيئة على عكس الطاقة التقليدية(الناضبة)، ومن أهمها: الطاقة الشمسية، طاقة الرياح، طاقة المد والجزر، الطاقة الحرارية لجوف الأرض، الطاقة المائية للبحار والمحيطات وطاقة الكتلة الحيوية.

3. مصادر الطاقة وفقا لمعيار صفتها في الطبيعة: اذا تم تقسيم الطاقة وفقا لمعيار تواجدها واختلافها في الطبيعة الموجودة في الأرض و تنقسم إلى:

- **الطاقة الكيميائية:*** تتم عن طريق تحويل الطاقة الكيميائية إلى طاقة حرارية عن طريق إحداث تفاعل بين المركب الكيميائي والاكسجين؛
- **الطاقة الحركية** :وهي الطاقة الناتجة عن حركة الأجسام من مكان لآخر حيث أنها قادرة نتيجة لهذه الحركة على بذل جهد والذي يؤدي إلى تحويل طاقة الوضع؛
- **الطاقة الحرارية** :تعتبر من الصور الأساسية للطاقة التي يمكن أن تحول كل صور الطاقة إليها، فمثال عند تشغيل الآلات المختلفة باستخدام الوقود تكون الخطوة الاولى هي حرق الوقود والحصول على طاقة حرارية ، تتحول بعد ذلك إلى طاقة ميكانيكية والى نوع من أنواع الطاقة
- **الطاقة الشمسية** :هي مصدر لطاقة لا تنضب لكنها تصل إلينا بشكل مبعثر وتحتاج إلى تقنية حديثة"خلايا شمسية " لتجميعها والاستفادة منها، وهي مصدر نظيف لا ينتج عن استعمالها أي غازات أو نواتج ضارة للبيئة؛
- **الطاقة النووية** :هي الطاقة التي تربط بين مكونات النواة " البروتونات والنترونات" وتتشكل هذه الاخيرة نتيجة تكسر هذه الرابطة بني المكونات هذا ما يؤدي إلى إنتاج طاقة حرارية كبيرة جدا؛
- **الطاقة الكهربائية** :لا يوجد مصدر طبيعي للكهرباء، فالطاقة الكهربائية لا تنشأ إلا بتحول نوع من أنواع الطاقة إلى طاقة كهربائية؛
- **الطاقة الضوئية** :هي عبارة عن موجات كهرومغناطيسية تحتوي كل منها على حزم من الفوتونات وتختلف الموجات الكهرو مغناطيسية في خواصها الفيزيائية باختلاف اطوال الموجة ، كالأشعة السينية؛
- **الطاقة الصوتية:** تحدث عند تذبذب جزيئات الوسط نتيجة للموجات الصوتية، ويمكن أن تكون هذه الطاقة كبيرة في حالة الموجات الصوتية القوية، وتستخدم هذه الطاقة حاليا في مجالات عديدة منها الطب.

4. مصادر الطاقة وفق معيار الاستغلال: هناك نوعان من الطاقة التقليدية وغير تقليدية وهما:

- **الطاقة تقليدية:** اي موارد الطاقة التي يتم استخدامها بشكل كبير وهي ملوثة للبيئة وتعرف بالمصدر الاساسي للطاقة لانها تلبي احتياجات المجتمع الصناعي مثل الفحم، البرتول ، الغاز؛
- **طاقة غير تقليدية:** (يعتمد استخراجها بطريقة غير تقليدية بالاعتماد على تكنولوجيا جد متطورة (كالغاز الصخري والنفط الصخري)

* **الطاقة الكيميائية:** هي الطاقة التي تربط بين ذرات الجزيء الواحد بعضها ببعض في المركبات الكيمائية، وتتم عملية تحويل الطاقة الكيميائية إلى طاقة حرارية عن طريق إحداث تفاعل بين المركب الكيمائي وبين الاكسجين لتتم عملية الحرق وينتج عن ذلك الحرارة مثل الفحم والبترول

المطلب الثاني: الطاقة التقليدية(الناضبة)

تكونت مصادر الطاقة الأحفورية نتيجة تحلل بقايا الكائنات الحية في بيئة معدومة الهواء وتشمل هذه المصادر على مركبات ومواد هيدروكربونية إضافة إلى نسب مختلفة من شوائب أخرى كالماء، الكبريت، الهيدروجين، النيتروجين وأكسيد الكربون، و تختلف نسبة الكربون والهيدروجين فيها من مصدر إلى آخر.

أولا: الاطار المفاهيمي للطاقة التقليدية

تعتبر الطاقة التقليدية المحرك الاساسي لاقتصاديات دول العالم فهي تشمل البترول الفحم الغاز الطبيعي، فتتميز كونها مورد ناضب أي غير متجددة (لا يمكن تعويضها مجددا في زمن قصير)، سيتم تناول مفهومها من التطرق الى تعريفها ومختلف مصادرها مع مجلات استخداماتها.

1.تعريف الطاقة التقليدية

تعرف الطاقة الاحفورية على أنها:

- "عبارة عن الموارد التي لا يمكن إنتاجها أو صناعتها والتي لابد أن ينفذ رصيدها عاجلا أو آجلا مع استمرار استعمالها في العملية الانتاجية"؛[1]
- هي التي توفر معظم احتياجات المجتمعات الصناعية الحديثة من مصادر الطاقة كالفحم والبترول، وتعتبر هذه المصادر موارد ناضبة أي أنها قابلة للنفاد نتيجة استرجاعها واستخدامها"؛[2]
- هي "مصادر تكونت بفعل الطبيعة حيث ساعدت هذه الاخيرة عمى تحليل الكائنات الحية التي كانت موجودة على سطح الارض وعلى مر العصور نتيجة التراكمات الجيولوجية المختلفة ونتيجة لاختلاف طبيعة المكان واختلاف درجة التراكمات الجيولوجية المختلفة ونتيجة اختلاف تأثير الشمس من مكان لاخر أو من زمن لاخر فإن هذه التأثيرات الجوية على الكائنات الحية أدت إلى تكوينات مختلفة من حوامل الطاقة الاحفورية وهي البترول والغاز الطبيعي والفحم". [3]
- كذلك "عبارة عن المصادر الناضبة أي التي تنتهي مع الزمن لكثرة الاستخدام وهي موجودة في الطبيعة بكميات محدودة وغير متجددة، وهي بالاضافة الى ذلك ملوثة للبيئة وتشكل 86 % من حاجة العالم بشكل عام للطاقة".[4]

ومن التعاريف السابقة يمكن إعطاء تعريف شامل على ان الطاقة الاحفورية هي: "موارد طبيعية يتم استخراجها واستخدامها بكميات محدودة هي غير متجددة أي معرضة للنفاذ فهي ملوثة للبيئة، وتختلف تكويناتها من مصدر لآخر

---

[1] سعود يوسف عياش، **تكنولوجيا الطاقة البديلة**، سلسلة كتب ثقافية شهرية، المجلس الوطني لثقافة ولآلداب، العدد 38 ،الكويت، (د س ن)، ص 15.

[2] رشيدة حطاطاش، **الغاز الطبيعي المسال بين تنمية الإلتزامات الدولية وتحديات تحقيق التنمية المستدامة: دراسة حالة شركة قطر غاز**، بحث مقدم للملتقى الاول حول السياسات الإستخدامية للموارد الطاقوية بين متطلبات التنمية القطرية وتامين الإحتياجات الدولية، الورشة الأساسية الأولى، كلية العلوم الاقتصادية والتجارية وعلوم التسيير، جامعة سطيف1، 2015، ص 03.

[3] مرجع نفسه.

[4] عبد المطلب النقرش، **الطاقة: مفاهيمها وأنواعها ومصادرها**، وزارة الطاقة والثروة المعدنية، الأردن، 2005 ،ص 09.

حسب التركيبات العضوية المكونة لها وهي (الفحم ، البترول، الغاز الطبيعي)، وتعتبر الوسيلة اللازمة والأساسية التي تحتاج إليها مختلف القطاعات الإقتصادية لممارسة نشاطاتها كما تعد الركيزة الأساسية الأولى لإستمرار عممية التنمية."

ثانيا:المصادر الطاقوية التقليدية (الناضبة)

تختلف مصادر الطاقة التقليدية (الاحفورية) حسب طبيعة تركيبها وطريقة استخراجها، وتتميز هذا النوع من المصادر بشكل عام بخاصية النفاذ، وانعكاسات سلبية على البيئة(كإنبعاث CO_2)، بالرغم من أنها تحقق مزايا اقتصادية(ايرادات بالنسبة للدول المصدرة، اداة لتنمية الاقتصاد للدول المستوردة)، وتتمثل في:

1.البترول: يعتبر من اهم المصادر الاحفورية ويطلق عليه ايضا النفط او الزيت الخام، يتم إستخراجه من باطن الأرض خاما ثم يتم تكريره ويتم تحويله الى مشتقات نفطية تستخدم في شتى المجالات.

1.1.ماهية البترول

لقد عرف البترول منذ القدم في استخدمه لأغراض التدفئة و الاضاءة ورصف الطريق، ولكن الصورة الحديثة والمعروفة الان عن صناعة البترول لم تعرف الا في منتصف القرن التاسع عشر، وذلك حين تم حفر أول بئرب في ولاية بنسلفانيا الامريكية عام 1859 على عمق 21.18 م^2، واصبح يحتل الان الصدارة في إقتصاديات الطاقة، نظرا للدور الحيوي الذي يلعبه في نموذج التنمية للعالم المعاصر، وكلمة بترول (Petroleum) هي من أصل يوناني تكون من كلمتين، كلمة (Petro)، وتعني الصخر وكلمة (Oleum) تعني الزيت، أي معنى الكلمتين الزيت الصخري.

للبترول عدة تعاريف اهمها:[1]

- "البترول (النفط) هو سائل يتكون اساسا من خلائط معقدة وغير متجانسة من مركبات عضوية هيدروكاربونية، ذات تركيبات جزئية متنوعة وخواص طبيعية وكيمياوية مختلفة، كما يحتوي على بعض الشوائب كالكبريت والاكسجين والنتروجين والماء الاملاح وكذلك بعض المعادن الحديد والصوديوم"؛
- "هو مادة سائلة من الهيدروكاربونات لها رائحة خاصة ومتميزة، ولونها متنوع بين الأخضر والأسود والبني والاصفر، كما ان هذه المادة لزجة بحيث تختلف بحسب الكثافة النوعية لمادة النفط الخام، فهي متوقفة ومتجددة بمقدار نسبة ذرات الكاربون في مادة النفط، فكلما زادت نسبة الكاربون زادت الكثافة النوعية للنفط و العكس صحيح".

2.1.أهمية البترول

يمكن إبراز أهمية البترول على المستوى العالمي بصورة عامة وبالنسبة للدول العربية النفطية بصورة خاصة من خلال ما يلي:[2]

[1] هواري عبد القادر، **الكفاءة الاستخدامية لاستغلال الطاقات المتجددة في الاقتصاديات العربية، دراسة مقارنة للمردودية الاقتصادية بين الطاقات المتجددة والطاقات غير المتجددة**، اطروحة دكتوراه في العلوم الاقتصادية، تخصص الاقتصاد الدولي والتنمية المستدامة، جامعة فرحات عباس، سطيف1، 2018، ص04.

[2] صباح براجي، **دور حوكمة الموارد لطاقوية في اعادة هيكلة الاقتصاد الجزائري في ظل ضوابط الاستدامة**، مذكرة مقدمة كجزء من متطلبات نيل شهادة الماجستير في اطار مدرسة الدكتوراه في العلوم الاقتصادية وعلوم التسيير،تخصص اقتصاد دولي والتنمية المستدامة، جامعة فرحات عباس سطيف 1، 2013، ص 40.

- يعتبر البترول المتغير الاستراتيجي ضمن نموذج التنمية الحديث، نظرا لانخفاض تكلفته وسهولة إستخدامه مقارنة مع المصادر الطاقوية الأخرى؛
- أغلب الصناعات الثقيلة تعتمد على الطاقة البترولية،كما أن معظم القطاعات الاقتصادية (الصناعة، النقل، الزراعة و التعدين،...) تستمر بتواجد البترول؛
- يعتبر البترول المصدر الأساسي لتلبية متطلبات الطاقة خاصة في الدول العربية؛
- مصدر أساسي لخلق فرص العمل؛
- تطوير بدائل منافسة يتطلب جهود.

وبالتالي فالاستدلال على أهمية البترول في الاقتصاد العالمي والعربي تنبع من أهميته الوظائفية من الناحية التصنيعية والانتاجية، والمالية باعتبار مساهمته في عملية الاستثمار وتمويل التنمية الاقتصادية وتحديد مسارها وطبيعتها في العديد من البلدان النفطية، والوظيفة التجارية حيث يشمل نسبة هامة في حركة التجارة العالمية، والوظيفة التكاملية لتعزيز القوة التفاوضية للبلدان المنتجة.

2.الغاز الطبيعي كمورد طاقوي تقليدي

يعد الغاز الطبيعي من أهم مصادر الطاقة، فقد عرف منذ القدم وتطور إستعماله مع تطور الأزمنة، وأصبح الآن أحد المصادر الحديثة التي زاد الطلب عليها لتلبية الاحتياجات الطاقوية، فهو لا يقل أهمية عن أهمية الطاقة البترولية، وعلى الرغم من أنه طاقة أحفورية الا أنه من أكثر المحروقات القليلة التأثير على البيئة، حيث لا تؤدي عملية إحتراقه إلى إطلاق كمية كبيرة من الغازات الدفيئة* مقارنة بالبترول.

1.2.التركيب الكيميائي للغاز الطبيعي

الجدول الآتي يبين التركيب الكيميائي النموذجي للغاز الطبيعي والبترول.

الجدول رقم (01): التركيب الكيميائي النموذجي للغاز الطبيعي والبترول

	البترول %	الغاز الطبيعي %
الكربون	84 إلى87	65 إلى 80
الهيدروجين	11 إلى 14	1 إلى 25
الكبريت	0.06 إلى 2	0 إلى 0.2
النتروجين(ازوت)	0.1 إلى 2	1 إلى 15
الاوكسجين	0.1 إلى 2	0

Source: Albert Legault**, pétrole gaz et les autres énergie**, FRANCE, 2007, p 108.

* **الغازات الدفينة:** هي غازات موجودة في الغلاف الجوي لكوكب الأرض، وتتميز بقدرتها على امتصاص الأشعةِ تحتِ الحمراءِ التي تطلقها الأرض وتعيد إطلاقها مما يؤدي لرفع درجة حرارة الهواء، وبذلك تقلل من ضياع الحرارةِ من الأرض إلى الفضاء مما يجعلها تساهم في تسخين جوِ الأرض، وبناء عليه تسهم في ظاهرة الاحتباس الحراري والاحترار العالمي.

2.2.انواع الغاز الطبيعي

يختلف الغاز الطبيعي من نوع الى اخر حسب طبيعته، وشكله، وحتى في تريكيبه الكيميائي، كما يختلف حسب الشكل الاولي في الطبيعة (بدون تدخل صناعي)، او يكون الاختلاف نتيجة تغيير في الطبيعة التكوينية للغاز الطبيعي، وينقسم الغاز الطبيعي الى عدة انواع تتمثل في:[1]

- **الغاز الطبيعي الجاف(Dry Gaz)** : هو الذي يتواجد داخل المكامن الطبيعي في حالته الغازية ويبقى محتفظا به حتى يصل الى سطح الأرض، يتكون من الميثان والايثان بصورة أساسية، ولا يحتوي على الغازات الهيدروكاربونية الاخرى؛
- **الغاز الطبيعي الرطب (Wet Gaz)**: يحتفظ أيضا بحالته الغازية طوال تدفقه خلال مسام البئر ولكنه يحتوي على كمية أكبر من الهيدروكربونات الأثقل وزنا مثل البنتان وغيرها من المركبات الاثقل؛
- **الغاز المسيل LNG(Liquefied Natural gas):** يتكون من الميثان و وبنسبة اقل من الايثان بعد تبريده الى (161.5-) درجة مئوية يتحول من غاز الى سائل، ويعرف بالغاز الطبيعي المسيل، يشكل الغاز اقل من 600/1 من حجمه الاصلي؛
- **الغاز الطبيعي السائل أو المسال LPG (liquefied petroleum gas)**: هو خليط من البروبان والبيوتان بنسب تتفاوت صيفا وشتاءا، ويبقيان في درجة الحرارة الاعتيادية بحلة غازية، ولكن تحت الضغط المعتدل يمكن تسييلهما (تحويلهما الى سائل)، وحين استعمال الغاز السائل يرفع عنه الضغط فيتحول إلى غاز؛
- **الغاز الحامضي (Sour gas):** هو غاز حامل لبعض الغازات الحامضية مثل غاز كبريتيد الهيدروجين وثاني اكسيد الكابون وكبريتيد الكاربونيل، ويطلق هذا المصطلح على الغاز الطبيعي الحاوي على اكثر من (5.7ملغم) من غاز كبريتيد الهيدروجين للمتر المكعب الواحد من الغاز الطبيعي؛
- **الغاز الحلو(Sweet gas)**: هو الغاز الطبيعي الخالي من المركبات الكبريتية نسبيا سواء كان ذلك عند استخراجه من بعض الحقول الغازية او النفطية، أو بعد تحليته(عملية ازالة المواد الكبريتية)؛

وتتلخص طرق الاستفادة من الغاز الطبيعي في فصل غازات الميثان والايثان واستخدامها محليا كوقود في عمليات إنتاج الحديد والألومنيوم والاسمنت وتوليد الكهرباء وتحلية المياه وكذلك في إنتاج الأسمدة والبرتوكيماويات،

3.2.استخدامات الغاز الطبيعي

تكمن استخدامات الغاز الطبيعي في عدة مجالات تتلخص في الجدول الآتي:[2]

[1] المرجع السابق، ص47.
[2] هواري عبد القادر، مرجع سابق، ص ص 32-34.

الجدول رقم (02): مجالات استخدامات الغاز الطبيعي

مجالات الاستخدام	استخدام الغاز الطبيعي
في الحياة اليومية ويكون الغاز الطبيعي بدرجة حرارة من 150°الى 250° درجة	– يستخدم للطهي عن طريق عبوات او شبكة من الانابيب؛ – التدفئة اذ يعتبر اقل كلفة وأكثر أمانا،
في الصناعة ويكون الغاز الطبيعي بدرجة حرارة تفوق 1600°درجة	– تستخدم العديد من الشركات لهب الغاز للتقطيع والتغليف والتشكيل للقطع؛ – معالجة وتصنيف الخزف والبلاط والاسمنت والزجاج والاغذية والورق... – يستخدم كبديل للوقود السائل في تشغيل المحركات والالات الصناعية
استخدام الغاز الطبيعي كوقود للسيارات	– استخدام المحركات للغاز الطبيعي يقلل نسبة الرواسب الكاربونية، ويقلل من الضوضاء الصادرة من صوت المحرك اثناء تشغيله وبالتالي الحد من التلوث السمعي بالبيئة، كما ان تكلفته أقل من انواع وقود السيارات.
استخدام الغاز الطبيعي للتوليد الكهرباء	تعتبر بلدان الشرق الأوسط وشمال إفريقيا من الأكثر البلدان استعمالا للمحطات العاملة بالتوربينات الغازية لتوليد الطاقة.

المصدر: من إعداد الباحثة اعتمادا على معلومات مستمدة من:

– هواري عبد القادر، **الكفاءة الاستخدامية لاستغلال الطاقات المتجددة في الاقتصاديات العربية، دراسة مقارنة للمردودية الاقتصادية بين الطاقات المتجددة والطاقات غير المتجددة**، أطروحة دكتوراه في العلوم الاقتصادية، تخصص الاقتصاد الدولي والتنمية المستدامة، جامعة فرحات عباس، سطيف1، 2018، ص ص 32-34.

3.الفحم واستخداماته كمصدر تقليدي للطاقة

يمثل الفحم أقدم مصدر للطاقة في العالم، و يعتبر من الوقود الاحفوري، فهو أول مصادر الطاقة التي استعملها الانسان في حياته اليومية، ولقد كان المساهم في الثورة الصناعية في القرن 19م، من خلال تشغيل المحركات البخارية مما سمح لاوروبا بانشاء بنية غير مسبوقة انذاك من السفن و القطارات والمصانع، ولقد تعددت استخداماته وصولا الى استعماله في انتاج الكهرباء، الا انه تراجع استخدامه كمصدر للطاقة لانه يتطلب أموال باهظة التكلفة لمحطات التوليد بالإضافة إلى أثاره الخطيرة على البيئة.

1.3.ماهية الفحم (COAL)

الفحم الحجري هوصخر أسود او بني اللون قابل للاشتعال والاحتراق، عند احتراقه يعطي طاقة على شكل حرارة، يمكن استعماله للتدفئة، اوفي انتاج الكهرباء، لقد عرف الانسان الفحم منذ عدة قرون في كل من الصين وبلد الاغريق، فتكون الفحم في في مراحله الاولى ببطء بطبقة من ترسبات الرمال والأوحال (تراكمات من الاشجار والحشائش) فتحللت فيما بعد وتحولت إلى ما يعرف بالخث، واستمر تراكم هذه الترسبات لالاف السنين، وبفعل الضغط تحولت المواد العضوية من الخث إلى الفحم البني الذي تصل اليه نسبة الكربون فيه إلى 40%، وبزيادة الضغط ازدادت الحرارة ما حول الفحم البني إلى فحم أسود ناعم أو صخور نفطية تقارب نسبة الكربون بها 66%، ومع الوقت تحول هذا الاخير

لفحم حجري يحتوي 90 %من الكربون،[1] ويتميز الفحم بعدة خصائص كإحتوائه على طاقة عالية و مخزونه يكفي لمئات السنين، وتكلفته منخفضة.

ويمكن ان نعرف الفحم بانه "مادة صلبة ذات لون اسود يتكون من كربون، نيتروجين، أكسجين، نيتروجين، بالاضافة الى الكبريت، التي هي قابلة للاشتعال والإحتراق كما يتولد عن الفحم طاقة حرارية، يمكن استخدامها في العديد من المجالات كالتدفئة ووقود للمنشآت، واستخدام الطاقة الحرارية للفحم في انتاج الكهرباء".

2.3.انواع الفحم الحجري

تتكون كل الفحوم الحجرية من أجسام صلبة معينة وهي بدورها تتكون أساسا من عناصر الكاربون والهيدروجين والنيتروجين، والأكسجين والكبريت، لكن الاختلاف بين الفحوم الحجرية يكمن في محتوى هذه العناصر، وكذلك من حيث محتواها من الرطوبة، لذا تتجمع الفحوم الحجرية في أربعة اصناف تتمثل في:

جدول رقم(03): إختلاف انواع الفحم الحجري

انواع الفحم الحجري	درجة الاختلاف
الانثراسيتات	تحتل المرتبة الاولى من احتوائها على عنصر الكاربون حوالي 98%، وطاقة حرارية أكبر نتيجة الاحتراق، صعبة الاشتعال، بطيئة الاحتراق لا تتناسب مع الطرق الحديثة المعتادة لانتاج الكهرباء، والاقل وفرة.
الفحوم الجمرية أو القارية	تحتل المرتبة الثانية بعد الانثراسيتات من خلال رتبة الكاربون، والطاقة الحرارية، الاكثر وفرة، والاكثر استخداما، وذات طاقة حرارية اعلى من الانثراسيتات.
الفحوم تحت الجمرية او تحت القارية	تحتل المرتبة الثالثة من حيث تركيب عنصر الكاربون، طاقة حرارية معتبرة ،الفحوم الوحيدة الملائمة لانتاج الكوك، تزداد رطوبتها كلما انخفضت نسبة الكاربون فيها.
اللجنيتات او الفحوم البنية اللون	تحتل المرتبة الادنى من بين انواع الفحوم الحجرية بحوالي30% من عنصر الكاربون، وتحتوي على طاقة حرارية اقل، تزادد الرطوبة فيها عكسيا مع تدني رتبة الكاربون.

المصدر: من اعداد الباحثة اعتمادا على المعلومات المأخوذة من:

- صباح براجي، **دور حوكمة الموارد لطاقوية في اعادة هيكلة الاقتصاد الجزائري في ظل ضوابط الاستدامة**، مذكرة مقدمة كجزء من متطلبات نيل شهادة الماجستير في اطار مدرسة الدكتوراه في العلوم الاقتصادية وعلوم التسيير،تخصص اقتصاد دولي والتنمية المستدامة، جامعة فرحات عباس سطيف 1، 2013، ص 50.

3.3.استخدامات الفحم الحجري

تكمن استخدامات الفحم الحجري في عدة مجالات تتلخص في الجدول الآتي:

[1] محمد مصطفى محمد الخياط، **الطاقة: مصادرها وأنواعها واستخداماتها**، وزارة الكهرباء والطاقة، مصر، 2006، ص ص 35-36.

جدول رقم (04): مجالات استخدامات الفحم الحجري

نوع الاستخدام	الاستخدامات
كوقود	– هو وقود نافع بسبب وفرته واحتوائه على قيمة حرارية عالية نسبيا؛ – يحتوي الفحم الحجري عل نسب معينة من شوائب (الكبريت ومعادن اخرى) التي تحد من صلاحية استعماله كوقود، بحيث عند الاحتراق تتحد جزيئة الكبريت مع الاكسجين وهو ما يشكل غاز سام هو ثاني اكسيد الكبريت؛ – عندما تقل نسبة الكبريت في الفحم عن 01% يمكن حرقها بكميات كبيرة دون اطلاق كميات ضارة من ثاني اكسيد الكبريت.
للتدفئة والصناعة	– يستخدم الفحم الحجري في تدفئة المنازل، وفي المصانع والمباني التجارية خاصة في الولايات المتحدة، نتيجة ارتفاع اسعار النفط والغاز؛ – يستخدم بشكل غير مباشر لصنع الفولاذ، عن طريق أفران لتشكيل فحم الكوك، الذي بدوره يقوم بصهر خام الحديد وتحويله إلى حديد؛ – كما يمكن تحويل الفحم إلى سائل يُعرف بالوقود الاصطناعي لصنع منتجات مثل: الأسبرين والمذيبات والصابون والأصباغ والبلاستيك والألياف التي تشمل النايلون والحرير الصناعي.[1] – هو عنصر أساسي في إنتاج بعض المنتجات المتخصصة مثل كل من الكاربون المنشط وألياف الكربون ومعادن السيليكون[2].
توليد الكهرباء	– الاستخدام الرئيسي للفحم الحجري هو توليد الكهرباء، اضافة إلى عمليات التسخين الصناعية، وقد استخدمت 68%من كمية الفحم الحجري لهذا الغرض سنة 2013؛ – يلعب الفحم الحجري دورا هاما في مجال الطاقة بسبب انخفاض تكلفته مقارنة بالمصادر الاحفورية الاخرى وسهولة نقله تصديره واستراده.

المصدر: من اعداد الباحثة اعتمادا على المعلومات المأخوذة من:

– استخدامات الفحم الحجري من الموقع https://e3arabi.com/science تاريخ الاطلاع 01 ديسمبر 2022

المطلب الثالث: الطاقات البديلة(الطاقات المتجددة)

تشير مختلف الدراسات الإستشرافية لوضعية الطاقة إلى الدور الإستراتيجي لمصادر الطاقات البديلة المتجددة في الأمد القريب أو البعيد، وفيما يلي يتم التطرق الى الطاقة المتجددة وأهم مصادرها.

1.الطاقة الشمسية

لقد تم الاهتمام بالطاقة الشمسية في فترة الخمسينات من القرن الماضي كأحد أفضل المصادر الطاقوية النظيفة غير الناضبة يتطور حيث تم تطوير شرائح عالية القوة لتحويل أشعة الشمس إلى طاقة كهربائية، الا أن التكلفة كانت عالية

[1] استخدامات الفحم الحجري من الموقع: https://e3arabi.com/science تاريخ الاطلاع 01 ديسمبر 2022

[2] مرجع نفسه.

جدا، وقد تم الاعتماد على الألواح الشمسية في المناطق النائية، وتزويد الاقمار الصناعية بالطاقة الكهربائية، وأصبحت كمصدر بديل للطاقة يمكن استخدامه وتعميمه مستقبلا.

1.1.مفهوم الطاقة الشمسية وأهميتها:

الطاقة الشمسية و تسمى باللغة الإنجليزية(solar energy) هي الطاقة المنبعثة من أشعة الشمس بشكل رئيسي على شكل حرارة وضوء وهي نتاج التفاعلات النووية داخل النجم الأقرب إلينا وهو الشمس، ولهذه الطاقة أهمية كبيرة في الكرة الأرضية والكائنات الحية الموجودة على سطحها وتعتبر كمية هذه الطاقة الناتجة تفوق بكثير متطلبات الطاقة الحالية في العالم بشكل عام، وإذا تم تسخيرها واستغلالها بشكلٍ مناسب فقد تلبي جميع احتياجات الطاقة المستقبلية.[1]

وتكمن أهمية الطاقة الشمسية في زراعة الأرض وإنتاج ونمو المحاصيل وتجفيف الطعام لمنعه من التلف بالإضافة إلى استخدام البيوت البلاستيكية لرفع الحرارة، ومن الملاحظ زياده أهمية الطاقة الشمسية كمصدر من مصادر الطاقة المتجددة لأنها لا تتناقص وصديقة للبيئة، في الوقت الذي أصبح فيه تناقص ملحوظ في مستويات الوقود الأحفوري والنفط والفحم وبالإضافة إلى الغاز الطبيعي.[2]

بالإضافة لى أن إستخدام الطاقة الشمسية لا يرتتب عليه مضاعفات فيما يتعلق بزيادة **البصمة البيئية***، حيث أن المتر المربع الواحد من مساحة العاكس في الميدان الشمسي كاف لتجنب الانتاج السنوي حوالي 158 الى250 كيلوغرام من ثاني أكسيد الكربون[3]، مما يدعم مساهمة الطاقة الشمسية بصورة ملموسة تجاه الالتزامات الدولية، للحد من الارتفاع المتواصل في مستوى الغازات الدفيئة ودورها في تغير المناخ وبهذا الطاقة الشمسية تشتمل على جملة من الخصائص التي تميزها عن المصادر المتجددة الاخرى، ويمكن إدراج أهمها فيما يلي:[4]

- تتوفر الطاقة الشمسية في مختلف المناطق، يجعلها قابلة للاستغلال في أي مكان؛
- مصدر متجدد ومنخفض التكاليف، مما يسهل مهمة توجيه المشاريع المستدامة؛
- عدم وجود قيود على التوسع في الاستغلال على المستوى المحلي أو الدولي؛
- تتوفر على خاصية المصدر الآمن بيئيا، حيث تلبي بشكل مطلق متطلبات الاستدامة البيئية؛
- سهولة التقنيات المعتمدة لانتاج الطاقة، مما يوفر مناصب عمل لفئة واسعة من الافراد.

---

[1] حافظ قبيسي، الطاقة الشمسية، (معهد الانماء العربي)، ص ص 141-143.

[2] مرجع نفسه.

* **البصمة البيئية:** هي مؤشر الاستدامة الذي يخبرنا عن العلاقة بين استهلاك البشر وموارد الأرض، كما يمكن ان تكون قياس لتأثير الدولة على كوكب الأرض عن طريق مقارنة التعداد السكاني على الموارد مع قدرته الطبيعية على تجديد هذه المواد، أي يستخدم هذا المصطلح كمؤشر لقياس مدى التنمية المستدامة، قياس سرعة استهلاك الموارد لدولة ما مقارنة بمعدل قدرة هذه الموارد على التجدد وقياس السعة البيولوجيا للأراضي والمياه في انتج السلع للاستهلاك البشري، ومدى ايستعابتلك الأراضي للنفايات الناتجة عن استهلاك تلك السلع.

[3] Rainer Aringhoff, Georg Brakmann, Sven Teske , Greenpeace publication, 2005.Sur site: www.greenpeace.org تاريخ الاطلاع 2019/06/08

[4] عبد العلي خفاف، ثعبان كاظم خضري ، **الطاقة وتلوث البيئة**، دار الميسرة للنشر والتوزيع، الأردن، 2007. ، ص 120.

وعلى الرغم من الخصائص المميزة للطاقة الشمسية عن باقي أنواع الطاقة المتاحة، الا أنها تواجه عوائق لا بد من العمل على تخطيها، كمشكلة تخزيها، ويتبين أن الاستغلال الفعال للطاقة الشمسية يتطلب تحسين وتطوير مجمعات التقاط الطاقة، بالاضافة إلى تخفيض تكاليف الاستغلال لدعم قدرتها على المنافسة مقابل الطاقات التقليدية.

2.1.تكنولوجيا الطاقة الشمسية هناك العديد من التطبيقات للحصول على الطاقة من الشمس، يمكن معالجتها من خلال ما يلي:

- **الخلايا الشمسية الضوئية:** هي أحد تطبيقات الطاقة المتجددة لانتاج الكهرباء من أشعة الشمس ، ويعتبر إنتاج الكهرباء بالاعتماد على هذه الطريقة بالغ الأهمية لتزويد سكان المناطق الريفية والنائية بالكهرباء، نظرا لانخفاض التكاليف في الحصول على الطاقة، وعدم إحداث أضرار بيئية مقارنة باستخدام الطاقة التقليدية
- **استخدام الطاقة الشمسية في التسخين/التبريد:** تقوم المجمعات الشمسية بتجميع الطاقة الشمسية للاستفادة منها في تسخين الهواء الماء والسوائل الإخرين، والتبريد وتتناسب كمية الطاقة الحرارية المجمعة مع كمية ضوء الشمس المباشر الذي يتم استقباله؛
- **مركزات الطاقة الشمسية:** وهي تقوم برتكيز الطاقة الشمسية بدرجات تتراوح بين 50 و5000 مرة لانتاج طاقة حرارية كبيرة تقوم بتوليد البخار الذي يستخدم في تشغيل التوربينات البخارية لتوليد الكهرباء[1].

3.1.الإضاءة: هي أنظمة للإضاءة تستخدم الضوء الصادر من الشمس لكي يكمل أو يحل محل الاضاءة الصناعية؛ وعلى الرغم من أن أنظمة الإضاءة النهارية يمكن أن تطبق في الواقع على كل المباني، الا أنها تكون أكثر كفاءة إذا تم وضعها في المراحل الاولى من التصميم الخاص بالمباني، والعامل الرئيسي في أنظمة الإضاءة النهارية يتضمن نوافذ جيدة التصميم ونظام لمراقبة الاسقف وتصميمات أخرى لكي تساعد في توزيع ونشر الضوء في الداخل ووسائل للتحكم في الضوء لانظمة الاضاءة الصناعية داخل المباني.

2. طاقة الرياح

تعد طاقة الرياح، طاقة صديقة للبيئة لأنها تسبب عدد أقل من الآثار السلبية الكلية على البيئة مما تسببه مصادر الطاقة التقليدية(تعتبر الضوضاء من أهم الملوثات لطاقة الرياح)، ولكن عادة ما يتم تجاهل هذه المزايا من قبل صناع القرار عند مقارنة محطات طاقة الرياح والطاقة التقليدية؛ حيث تستخدم طاقة الرياح في عدد مختلف من التطبيقات، بما في ذلك إنتاج الكهرباء وضخ المياه، ولكن للحصول على الطاقة وخاصة الكهرباء من طاقة الرياح يستلزم:[2]

- توفير أسواق مستقرة للكهرباء المولدة من طاقة الرياح، ودعم تنافسيتها؛
- تقييم المنافع المحققة للمجتمع جراء استخدام طاقة الرياح مقارنة بالطاقات التقليدية؛
- تعزيز مشاركة المجتمع المحلي في تخطيط المشاريع وجني المنافع؛

[1] برادجي صباح، مرجع سابق، ص 86.

[2] John Deutch, Richard K. Lester، Making Technology Work: Applications in Energy and the Environment ، Published in the United State of America by COMBRIDGE University Press, New York, 2004, P, 24.

- تشجيع البحث والتطوير، ودعم استثمارات القطاع الخاص في مجال الطاقات المتجددة

ونظرا لاهمية طاقة الرياح كطاقة نظيفة، يمكن أن تخفف من حدة الاعتماد على مصادر الطاقة الناضبة فإن نسب الاعتماد عليها تشهد تطورا وتحسنا في تطبيقات وتكنولوجيات الاستخدام.

3. طاقة الكتلة الحيوية (energy biomass)

الكتلة الحيوية مصطلح عام يشمل المواد من النباتات والحيوانات، بما في ذلك المخلفات التي تتفاعل مع الاكسجين في عملية الاحتراق لانتاج عن الحرارة التي تستخدم في العمليات الصناعية وفي توليد الكهرباء، كما يمكن أن يحل الوقود المحضر من مصادر الكتلة البيولوجية، أو ما يطلق عليه الوقود الحيوي محل الوقود التقليدي و يصنف الوقود الحيوي إلى نوعان أساسيين هما: [1]

- **الايثانول**: عبارة عن وقود حيوي سائل ينتج بطريقة تخمر الفضلات، يستخدم كوقود للسيارات بصورة واسعة، حيث تتجه البحوث لتطوير هذا النوع من الوقود، نظرا لانخفاض نسبة ثاني أكسيد الكاربون المحررة جراء استخدامه؛
- **الوقود الحيوي**: هناك نوعين من الوقود الحيوي وهما الديزل الحيوي والميثانول، بالاضافة إلى إمكانية تحضير غاز الميثان والغاز الطبيعي، وتعتبر الولايات المتحدة الامريكية رائدة في إنتاج الميثانول حيث بلغ إنتاجها عام 2008 ما يزيد عن 67 بليون لتر، في حين قادت ألمانيا دول العامل في إنتاج الوقود الحيوي بإنتاج ما يزيد عن 12 بليون لتر عام 2008.

4. طاقة الحرارة الأرضية

يعود استخدام نظم الطاقة الحرارية الارضية الى السنوات الاولى من القرن العشرين، من خلال الينابيع الساخنة التي تنبثق من تحت الارض لانتاج الكهرباء وتوفير الحرارة المنزلية والصناعة، حيث تختزن في قلب الكرة الارضية كمية ضخمة من الطاقة الحرارية تحت القشرة القارية الدقيقة نسبيا وترتفع هذه الطاقة الحرارية إلى السطح بالتوصيل من خلال قلب الكرة الارضية، وهذا ما يجعلها سهلة الإستغلال ويقدر احتياطي الطاقة الحرارية الأرضية في حزام عمقه 2000 متر تحت سطح الأرض ما يعادل ما ينتجه 250 مليار طن من الفحم من الطاقة، نظريا يمكن أن يغطي هذا المقدار من الطاقة، حاجة العالم من الطاقة لمدة 100000 سنة قادمة، تنقسم مصادر الحصول على الطاقة الحرارية الأرضية إلى قسمين :المياه الحارة الجوفية والصخور الحارة، التي توجد في المناطق النشطة بركانيا أو في الأعماق البعيدة تحت سطح الأرض، كما تستخدم الطاقة الحرارية الأرضية في تدفئة المنازل عندما تكون الحرارة قريبة من سطح الأرض، حيث تكون تكلفة إستخراجها واستعمالها معقولة، ففي مدينة ايسلاندا تستخدم هذه الينابيع الحارة ويتم توظيفها لأغراض التدفئة والتسخين.[2]

[1] John Twidell , Tony Weir _ Renewable Energy Resources _ published by Taylor and Francis , second edition , London and New York , 2006, P 351.

[2] نظرة عامة عن طاقة الحرارة الأرضية، متاحة على الموقع: https://www.marefa.org تاريخ الاطلاع 2019/05/21.

5.الطاقة من الهيدروجين

يعد الهيدروجين من أهم مصادر الطاقة البديلة المستدامة، حيث يمكن أن يجعل تصور التجديد تصورا واقعيا عن طريق تخزين الطاقة المتجددة، بحيث تكون متاحة للاستخدام والاهم من ذلك هو عدم وجود آثار سلبية على البيئة، حيث أن استعمال الهيدروجين في خلايا الوقود يولد الكهرباء ويطلق فقط بخار الماء كما أن كفاءة السيارات التي تعمل على الهيدروجين أكبر مرتين أو ثلاث من تلك التي تعمل بواسطة محرك البنزين.[1]

6.مصادر طاقة المياه

هناك عدة أنواع من مصادر طاقة المياه ويمكن عرضها باختصار في ما يلي:[2]

- إنتاج الطاقة الكهرومائية من المحطات الكبيرة: ويتم ذلك من بناء السدود الضخمة في مجاري الانهار الكبيرة، وتمثل أكبر مصدر لانتاج الطاقة، حيث تم إنتاج ما يزيد على22.500 ميقا واط(سد الممرات الثلاثة* في الصين)؛
- إنتاج الطاقة الكهرومائية من المحطات الصغيرة: وهي السدود التي تنتج الوحدة الواحدة بحدود100 كيلو واط، وتتصدر الصين بلدان العامل لانتاج هذا النوع من الطاقة، حيث يوجد فيها حولي ثمانين ألف وحدة توليد هايدروليكية، وبمعدل 48 كيلو واط لكل وحدة، كما أنتج ما يزيد على 280 جيقا واط عام2008 في مختلف بلدان العالم؛
- الطاقة الكهرومائية الناتجة من حركة المياه والانهار(ودون استخدام السدود)، ومن الامواج الحركية والتيارات السارية في المحيطات والبحار و كذلك المد والجزر، وكذلك الفرق في درجات الحرارة بين سطوح وأعماق المحيطات
- الطاقة الأوزموزية: وهي الناجتة عن الفرق في الملوحة بين الانهار والبحار؛
- طاقة الوقود الخلوي: من خلال إنتاج الهيدرجين من الماء بطريقة تحليل الماء؛

المطلب لرابع: الطاقات البديلة (غير المتجددة)

تصنف الطاقات البديلة كونها تختلف عن الطاقات الاحفورية (البترول، الفحم، الغاز الطبيعي) بأنها طاقة غير تقليدية ويكمن الاختلاف في طريقة الاستغلالن الا انها تتفق معها في صفة النضوب والتأثير البيئي، وهي الطاقة النووية، النفط الصخري، والغاز الصخري.

أولا:الطاقة النووية :الطاقة النووية هي أحد أشكال الطاقة التي تختص باستخراج الطاقة الموجودة في نواة أحد العناصر حيث تنشأ الطاقة من خلال تكسر الروابط ببين مكونات النواة، مما يؤدي إلى الحصول على طاقة حرارية هائلة وتعمل مفاعلات الطاقة على إنتاج الطاقة الكهربائية، وأهم أشكال الطاقة النووية تتمثل في:[3]

---

[1] جباري عبد الجليل، **أهمية تطوير الطاقة الشمسية في تحقيق التنمية المستدامة دراسة حالة - الجزائر و مصر-** أطروحة مقدمة لنيل شهادة دكتوراه علوم في العلوم الاقتصادية، تخصص: مناجمنت المنظمات، جامعة محمد خيضر بسكرة، 2018.ص 52

[2] هواري عبد القادر، مرجع سابق، ص 47.

* **سد الممرات الثلاثة:** هو أكبر سد هيدروليكي في العالم بني على نهر اليانغتسي في الصين .ويعد أيضا واحداً من أكبر المشاريع الهندسية في التاريخ الإنساني، حيث يبلغ طول جدار السد الذي أكمل بناؤه عام 2006 2.3 كيلومتر ويرتفع عن قعر النهر 183 متر

[3] بيتر هوفمن، ترجمة د. ماجد كنج ، **مصادر الطاقة المستقبلية : الهيدروجين وخلايا الوقود و التوقعات لكوكب أنظف**، دار الفارابي الطبعة الأولى لبنان 2009، ص ص، 09- 14.

- **الانشطار النووي:** إن إنشطار أنوية الذرات تنتج طاقة هائلة على شكل ضوء وحرارة، خروج هذه ببطء يمكن من استخدام هذه الطاقة في إنتاج الكهرباء، أما خروجها بسرعة فيسبب إنفجار مدمر ومن الحوادث المرتبطة بالمفاعلات النووية حدوث تسرب اشعاعي مما يسبب آثار خطرية تمتد لأجيال متلاحقة.
- **الاندماج النووي:** وهو الشكل الآخر من صور الطاقة النووية، وطاقة الاندماج هي المسؤولة عن تحول ذرات الهيدروجين إلى هيليوم في الشمس، مما يؤدي إلى إنتاج حرارة وضوء وإشعاعات أخرى ويعمل العلماء على التحكم في عمليات الاندماج النووي، من خلال صنع مفاعل اندماجي لانتاج الكهرباء، ومن مزايا الاندماج النووي أن المواد الاشعاعية الناتجة تكون أقل من تلك الناتجة عن الانشطار النووي.

على الرغم من أهمية الطاقة النووية في تخفيف العبء على الطلب الطاقوي في العالم، إلا انها تعتبر أكثر خطورة على البيئة خاصة بعد الحوادث الكارثية مثل حادثة تشيرنوفل أوكرانيا، فوكوشيما في اليابان 2011، والتي خلفت آثار خطيرة على البيئة مازالت اثارها لحد الآن (الاشعاع الذي خلف اضرار صحية وبيئية).

ثانيا: البترول الصخري

هو نوع من انواع النفط الخفيف ينتج من صخور تحتوي على ترسبات من مادة الكيروجينن التي يتم تحويلها بواسطة الحرارة الى سائل هيدروكاربوني بديل للنفط الخام، والنفط الصخري عبارة عن مركب صلب ذو نشأة عضوية تتشكل في ظروف مائية، ويعرفه الجيولوجيون بأنه عبارة عن صخور رسوبية تتكون أساسا من المواد العضوية (الحيوانات والأحياء البحرية والنهرية) التي تجعلها مماثلة للنفط، وعند تسخين النفط الصخري في ظل انعدام الهواء يتشكل لدينا هيدروكربونات سائلة أو غازية، وتمثل المادة الجديدة المتشكلة بسبب التسخين في ظل انعدام االأوكسجني ما نسبته (20الى 70%) من الحجم الأول، وبالرغم من تطور التقنيات المستخدمة في استخراجه أو إنتاجه إلا أن كلفة استخراجه ما زالت أعلى من مثيلتها في النفط الخام الطبيعي؛ كونه محبوسا في طبقات صخرية عميقة، وتسعى الولايات المتحدة الأمريكية أن تتحول إلى بلد مصدر للنفط، وهذا الشعور لا يراود الولايات المتحدة الأمريكية فحسب، بل يراود البلدان المتقدمة والنامية على حد سواء[1].

ثالثا: الغاز الصخري

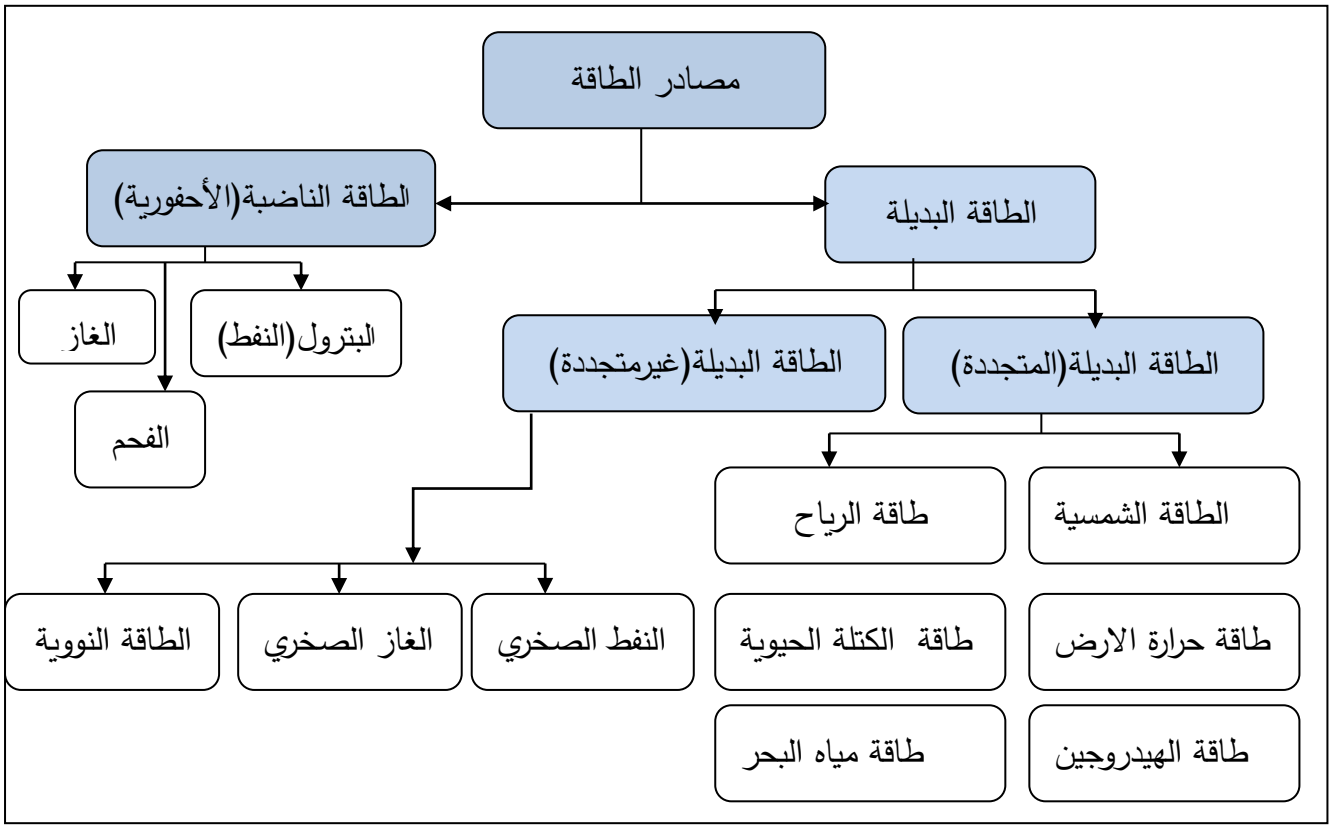
الغاز الصخري أو غاز الأردواز يطلق عليه باللغة الانجليزية (Shale gas) وباللغة الفرنسية (Gaz de schiste)، هو غاز تشكل من أحجار تسمى الاردواز ويكون محبوسا بين طبقاتها و يتطلب استخراجه تقنيات معقدة للغاية كما يمكن أن يصل مجال الحفر عند التنقيب عليه إلى أكثر من ألف متر وطريقة الحفر تكون عمودية ثم تنحرف إلى أفقية كما يستخدم استخراجه عن طريق تكسير الصخور التي يتواجد فيها الغاز الصخري مزيج من الماء والرمل ومواد كيميائية مع الضغط، وينتمي الغاز الصخري إلى فئة الغازات الطبيعية غير التقليدية، التي تضم أيضا ميثان الطبقة

[1] طالب حسن الحيالي، **النفط الصخري جدوى الانتاج وتحديات المستقبل**، حوكمة رأس الخيمة، دائرة التنمية الأقتصادية ادارة الدراسات والإحصاء ديسمبر 2015، ص ص،03-04. متاح على الموقع: https://css.rak.ae/Documents تاريخ الاطلاع 2023/06/08.

الفحمية وغاز الصخور الرملية المحكمة وهيدرات الميثان، إن الكثير من النفط أو الغاز المتكونين في الطفل الصفحي، يهاجر إلى الصخور ذات المسامات والنفاذية العاليتين، على غرار الصخور الرملية.[1]

سوف نتطرق الى موضوع الغاز الصخري في الفصل الثاني بالتفصيل الذي يأخذ حيز أوفر من الدراسة والشكل الآتي يبين ملخص لكل انواع المصادر الطاقوية الناضبة والمتجددة كما يلي:

الشكل رقم (01): مخطط توضيحي لمختلف أنواع المصادر الطاقوية



المصدر: من اعداد الباحثة اعتمادا على المعلومات المستخلصة من الفقرات السابقة

من خلال هذا الشكل يمكن ان نحدد نوعين من مصادر الطاقة الاول يوجد في الطبيعة باستمرار ولا ينضب والاخر يوجد في باطن الارض مهدد بنضوب بعد فترة زمنية معينة ولا يمكن إستخلافه في مدة زمنية قصيرة.

[1] دراسة موارد الطاقة: «**نظرة مركزة على الغاز الصخري**»، مجلس الطاقة العالمي، 2010، ص 07. متاح على الموقع الالكتروني: https://www.worldenergy.org/assets/downloads/Shale_Gas_Ar.pdf.2023/02/15 تاريخ الاطلاع

المبحث الثاني: التبعات البيئية لاستخدام الموارد الطاقوية

إن الإستخدام المكثف والمبالغ للطاقة التقليدية حسب ما تقتضيه الحركة المتسارعة للنشاط االاقتصادي العالمي التي تتطلب المزيد من الموارد الطاقوية خاصة التي تعتمد على الوقود الأحفوري، الفحم، البترول، والغاز، الذي له أضرار بالغة على الانسان والبيئة وجميع الكائنات الحية من خلال تلوث البيئي لم يشهده مثيل من جراء الانبعاثات للغازات الدفيئة التي ادت الى الاحتباس الحراري، وارتفاع درجة حرارة الارض، والامطار الحامضية، والعديد من الكوارث البيئية على المستوى العالمي.

المطلب الأول: البيئة، مفهومها، وعلاقتها بالاقتصاد

إن تطور النشاط الاقتصادي واتساع رقعته، واعتماد فكر العولمة الاقتصادية، جعل لهذه المعطيات إفرازات تتوافق مع حجمها وطبيعتها، ومن بين إفرازتها المشاكل البيئية التي ازدادت تفاقما ودفعت بالدول إلى البحث في أساليب التخفيف من آثارها السلبية.

أولا: الاطار المفاهيمي للبيئة

ان مصطلح البيئة من اهم المصطلحات الذي تم تداوله في الاونة الاخيرة حيث يشغل الاهتمام من قبل العديد من المفكرين والباحثين والمنظمات الحكومية وغير الحكومية، نتيجة الارتباط الوثيق بين البيئة والانسان، لذا من ضروري تسليط الضوء على هذا المصطلح.

1. مفهوم البيئة

1.1.المفهوم اللغوي

البيئة في اللغة العربية هي كلمة مشتقة من كلمة بوأ وهي مرادفة للمنزل والموطن، فعل تبوأ أي نزل وحل واقام،[1]ولقد ورد لفظ مصطلح البيئة في القرآن الكريم لقوله تعالى في العديد من الآيات نذكر منها:

- ﴿وَالَّذِينَ تَبَوَّءُوا الدَّارَ وَالْإِيمَانَ مِن قَبْلِهِمْ يُحِبُّونَ مَنْ هَاجَرَ إِلَيْهِمْ وَلَا يَجِدُونَ فِي صُدُورِهِمْ حَاجَةً﴾، (الآية09 من سورة الحشر)، أي اتخذو المدينة المنورة بيئة يعني سكنو دار الهجرة؛
- ﴿كَذَلِكَ مَكَّنَّا لِيُوسُفَ فِي الْأَرْضِ يَتَبَوَّأُ مِنْهَا حَيْثُ يَشَاءُ نُصِيبُ بِرَحْمَتِنَا مَنْ نَشَاءُ وَلَا نُضِيعُ أَجْرَ الْمُحْسِنِينَ﴾(الآية 56 من سورة يوسف)، أي ينزل من أي بلاد شاء؛
- ﴿وَالَّذِينَ آمَنُوا وَعَمِلُوا الصَّالِحَاتِ لَنُبَوِّئَنَّهُمْ مِنَ الْجَنَّةِ غُرَفًا تَجْرِي مِنْ تَحْتِهَا الْأَنْهَارُ خَالِدِينَ فِيهَا نِعْمَ أَجْرُ الْعَامِلِينَ﴾،(الآية 58 من سورة العنكبوت)، اي لنسكنكم منازل عالية من الجنة

[1] عارف صالح مخلف، الادارة البيئية،الحماية الادارية للبيئة، عمان ، الاردن، دار اليازوري للنشر والتوزيع، 2007، ص 30. مستمد من الموقع: https://cte.univ-setif2.dz/moodle/mod/book/view.php?id=11737&chapterid=2665 تاريخ الاطلاع 2023/09/23.

ويرجع اصل كلمة البيئة باللغة الفرنسية الى المصطلح (L'environnement)، اثر انعقاد مؤتمر استوكهولم لتنمية الموارد البشرية سنة 1972، وادخل أنذاك المصطلح في معجم اللغة الفرنسية (La Rousse)، ويقصد به مجموعة العناصر الطبيعية والصناعية الواجبة لحياة الإنسان.[1]

أما في اللغة الانجليزية يعود أصل كلمة البيئة الى (Ecology)، المستمدة من الكلمة اليونانية(Oikos) وتعني البيت أو المنزل والكلمة (Logos) تعني العلم وتنقسم البيئة إلى:

- **بيئة طبيعية:** هي الوسط الذي يعيش فيه الانسان وتشمل المكونات الحية (نبات وحيوان)، تبعا لتنوع المكونات غير الحية و التي تشمل المناخ وما يحمله سطح الارض، وتشكل هذه المكونات(الحية وغير الحية) وحدة مرتابطة على هيئة منظومة بيئية؛[2]
- **بيئة بشرية أو حضارية:** هي من صنع الانسان نتيجة استخداماته مع البيئة، التي كانت طبيعية وسعى الانسان لتطويرها من أجل تحقيق مصالحه أدى إلى حدوث خلل في توازنها الطبيعي والحيوي.[3]

2.1.التعريف الاصطلاحي للبيئة

تعد البيئة من المصطلاحات والمفاهيم الحديثة، فتعدد تعريفها حسب اجتهاد العديد من الباحثين ذوي الاهتمام بالبيئة ومن بين هذه التعاريف نذكر مايلي:

- **مؤتمر الأمم المتحدة للبيئة البشرية في ستوكهولم 1972:** "رصد المواد المادية والاجتماعية المتاحة في وقت ما وفي مكان ما لاشباع حاجات الانسان وتطلعاته"؛[4]
- **تعريف قاموس البيئة العام:** " الوسط الفيزيائي والكيميائي والبيولوجي الدي يحيط بالكائن الحي".[5]
- **البنك الدولي:** " الظروف الطبيعية والاجتماعية التي تحيط بالجنس البشري متضمنا الأجيال القادمة"؛[6]
- **التعريف القانوني للمشرع الجزائري حسب قانون 03-10 لسنة2013 المتعلق بحماية البيئة في إطار التنمية المستدامة:** يعرف على انها" تتكون من المواد الطبيعية اللاحيوية والحيوية كالهواء والجو والماء والارض وباطن الارض والماء والحيوان والنبات بما في ذلك التراث الوراثي، وإشكال التفاعل بين هذه المواد وكذا بين هذه الاماكن و المناظر والمعالم الطبيعية".[7]

حسب التعاريف السابقة نلاحظ أن البيئة ليس لها تعريف جامعا يحدد نطاقها المتعدد، نتيجة اختلاف عوامل التأثير والتأثر، حيث نجد ان البيئة تقتصر على مجموعة العناصر الطبيعية التي لم يعدلها الإنسان ، مثل الهواء، والماء، والتربة، والنظم البيئية، والحيوانات، والنباتات، والمناخ، وعلى مجموعة العناصر التي صنعها الإنسان، مثل المدن والبنية

---

[1] المرجع السابق، ص 31.
[2] عارف صالح مخلف، مرجع سابق.
[3] الحفار سعيد محمد، **الموسوعة البيئية العربية**، المجلد الأول، وحدة الدراسات البيئية، جامعة قطر، الدوحة، 1992، ص141.
[4] علي خنافر، **القضايا البيئية العالمية الراهنة و إنعكاساتها على القدرة التنافسية للإقتصاد الجزائري وتحوله إلى الاقتصاد الأخضر**، أطروحة مقدمة لنيل شهادة دكتوراه علوم في العلوم الاقتصادية، تخصص العلوم الاقتصادية ، جامعة محمد خيضر بسكرة، 2017-2018، ص، 05.
[5] وردم باتر محمد علي، الأشقر يوسف محمد، **قاموس البيئة العام**، الطبعة الأولى، دار الشروق للنشر والتوزيع، الأردن، 1998، ص 81.
[6] the world bank. environmental assessment sourcebook ,world bank technical paper N°.139, Washington, 1991,p11
[7] قانون 03-10 لسنة 2010،المادة الرابعة، فقرة (07)، الجريدة الرسمية العدد 43، جويلية 2003.

التحتية والطرق والمباني، وكذلك وتتعلق بالعلاقات والتفاعلات بين البشر في مجتمع معين، بما في ذلك الجوانب الثقافية والاقتصادية والسياسية.

2.مفاهيم اساسية واصطلاحات مرتبطة بالبيئة

توجد عدة مفاهيم ومصطلحات مرتبطة بالبيئة تتلخص فيما يلي:

جدول رقم(05): أهم المفاهيم المرتبطة بالبيئة

المفاهيم التي لها علاقة مع البيئة	مفهومها
المشكلة البيئية	هي الموارد البيئية الطبيعية تحدث بفعل الإنسان أو أحد العوامل الطبيعية مما يؤثر علي النظم البيئية ويغير من خصائصها أو يخل من توازنها بدرجة تؤثر تأثيرا غير مرغوب فيه على الأحياء التي تعيش في البيئة وفي مقدمتها الإنسان[1].
السياسة البيئية	هي جميع الوسائل والطرق التي تستخدمها السلطات العليا وتضعها موضع التنفيذ لاجل حماية البيئة والمحافظة عليها[2]
التخطيط البيئي	هو التخطيط الذي يحكمه بالدجة الاولى البعد البيئي واللآثار البيئية المتوقعة لخطط التنمية على القريب والبعيد، أي ينتج عنه خطط مدمجة فيه البعد البيئي[3]
الآداء البيئي	إعداد التقارير وتوصيل المعلومات والفحص الدوري وتقييم الأداء البيئي هو وسيلة مساعدة لنظام الإدارة البيئية، وأبعاده الفعالية البيئية والكفاءة البيئية[4]
الاستدامة البيئية	هي التفاعل المسؤول مع البيئة لتجنب استنزاف الموارد الطبيعية أو تدهورها والسماح بجودة بيئية طويلة المدى، تساعد ممارسة الاستدامة البيئية على ضمان تلبية احتياجات سكان اليوم دون المساس بقدرة الأجيال القادمة على تلبية احتياجاتهم[5].
الادارة البيئية	المجهود الذي تبذله المؤسسة من اجل تحقيق الاهداف التي تتماشى مع الأغراض ابيئية، والتي تعتبر جزء من سياستها[6]

المصدر: من إعداد الباحثة اعتمادا على:

- علاوي صفية، **سياسة تحسين الأداء البيئي كمدخل لتحقيق الإنتاج الأنظف في المؤسسة الاقتصادية المعاصرة – بالإشارة الى بعض المؤسسات الجزائرية–** مجلة الحقوق والعلوم الإنسانية – دراسات إقتصادية– جامعة زيان عاشور بالجلفة، 23 (02) على الموقع الالكتروني: https://www.asjp.cerist.dz/en/downArticle/417/4/2/85772
- مفهوم الاستدامة البيئية، على الموقع الالكتروني: https://www.almrsal.com/post/914182
- عايد راضي خنفر، مهند راضي خنفر، **الاقتصاد كاداة لحملية البيئة دوره ومتطلبات نجاحه**، مجلة جامعة أسيوط للبحوث البيئية، المجلد 11، العدد 01، مصر، 2008، ص 05.
- محمد ابرهيم محمود، **السياسة البيئية وتأثيرها على الوضع التنافسي للصادرات الصناعية المصرية**، دار النهضة العربية، مصر 2004، ص 04.

[1] Brockw.A& taylor M.S,economic growth and environment , review of theory and empirics, Handbook of economic growth, Holland ,2004,p 345.

[2] محمد ابرهيم محمود، **السياسة البيئية وتأثيرها على الوضع التنافسي للصادرات الصناعية المصرية**، دار النهضة العربية، مصر 2004، ص 04.

[3] عايد راضي خنفر، مهند راضي خنفر، الاقتصاد كاداة لحماية البيئة و دوره ومتطلبات نجاحه، مجلة جامعة أسيوط للبحوث البيئية، المجلد 11، العدد 01، مصر، 2008، ص 05.

[4] علاوي صفية، **"سياسة تحسين الأداء البيئي كمدخل لتحقيق الإنتاج الأنظف في المؤسسة الاقتصادية المعاصرة - بالإشارة الى بعض المؤسسات الجزائرية-"** مجلة الحقوق والعلوم الإنسانية - دراسات إقتصادية- جامعة زيان عاشور بالجلفة، 23 (02) على الموقع الالكتروني: https://www.asjp.cerist.dz/en/downArticle/417/4/2/85772 تاريخ الإطلاع 2022/11/22.

[5] مفهوم الاستدامة البيئية، على الموقع الالكتروني: https://www.almrsal.com/post/914182 تاريخ الإطلاع 2023/10/15.

[6] مطانيوس مخول، عدنان غانم، **"نظم الإدارة البيئية ودورها في التنمية المستدامة"**، مجلة دمشق العلوم الاقتصادية والقانونية، المجلد 25، العدد 02، جامعة دمشق، 2009، ص 35.

3.مكونات البيئة

تنقسم البيئة الى أربع مكونات هي:

- **البيئة الطبيعية:** الأرض، الظروف المناخية، النباتات والحيوان، موارد الطاقة، المجاري المائية، بالإضافة إلى مستويات التلوث الطبيعية ومصادرها المختلفة وعلاقتها بالحياة؛
- **البيئة الاجتماعية:** تتضمن البيئة الاجتماعية أنماط العلاقات الاجتماعية القائمة بين الأفراد والمجتمعات التي ينقسم إليها المجتمع، تلك الأنماط التي تؤلف النظم الاجتماعية والجماعات في المجتمعات المختلفة .وتشتمل على المنتزهات العامة، والمناطق الترفيهية، والمساحات الخضراء؛
- **البيئة الاقتصادية:** وتشتمل على الأنشطة الاقتصادية المختلفة وعناصر الإنتاج المختلفة مثل: رأس المال والتكنولوجيا والعمالة والأرض، وما يترتب على ذلك من دخول قومية وفردية تؤثر على الرفاهية الاقتصادية؛
- **البيئة الثقافية:** ويعنى بها الوسط الذي خلقه الإنسان لنفسه بما فيه من منتجات مادية وغير مادية من اجل السيطرة على بيئته الطبيعية، وخلق الظروف الملائمة لوجوده.

4.قوانين البيئة: ان للبيئة قوانين ثابتة وهي تعرف بالقوانين الإيكولوجية وتتمثل في:

- **قانون الاعتماد المتبادل:** إن العلاقات الغذائية صورة لسلسلة غذائية، بحيث ينتقل الغذاء من المنتج إلى المستهلك وتتكون هذه العلاقات الغذائية بين الأفراد وتكون متداخلة، تعطي للمستهلك الكثير من فرص الاختيار.
- **قانون ثبات النظم البيئية:** هذا النظام يتألف من مجموعة كبيرة من النظم البيئية، التي تتألف من مكونات حية وأخرى غير حية تتفاعل فيما بينها أخذا وعطاءا مشكلة حالة التوازن الديناميكي أو المرن مثل هذه النظم البيئية الصحراء، والمنطقة القطبية والغابات والأرض المزروعة والمناطق المائية وغيرها.
- **قانون محدودية الموارد البيئية:** ان الموارد متاحة للقيام بنشاطات الانسان العلمية والاقتصادية المختلف، ومن هذا المنطلق يمكن أن نصنف موارد البيئة إلى ثلاثة أصناف وهي: (موارد البيئة الدائمة، والمتجددة وموارد البيئة غير المتجددة)

ثانيا: النظام البيئي، وأقسامه

يقصد بالنظام البيئي على انه "الوحدة الاساسية في علم الايكولوجيا وهو عبارة عن حيز من الطبيعة، وما تحويه من مكونات حية وغير حية تتفاعل ما بينها ديناميكيا مشكلة نظاما بيئيا محددا".[1]

إن هذا التعريف أنه يأخذ في الاعتبار الكائنات الحية التي يتكون منها المجتمع البيئي وكذلك العناصر البيئة غير الحية (التربة، الرياح ... الخ)، ويأخذ الإنسان كاحد كائنات النظام البيئي مكانة خاصة نظرا لتطوره الفكري والنفسي، ويمكن توضيح ذلك من خلال الجدول الآتي:

الجدول رقم (06): مكونات النظام البيئي

[1] محمد عبد البديع، **الاقتصاد البيئي والتنمية**، الطبعة الاولى، دار الامين ، مصر، 2006، ص 33.

مكونات النظام البيئي	مفهومها
المكونات غير الحية	تتكون من المواد العضوية وغير العضوية، وهي لا تتمتع بمظاهر الحياة، تنقسم إلى ثلاثة أجزاء : - الجزء المائي (الماء): يشكل الوسط الذي تتم فيه التفاعلات والوظائف الحيوية؛ - الجزء الغازي (الهواء): يتألف الهواء من مزيج من الغازات أهمها غاز الآزوت % 78والأوكسجين 20.9 %وثاني أكسيد الكربون بنسبة 0.003 %بالإضافة إلى بخار الماء وغازات أخرى نادرة؛ - الجزء الصلب (اليابسة): تتألف اليابسة من الصخور والرواسب والعناصر المعدنية والعضوية الموجودة في التربة، لها دور هام في حياة الكائنات الحية وفي تكوين مادتها.
المكونات الحية	وتشمل الكائنات التي تتمتع بمظاهر الحياة من تغذية وتنفس وحركة وتكاثر

المصدر: من اعداد الباحثة اعتمادا على: محمد عبد البديع، **الاقتصاد البيئي والتنمية**، الطبعة الاولى، دار الامين ، مصر، 2006، ص 33.

ثالثا: الموارد الطبيعية في البيئة، تصنيفاتها، وأهميتها الإقتصادية

1.الموارد الطبيعية في البيئة:

لقد أثر نشاط الإنسان على البيئة بطريقة سلبية عن طريق الاستغلال غير العقلاني للبيئة وأدى هذا الى ظهور العديد من المشكالت البيئية، خاصة تلك التي تتعلق عموما بالتلوث والاستنزاف السريع للموارد الطبيعية والضرر الشامل بالنظم البيئية، الأمر الذي يستدعي توجيه عناية فائقة إلى دراسة الموارد وهذا راجع لأسباب عدة منها:[1]

- إن الموارد الاقتصادية ليست ملك للجيل الحاضر فقط بل هي أيضا ملك للأجيال القادمة؛
- مع انتهاء ظروف اللامنافسة الكاملة في الدول الرأسمالية وانتشار الاحتكار أصبحت الموارد مركزة في أيدي فئة قليلة تتحكم في استخدامها، مما دعا الدول والهيئات إلى ضرورة وحصر الموارد وتقرير طرق استخدامها خوفا من نضوبها من جهة واستغلال المستهلكين من طرف المحتكرين من جهة أخرى.

2.تصنيفات الموارد البيئية

توجد العديد من التقسيمات للموارد الطبيعية، لكن أشهرها تقسيم الموارد إلى الموارد القابلة الاستملاك والموارد غير القابلة للاستملاك، وهذا ما يوضحه الجدول الآتي:[2]

جدول رقم (07): تصنيف الموارد الطبيعية

نوع الموارد	موارد متجددة	موارد غير متجددة
موارد قابلة للاستملاك	الغابات، الاراضي الزراعية، الطاقة الشمسية	النفط، الغاز الطبيعي، النحاس، الرمل.
موارد غير قابلة للاستملاك	مصائد الاسماك، جودة الهواء المناظر الطبيعية	المياه الجوفية، المناخ، النفايات المشعة

Source: Taladidia Thiombiano**, Economie de l'Environnement et des Ressources Naturelles**, L'Harmattan, Paris, 2004, P 64.

[1] Alian Haurie, **La Gestion de L enveronnement et l entreprise**, EPFL-suisse, 2003, P03.
[2] Taladidia Thiombiano**, Economie de l'Environnement et des Ressources Naturelles**, L'Harmattan, Paris, 2004, P 64.

ان الموارد الطبيعية تكون قابلة للاستملاك عندما يمكن الحصول على قيمتها الاقتصادية كاملة كالأراضي والتي يستنفع بكل ما ينتج عنها، والموارد غير قابلة للاستملاك هي تلك الموارد التي يمكن للأفراد استخدامها دون مقابل غير أنها مكلفة للمجتمع، إضافة إلى ذلك إمكانية نضوبها كالنفط والغاز الطبيعي، فالمشكلة الاقتصادية هي كيفية توزيع هذه الموارد المتناقصة زمنيا، في حين تبقى مشكلة الموارد المتجددة هي التسيير الجيد لها لضمان استمراريتها والمحافظة عليها.

رابعا: الموارد البيئية وعلاقتها بالفكر الإقتصادي

إن الاستهلاك المفرط للموارد البيئية يمكن أن يؤدي إلى تدهور البيئة، مما يؤثر سلبا على الإقتصاد، لذا الفكر الاقتصاد يرتبط بالموارد الطبيعية ارتباطا موثوقا من خلال تخصيص الموارد المحدودة لتلبية الاحتياجات المتزايدة، لذا يجدر بنا الاشارة الى معرفة الاقتصاد البيئي واهم ادواته وعلاقة الموارد الاقتصادية بالبيئة.

1. الاقتصاد البيئي وأدواته

من تعريف البيئة يتضح أن البيئة عنصر مرتبط بالاقتصاد من خلال كون الاقتصاد يدرس مشكلة الحاجات البشرية (المتعددة والمتجددة والمتزايدة) ليجد لها حلا من خلال ما توفره البيئة الطبيعية التي تحيط بالإنسان، لذلك فاستغلال الموارد البيئية يعتمد على مختلف التوليفات التي يقترحها علم الاقتصاد من جهة، وحل المشكلات البيئية لا يمكن أن يكون إلا من خلال الأدوات الاقتصادية الترشيدية، أو العقابية، أو حتى تلك التي تقترح إحلالا لأساليب استغلال اقتصادي غير مضرة بالبيئة.[1]

1.1.مفهوم الاقتصاد البيئي :لقد أضحت دراسة الجوانب الاقتصادية للموارد والبيئة من أهم الموضوعات التي تلقى اهتماما خاصا سواء على المستوى المحلي أو المستوى العالمي وهذا خشية تعرضها للنفاذ حيث تعتبر معظمها أرصدة غير متجددة ويهدد نفاذ هذه الأرصدة حياة الأجيال القادمة، بالإضافة إلى زيادة مخاطر التلوث البيئي نتيجة العمليات الإنتاجية.

ويعرف الاقتصاد البيئي على أنه:

- "تسخير علم الاقتصاد بغية الاستخدام الأمثل للموارد البيئية بكل أبعادها بهدف تعظيم الربح وإشباع الحاجات الإنسانية بأقل تكلفة (اقتصادية وبيئية)"؛[2]
- وهناك من يرى أن علم اقتصاد البيئة هو "العلم الذي يقيس بمقاييس بيئية مختلف الجوانب النظرية والتحليلية والمحاسبية للحياة الاقتصادية ويهدف إلى المحافظة على توازنات بيئية تضمن نموا مستديما. [3]

2. تطور العلاقة بين الإقتصاد والبيئة

[1] فارس مسدور، **أهمية تدخل الحكومات في حماية البيئة من خلال الجباية البيئية**، مجلة الباحث، العدد 02، 2010/2009 ، ص 346.

[2] الهيتي نوزاد عبد الرحمن، حسن ابراهيم المهندي، عيسى جمعة ابراهيم، مقدمة في اقتصاديات البيئة، دار المناهج للنشر والتوزيع، ط1،عمان، الأردن، 2010، ص 19.

[3] Hussen Ahmed, Principles of Environmental Economics, Published by Routledge, second edition, New York, 2004, P 45.

لقد تطور علم الاقتصاد مع تطور الاهتمام بالبيئة من خلال أربعة مراحل أساسية نوجزها باختصار في الجدول الآتي:[1]

جدول رقم (08): تطور العلاقة بين الإقتصاد والبيئة

مختلف المراحل	تطور العلاقة بين الإقتصاد والبيئة
م1: تحقيق اكبر إستغلال ممكن للموارد البيئية (من بدايته الى بداية الستينات من القرن العشرين)	– البيئة تعني انها مصدر لا ينضب من الموارد الطبيعية. – البيئة وعاء دائم الاستيعاب لتلقي المخلفات الانتاجية والاستهلاكية الناجمة من النشاط الانسان (لم تاخذ النماذج النمو والتنمية الاقتصادية انذاك مشكلة ندرة الموارد و القدرة الإستعابية للبيئة)
م2: تحقيق النمو الإقتصادي مع حماية البيئة (بداية الستينات ونهاية السبعينات من القرن العشرين)	– بدأ التفكير الاقتصادي في محاولة التحكم في الخسائر البيئية مع استمرار النشاط الاقتصادي – وضع مستويات مسموح بها للتلوث من منظور مدى قبولها اقتصاديا وليس صيانة النظام البيئي (ظهور عدة مفاهيم بيئية كالحجم الأمثل لنقاء البيئية، البصمة البيئية)
م3: مرحلة ادارة الموارد البيئية (السنوات الاخيرة للثمانينات من القرن العشرين)	–بداية ظهور المشكلات البيئية كالتلوث في الدول المتقدمة، استنزاف الموارد الطبيعة في دول العالم الثالث؛ –بداية الاهتمام بالتوازن البيئي وبعلاقة الاقتصاد بالبيئة. –ادخال كل انواع راس المال في فكرة الادارة البيئية (التوجه الفكري نحو ضرورة تحقيق الكفاءة الاقتصادية في استغلال الموارد البيئية، ومن اجل ذلك ظهر مبدا من يلوث يدفع كما جاء في نظرية بيجو)
م4:التنمية البيئية الاقتصادية(التنمية المستدامة) الى غاية يومنا هذا	– الترابط القوي بين النظام الاقتصادي والنظام البيئي – تطور العلاقة بين المجتمع والبيئة (الانتقال من مبدأ من يلوث يدفع الى مبدأ منع التلوث يحقق منافع للجميع)

المصدر: من إعداد الباحثة اعتمادا على:

– البيئة والاقتصاد علاقة تبادلية، متاح على الموقع: تاريخ الاطلاع 2023/01/15.
https://www.feedo.net/Environment/Ecology/EnvironmentalEconomics.htm

– الاقتصاد والبيئة، متاح على الموقع: https://ao-academy.org/2006/12/824.html تاريخ الاطلاع 2023/01/15.

ثانيا: نظريات الاقتصاد البيئي

من اهم نظريات الاقتصاد البيئي، النظرية الكلاسيكية للمؤثرات الخارجية للاقتصادي بيجو1920(الذي فرض ضريبة كوسيلة مناسبة لتحقيق المساواة بين التكاليف الخاصة والتكاليف الاجتماعية)، ثم نظرية كوز (المساومة) للإقتصادي كوز 1960 (والذي أكد بأن مشكلة التلوث تنجم عند غياب حقوق الملكية لإستخدام الموارد الطبيعية).

[1] المرسي السيد حجازي، تطور العلاقة بين الاقتصاد والبيئة: دراسة تحليلية، مجلة جامعة الملك سعود للعلوم الادارية، مجلد 04، العدد 01، الرياض 1996، ص ص 275-310.

1. نظرية بيجو(1920) وتعرف على أنها تأثير يولده سلوك متعامل اقتصادي على رفاهية الآخرين ولا يكون لذلك التأثير ثمن نقدي أو مقابل في السوق، أو بمعنى آخر هو عبارة عن الآثار الناجمة على نشاط معين دون الأخذ بعني الاعتبار هذه الآثار في الحسابات الاقتصادية، إذا يتحدد المؤثر الخارجي إذا ما قدم متعامل اقتصادي خدمة معينة لمتعامل آخر بمقابل، وينتج عن هذه الخدمة آثار سلبية أو إيجابية لمتعامل آخر لا دخل له فيها ودون تقديم أو الحصول على تعويضات نقدية عن الضرر أو المكسب المتحصل عليه، فغياب التعويض النقدي يبين الجانب غير المدمج في السوق للتكاليف الاجتماعية المتمثلة في مجموع الآثار التي يتحملها المجتمع من طرف قيام أحد المتعاملين بنشاط اقتصادي معين[1].

2. نظرية كوز (المساومة): يرى الاقتصادي كوز(1960)، أن مشكلات التلوث تنجم عن غياب حقوق الملكية المرتبطة باستخدام الموارد البيئية ، لهذا فإن الحل حسبه يكمن في إقرار حقوق ملكية خاصة للموارد البيئية، تكون واضحة ودقيقة، بحيث تكفل الحد من ظاهرة الآثار الخارجية السلبية للتلوث دون الحاجة لتدخل الدولة، وهذا لن يتأتى (حسب كوز) إلا عن طريق المساومة أو التفاوض بين طرفي المشكلة، أي بين المنشآت المسببة للتلوث والمتضررين منه.

ولتوضيح أكثر لهذه النظرية نأخذ المثال الآتي:[2]

نفترض أن هناك منشأة صناعية تتخلص من مخلفاتها في النهر المجاور لها، مما يؤدي إلى الإضرار بالمزارعين الذين يستخدمون النهر في سقي مزروعاتهم، وفي هذه الحالة نكون بصدد الآثار الخارجية السلبية الناجمة عن التلوث الذي سببته المنشأة، وإذا كانت حقوق ملكية النهر لصالح المتضررين من التلوث أي المزارعين، فإنه يتوجب على المنشأة دفع مبالغ مالية لهم كتعويض عن الأضرار التي تصيبهم من جراء التلوث.

أما إذا كانت حقوق ملكية النهر لصالح المنشأة، فإنه يتوجب على المتضررين من التلوث أن يدفعوا لها تعويضات مالية، لكي تحد من تلوثها، الا ان أسلوب المساومة الذي اقترحه كوز، لا يمكن اعتماده، بحيث كيف يقومو ضحايا التلوث بتقديم تعويضات للمنشأة كي تحد من التلوث أمر ينافي المنطق، أي كيف يتحمل المتضرر تكاليف التلوث الذي لم يتسبب فيه، وعليه فإننا نستخلص أن ضرورة التدخل الحكومي للحد من التلوث وتقييم آثاره الخارجية تبدو ضرورة ملحة.

المطلب الثاني: التلوث البيئي

التلوث ظاهرة بيئية قديمة، ولكنها برزت وتأصلت بصورة رهيبة في النصف الثاني من القرن العشرين، كأثر للتقدم العلمي والتقني الذي ساد العالم، فالتلوث البيئي قديم وملازم للإنسان، بسبب الظواهر الطبيعية كالزلزال والبراكين

[1] ستيفن سميث، ترجمة إجي بنداري، الاقتصاد البيئي مقدمة قصيرة جدا، مؤسسة هنداوي للتعليم والثقافة، الطبعة الأولى، 2014، ص 24.

[2] مسعودي محمد، دور الجباية في الحد من التلوث البيئي، أطروحة الماجستير في فرع العلوم الاقتصادية تخصص اقتصاد وتسيير البيئة، جامعة قاصدي مرباح ورقلة، 2014/2013.ص 99.

والسيول، إلا ان ذلك النوع من التلوث كان ضئيلا وبالقدر الذي تستطيع معه العوامل والدورات الطبيعية أن تعيد التوازن بحيث لا يترك ذلك التلوث آثارا تكون ضارة على الانسان أو الحيوان أو النبات.

أولا: مفهوم التلو ت البيئي و مظاهره

1.مفهوم التلوث البيئي: يحدث التلوث نتيجة إلقاء النفايات للتخلص منها مما يفسد البيئة ونظافتها بحيث يحدث تغير وخلل في الموازنة التي تتم بين العناصر المكونة للنظام الإيكولوجي بحيث تشل فعالية هذا النظام وتفقده القدرة على التخلص الذاتي من الملوثات بالعمليات الطبيعية،[1] وقد تعددت التعاريف التي تقف عند مفهوم التلوث نذكر أهمها:

- **منظمة التعاون الاقتصادي:** "هو قيام الانسان بطريقة مباشرة وغير مباشرة بإضافة موارد أو طاقة الى البيئة، يترتب عليه آثار ضارة يمكن أن تعرض صحة الإنسان للخطر".[2]
- **تعريف المشرع الجزائري:** "هو كل تغير مباشر وغير مباشر للبيئة، يتسبب فيه كل فعل يحدث أو قد يحدث وضعية مضرة بصحة وسلامة الانسان، النبات، الحيوان، الهواء، الماء، الأرض، والممتلكات الجماعية والفردية".[3]
- **المفهوم الاقتصادي للتلوث:** إن عدم قابلية السوق على تخصيص الموارد على نحو كفء يشار إليه بفشل السوق (Failure Market)، فقوى السوق لا تعظم المنافع الاجتماعية من خلال مساواة المنافع الحدية الاجتماعية مع التكاليف الحدية الاجتماعية، على سبيل المثال إن استعمال السيارة لا يتضمن فقط تكاليف خاصة وإنما تكاليف خارجية أيضا، فالانبعاثات الغازية الناجمة عن استعمال السيارة والتي تشمل مونوكسايد الكربون و الهيدرو كربون وأكاسيد النيتروجين هي السبب الأساس في تلوث الهواء وبالفعل فإن الناس الذين يقودون السيارات كانوا قادرين أن يستعملوا موردا ثمينا وهو الهواء النقي أو النظيف بدون أن يواجهوا أي تكاليف.

2. مظاهر التلوث و أنواعه

للتلوث ثلاثة مستويات فقد يكون التلوث غير خطر وهو التلوث المنتشر فوق سطح الكرة الأرضية ولايخلو أي غلاف جوي منه حيث يمكن للإنسان التعايش معه دون التعرض للضرر أو المخاطر، ويندرج التلوث المسبب للآثار السلبية التي تؤثر على الإنسان والبيئة ضمن مستوى التلوث الخطر والذي يرتبط بأشكال النشاط الاقتصادي والصناعي الحديث، أما المستوى الثالث فيعبر عن التلوث المدمر والذي يحدث فيه انهيار للبيئة والإنسان معا ويرتبط هذا النوع من التلوث بالتقدم التكنولوجي المتصل بالتطور في مجال الصناعات النووية والإشعاعية وإذا ما حدث فيكون ذلك دون سابق إنذار ويلزمه سنوات طويلة للإصالح وبتكاليف باهضة.[4]

أما أنواع التلوث فتندرج بصفة عامة ضمن الأشكال التالية:[5]

---

[1] الخفاف عبد علي، ثعبان كاظم خضير، مرجع سابق، ص 52.
[2] عمار خليل التركاوي، «**القوانين والتشريعات المنظمة للإدارة البيئية**»، المؤتمر العربي الثالث للإدارة البيئية، الاتجاهات الحديثة في ادارة المخلفات الملوثة للبيئية، منشور، مصر، 2004، ص 45.
[3] الجريدة الرسمية للجمهورية الجزائرية، **قانون رقم 03-10 المتعلق بحماية البيئة في إطار التنمية المستدامة**، المؤرخ في 20 جويلية 2003 .
[4] زواوية أحلام، مرجع سابق، ص 43.
[5] مرجع نفسه، ص ص 43-44.

1.2.تلوث الهواء: ويعرف بأنه إضافة أي مادة سواء بصفة مباشرة أو غير مباشرة إلى الغلاف الجوي بالكمية التي تؤثر على تركيبته بحيث ينجم عنها آثار ضارة على الإنسان والبيئة والأنظمة البيئية والموارد الطبيعية.

2.2.تلوث المياه: يعرف على أنه وجود الملوثات والشوائب في المياه، بشكل يعيق استعمال المياه للأغراض المختلفة كالشرب والري وغيرها.

3.2.تلوث الترتة: تعتبر التربة مصدرا للخير والثمار ومن أكثر العناصر التي يسيء الإنسان استخدامها فهي المصدر الرئيسي للغذاء، ويكون تلوث الأراضي بالفساد الذي يصيبها فيغير صفاتها وخواصها الطبيعية أو الكيميائية أو الحيوية بشكل يجعلها تؤثر سلبا على باقي الكائنات الحية.

4.2.تلوث الغذاء: وهو تلوث المواد الغذائية مما يؤدي لتلفها بسبب تعرضها لجملة من الجراثيم والمواد الكيميائية أو الإشعاعية.

5.2.التلوث بالضوضاء: وهي الضوضاء التي تزيد عن الحد الذي يسبب الأذى والضرر للإنسان والحيوان والنبات وكل مكونات البيئة، إضافة لأنواع أخرى من التلوث البيئي كالتلوث البصري والتلوث الإشعاعي والتلوث بالبلاستيك وغيرها.

ثالثا:أسباب التدهور البيئي

من أهم الأسباب التي تؤدي الى تدهور الأنظمة البيئية والتأثير على الكائنات الحية تتمثل في ما يلي:[1]

- **التأثيرات الفيزيائية:** كالدقائق الصلبة العالقة في الجو أو التربة أو الماء، والطبقات الزيتية على سطح الماء والتي تعيق تشبع الماء بالأكسجين؛
- **التأثيرات الكيمياوية السامة:** وهي الناتجة عن بعض المواد السامة التي تحدث تأثيرات فيزيولوجية مباشرة بعد تراكمها إما على التربة أو النبات أو الحيوان أو الإنسان.
- **تأثيرات الأكسدة:** والتي يسببها تفاعل البكتريا أو بسبب الأكسدة الكيميائية للمواد العضوية أو غير العضوية حيث يقللان من تركيز الأكسجين المذاب في الماء؛
- **تأثيرات النظائر المشعة:** الناتجة عن تراكم المواد المشعة التي تسبب تغيرات مفيدة وأحيانا ضارة جدا في جسم الإنسان.

رابعا: آليات الوقاية من آثار التلوث

هي تلك الطرق التي يمكن من خلالها منع حدوث التلوث بأي صورة من صوره المختلفة وهي:

1.الاجراءات الوقائية: هي مجموعة التدابير التي تتفق عليها الدول في شكل أحكام ولوائح وقوانين وتشريعات من خلال الهيئات والمنظمات الدولية، ومن خلال المؤتمرات الدولية والندوات المحلية، ويتبلور التعاون الدولي على شكل عدد من الهيئات والمنظمات الدولية (الاتحاد الوطني للحفاظ على البيئة والمصادر الطبيعية، والمنظمة الإقليمية لحماية البيئة)، إضافة لبعض الإجراءات الردعية والتشريعات القانونية والتي تكون موجهة نحو أهداف معينة كالمحافظة على سلامة الهواء

[1] قدي عبد المجيد، منور أوسرير، محمد حمو، الاقتصاد البيئي، دار الخلدونية للنشر والتوزيع، ط 9 ،الجزائر، 2010، ص 72.

والماء والتربة، وهي الضرائب البيئية المفروضة على الملوثين، تعتبر من أهم الوسائل الاقتصادية للتدخل الحكومي الرامي إلى الحد من التلوث،

2.الطرق البديلة: وهي الطرق التي يمكن استخدامها دون أن ينتج عنها ملوثات سواء كانت سائلة، غازية أم صلبة، فهي تشمل جميع مصادر الطاقة المتجددة النظيفة التي يمكن استخدامها بدلا عن المصادر التقليدية المعروفة والتي تتميز بتلويثها للبيئة

المطلب الثالث: الآثار البيئية للطاقات التقليدية (الاحفورية)

الطاقة هي عصب الحياة، حيث اصبح معدل استهلاكها مؤشرا للتقدم والتنمية البشرية، فقد ساهمت في النهضة الصناعية للعديد من المجتمعات والتي بدورها ساعدت في التنمية والابداع ورفاهية المجتمع، ورغم منافعها المتعددة الا انها لها تأثيرات كبيرة على التوازن البيئي، وتتفاوت هذه الاضرار الطبيعية والبيئية الناتجة عنه باختلاف نوع المصدر الطاقوي وطريقة الاستخراج التي تصاحبها مخرجات تساهم في التلوث البيئي، كذا نقل هذه المصادر من مكان الى آخر ، ومرحلة الاستهلاك (الاحتراق) لتوليد الكهرباء.

أولا: الاثار البيئية للبترول

1.الاثر البيئي لعملية الاستكشاف والاستخراج:

يتم استخراج النفط من مكامن الحفر، وتتطلب هذه العملية تكنولوجيا عالية من اجل الاستكشاف والتنقيب ثم مرحلة الاستخراج، وتكون المرحلة الاخيرة مصاحبة لانبعثاتات غازية ومخلفات بيئية، بحيث يكون النفط المستخرج ممزوج بكميات من الماء والملح مما يتطلب فصلهما قبل نقله وتقطيره، ونظرا لاستحالة عملية الفصل التام للماء يبقى دائما جزء من النفط عالقا بالماء، الذي يسرب في البيئة عن طريق المياه الملوثة ويؤدي الى أضرارا في البيئة، وقوع حوادث اثناء الاستخراج مما ينجم عنه أضرارا كبيرة في البيئة، مثل ما وقع في بحر الشمال عندما حصل اندفاع كبير في تدفق النفط يشبه لانفجار عام 1977، وادى الى تلوث حاد في مياه لبحر نتيجة لاندفاع كميات كبيرة حوالي 2500 طن من النفط الخام بسبب تحطم انابيب الضخ في القاعدة البحرية بالدانمارك.[1]

2.الأثر البيئي لعملية النقل

يتم نقل البترول عن طريق المجاري البحرية بواسطة سفن خاصة (الناقلات)، وتعد لذلك موانئ مجهزة بمجموعة من الأنابيب والمضخات التي تستخدم في شحن هذه الناقلات، وهذا يؤدي الى انعكاسات بيئية تتمثل في:

- موانئ الشحن تعتبر اكثر المناطق تلوثا؛
- احتمال وقوع الحوادث للناقلات في البحر والمحيطات عند نقل البترول بين القارات وهذا يؤدي الى كوارث بيئية؛
- تؤثر التسريبات النفطية على صحة الانسان والكائنات الحية المتواجدة في مكان التسرب مثل ماحدث في سواحل فرنسا عام 1978، عندما غرقت ناقلة البترول العملاقة" اموكو كاديز" حيث ادى هذا الحادث الى تدفق

[1] احمد مدحت إسلام، **الطاقة وتلوث البيئة**، دار الفكر العربي، مصر، 1999، ص17.

أكثر من 220 الف طن من البترول مكون بقعة هائلة، وقد ساهمت الرياح والتيارات البحرية في اتساع رقعة الكارثة البيئية.

3. الآثار الناجمة عن إستخدام البترول

إن عملية حرق البترول ينجم عنها أثار بيئية خطيرة قد تصل إلى تهديد المناخ وتغير الحياة على كوكب الأرض من أهمها ما يلي:

- ظاهرة الأمطار الحمضية ودخان المدن سببها المباشر هو عملية احتراق البترول؛
- ارتفاع درجة حرارة الارض او مايعرف بظاهرة الاحتباس الحراري من جراء انبعاثات ثاني اكسيد الكاربون، ان احتراق مليارات الاطنان من الوقود الأحفوري يضيف 20 مليار طن من ثاني اكسيد الكاربون في الغلاف الجوي سنويا، وهي كمية تمثل 0.7% من كمية الغاز الموجوة طبيعيا الموجودة في الجو[1]، كما ان تأثير اكسيد النتروجين على طبقة الأزون يساهم في تدهور وتغيير النظام الإكولوجي.

ثانيا: الآثار البيئية للغاز الطبيعي

يعد الغاز الطبيعي من أنظف المصادر الطاقوية الاحفورية مقابل الفحم والنفط ، لأنه يتكون من الميثان بنسبة 90%، ولا يسبب استخراجه ضررا للبيئة، الا اذا حدث انفجار في محطة الاستخراج وهي غالبا ما تحدث، أو اذا كان محتوى الغاز الطبيعي القليل من كبريتيد الهيدروجين، ومن أهم مخاطر المترتبة عن استخدام الغاز الطبيعي نذكر ما يلي:

- معدلات الوفيات للغاز الطبيعي المرتفعة مقارنة بالمصادر الأخرى؛
- حوادث الحرائق والانفجارات في أثاء التفريغ و النقل؛

ثالثا: الآثار البيئية للفحم

تبدأ مشكلة التلوث المرتبطة بالفحم ابتدا من عملية الانتاج وذلك من خلال:

- ينتج عند احتراق الفحم أكسيد الكبريت وأول اكسيد الكاربون و الهيدروكاربونات، الأجسام المتطايرة كالغبار، ونظائر المشعةفي الهواء، والأجسام الصلبة كالنفايات المتبقية بعد عملية الحرق؛[2]
- تسرب الملوثات الى المياه الجوفية، ومخاطر على صحة العاملين في هذه الصناعة
- عادة ما تكون مناجم الفحم بعيدة عن مناطق الاستهلاك، لذا من ضروري نقله الى مناطق الاستخدام، وقد يحدث التلوث اثناء ذلك، حيث تصبح الموانئ غير صالحة لنقل أغراض أخرى نتيجة تطاير غبار الفحم؛
- تسبب عملية الاستخراج حوادث عنيف قد تؤدي الى وفايات في صفوف العمال.

رابعا:مظاهر التلوث البيئي للمصادر الطاقوية التقليدية

[1] المرجع السابق، ص 37.
[2] فرج عبد العزيز، عزت، **اقتصاديات الصناعة والطاقة**، الدار الهندسية، مصر، ص 316.

تؤثر المصادر التقليدية على البيئة من خلال (تلوث المياه والمخلفات الصلبة، الزيادة في ظاهرة الإحتباس الحراري) وهي:[1]

1. **تلوث المياه:** يؤثر استخدام البترول سلبا على النظم البيئية البرية والبحرية، حيث يحتوي زيت البترول على مواد عظوية سامة تؤثر على الكائنات الحية تتمثل في المركبات الهيدروكربونات المسببة للسرطان، ناهيك عن إمكانية تعرض الأماكن الساحلية والشواطئ من خطر تسريب بقع النفط التي تحدث في عرض البحر ودائما ما تجلبها التيارات الهوائية فيؤثر سلبا على النظام البيئي البري والبحري، كما أن الكميات الكبيرة للمياه التي تحتاجها مصافي البترول للتبريد وعمليات الغسيل ثم اعادتها لمصادر المياه فتكون عرضة لملوثات البترول المشعة
2. **الملوثات الصلبة:** تحتوي مادة البترول الخام على بعض المواد الصلبة كالرمال والأوحال التي تتسرب عادة من أسفل الخزان، إضافة الى المخلفات الصلبة من وحدات التكرير كفحم الكوك، الصدأ والترسبات وتعد من ملوثات البيئة الصلبة الناجمة عن عمل المصافي
3. **الاحتباس الحراري:** عملية احتراق الوقود الأحفوري تؤدي الى زيادة انتشار غاز ثاني أكسيد الكربون وبخار الماء، والميثان واكسيد النتروجينن ومركبات الكلور والفلور والكاربون، حيث تشير الإحصائيات إلى أن أكثر من40% من ثاني أكسيد الكربوف المنبعث في العالم يكون مصدره الوقود الأحفوري بعد الفحم الحجري.

المطلب الرابع: الآثار البيئية الناجمة عن استخدام الطاقات المتجددة

رغما ما يحققه استخدام مصادر الطاقة المتجددة من منافع عديدة الا أنه في المقابل توجد العديد من الآثار الإيكولوجية المترتبة عن استخداماتها في عديد المجلات، ويتم التطرق اليها لكل مصدر على حدى وتتمثل هذه الآثار في ما يلي:

أولا: آثار الطاقة الشمسية

بالرغم من أن استخدام الطاقة الشمسية لا ينجم عنه انبعاثات غازية في الجو، ولا ضوضاء، كما تعمل على تخفيض العبء على الطاقات الكهربائية التقليدية،[2] الا انها لا تخلو من نقائص قد تضر بالبيئة نذكر أهما:

1. **ارتفاع تكاليف إنتاج الطاقة الشمسية:** إن تجميع الطاقة الشمسية واستخدامها يمثل أكبر العوائق لانتشارها وهي:
   - تكلفة معدات و أنظمة التكنولوجيات الطاقة الشمسية لأجهزة استخدامها تعتبر أول عائق يحول دون استخدامها؛
   - تتطلب الأنظمة الشمسية مساحات شاسعة ودائمة لوضع الأجهزة المجمعة قد يتعذر في بعض الأماكن من الأرض؛
   - تتاثر المرايا العاكسة للمجمعات الشمسية للأتربة والمواد العالقة في الجو، مما ينبغي تنظيفها بشكل دوري، وقد يعرض هذا العمل الى ضهور خدوش على الاسطح، وبالتلي تقليل الاستخدام الكفء للطاقة الشمسية.

[1] محمد موسى الجبورى، **النظام القانوني لعقد الاستثمار في تصفية النفط الخام**، دار الجامعة الجديدة للنشر الإسكندرية، 2013. ص87.
[2] محمد ماهر محمود، **الطاقة المتجددة ومجالات استخداماتها في مصر**، الهيئة العامة امصرية للكتاب، مصر، 1992، ص 102.

ثانيا: آثار طاقة الرياح

لا يمكن ان نقول بان طاقة الرياح لا تؤثر بالسلب على البيئة بشكل مطلق فلها بعض الآثار يجب ان تاخذ في الحسبان تتمثل في:

- تساعد طاقة الرياح في نقل الرياح الرمال من الصحراء للمناطق الزراعية فتساعد في إنتشار ظاهرة التصحر؛
- تتطلب مساحات كبيرة من الارض ويرى العديد من الناس انها تؤثر على الجانب الجمالي للبيئة وهو من أشكال التلوث البصري؛
- تعمل على نقل الفيروسات والميكروبات المسببة للعديد من الأمراض التي تصيب الكائنات الحية؛
- تولد توربينات الرياح ازعاج كبير عند بناءها قرب التجمعات السكنية التي يصدر عنها ضوضاء؛
- تأثير محطات الطاقة الهوائية على حياة الطيور عند طيرانها في انصاف التوربينات، بالإضافة الى مشكلة التعرض الى الحياة البرية (بسبب حقولها وخطوط نقلها).[1]

ثالثا: التأثير البيئي للطاقة الكهرومائية

تعتبر الطاقة الكهرومائية طاقة نظيفة، لكن الخبراء لهم رأي آخر في ظهور بعض المؤثرات البيئية تتمثل فيما يلي:[2]

- تعمل مياه السدود والانهار عند حدوث الفياضنات على تدمير المدن والقرى المجاورة وهجرة الانسان؛
- إن تعفن النباتات في خزانات مياه السدود قد تشارك في ظاهرة الاحتباس الحراري من خلال طرح بعض الغازات، كما قد يتحول الزئبق من الحالة الصلبة في الصخور الى الحالة السائلة من جراء ذلك، فيتراكم في انسجة الاسماك وبالتالي خطر على صحة الانسان، كما تساعد مياه السدود في انتشار الاوبئة كالملاريا؛
- موت الكائنات الحية التي تعيش في السدود نتيجة الفرق في درجات الحرارة بين وسط السد ومجرى الانهار؛

رابعا: التأثيرات البيئية للطاقة الحيوية

إن استبدال بعض من الوقود الاحفوري بالوقود الحيوي يقلل نسبة التلوث البيئي من خلال تقليل انبعاثات ثاني أكسيد الكاربون غير ان استعمالاتها لها العديد من الأثار البيئية نذكر منها:[3]

- الإختلال في التوازن البيئي نتيجة عدم التوافق بين استهلاك النباتات وقطع الاشجار وزرع البديل عنه؛
- تتطلب الطاقة الحيوية مساحات شاسعة من الاراضي وتوسيعها يهدد النظام البيئي، لاسيما حرق الغابات يؤدي الى الزيادة في الانبعاثات الحرارية؛

---

[1] سمير سعدون مصطفى، بلال عبد الله ناصر، محمود حضر سلمان، **الطاقة البديلة مصادرها استخداماتها**، دار اليازوري العلمية للنشر والتوزيع، الاردن الطبعة الاولى، 2011، ص 235.

[2] مرجع نفسه.

[3] هانز جواكيم باركمان وآخرون، قدرات الكتلة الحيوية في بلدان حوض المتوسط، الجمعية البرلمانية للاتحاد من اجل المتوسط، لجنة الطاقة والبيئة والمياه، ص 05 من الموقع:
-http://www.europarl.europa.eu/intcoop/empa/pdf/energie_draft_report_biomasse_plus_amendments_ar.pdf
تاريخ الاطلاع 2020/05/20.

- انا احتراق الكتلة الحيوية الصلبة بكميات كبيرة تعتبر اخطر من عملية احتراق الوقود الاحفوري في حد ذاته نتيجة انبعاثات الغازات الضارة كأكسيد الكاربون وثاني أكيسد الكبريت؛
- استخدام المخلفات العضوية الحيوية كمصدر طاقوي قد يحرم الأراضي الزراعية من الأسمدة مما يقلل من جودة المحاصيل الزراعية وتآكل التربة.

خامسا: التأثيرات البيئية لطاقة الحرارة الجوفية

ان الطاقة الحرارية طاقة نظيفة مقارنة بالمصادر الأخرى الأحفورية، غير انها لاتخلو من بعض التاثيرات على البيئية تتمثل في:[1]

- **الضوضاء:** يكون الضجيج مرتفع عند خروج البخار أثناء القيام بعمليات الحفر والتجربة؛
- **تسريبات المخلفات السائلة:** يتم رمي المخلفات السائة عند الحفر لوجود مناطق تسريب واسعة؛
- **ترسب السوائل المستخرجة:** ان الحفر المتواصل يخلف ترسبات للسوئل والغازات الملوثة غير المكثفة كثاني أكسيد الكربون مع كميات قليلة من كبريتيد الهيدروجين على المدى الطويل، كما يوجد في الماء الحراري(المعادن الثقيلة، كلوريدات الصوديوم والبوتاسيوم)، لذا يجب ان تحتوي الآبار على عدة طبقات من الانابيب والاغلفة لمنع الماء الحار المستخرج من الارض من ان يخلط بالمياه الجوفية العادية؛[2]
- **الحوادث اثناء التجارب:** هي نادرا ما تحث الا ان حدوثها له اثر كبير على البيئة؛
- **خطر الانهيارات الارضية:** تتولد في بعض الاحيان هزات ارضية صغيرة، قد تتسبب في الانهيارات الارضية، لذا من المستحسن يتم استغلالها بعيدة عن الاماكن العامة.

عموما تعد الطاقة الحرارية لجوف الارض اقل تلوثا بكثير من مصادر الطاقات التي تستخدم الوقود الاحفوري.

سادسا:أثار طاقة الهيدروجين:

ليس بالأمر السهل للحصول عل الهيدروجين نظرا لارتفاع تكلفته مقارنة مع المصادر الاخرى، إن المصدر الرئيسي لهييدروجين هو الغاز الطبيعي يترتب عنه انبعاثات عند استخدام الغاز في الانتاج ويتوقع انتاج الهيدروجين مستقبلا من استخدام الطاقة المتجددة خاصة طاقة الرياح والطاقة الشمسية، بإنتاج الكهرباء واستخدام التيار الكهربائي من أجل فصل الماء إلى مكوناته الهيدروجيف والاوكسجين عن طريق تقنية كهربائي، غير أن هذ الأسلوب مكلف وكفاءته منخفضة ويحتاج لوقت ولجهد كبير.[3]

[1] شير صبحي أحمد، طاقة الحرارة الجوفية، ص 227 من الموقع:
https://download-engineering-pdf-ebooks.com/10716-free-book تاريخ الاطلاع 2020/06/17
[2] سمير سعدون، نفس المرجع السابق، ص 61.
[3] مهدي احمد رشيد، جغرافيا النفط، الجنادرية للنشر والتوزيع، عمان 2014، ص 245.

المبحث الثالث: الكفاءة الاستخدامية للمصادر الطاقوية ضمن متطلبات التنمية المستدامة

تلعب الطاقة دورا هاما في التنمية المستدامة، حيث أنها تشكل عصب الاقتصاد العالمي وتسهم في تحقيق الاستدامة الاجتماعية والاقتصادية والبيئية. ومن الناحية البيئية، فإن استخدام الطاقة يترتب عليه انبعاث العديد من الغازات الدفيئة وتلوث الهواء والمياه، مما يؤثر سلباً على البيئة والصحة العامة. ولذلك، فإن التنمية المستدامة تسعى إلى تعزيز استخدام الطاقة المتجددة وتحسين كفاءة استخدام الطاقة التقليدية، مما يساهم في تقليل الإنبعاثات الضارة وتحسين جودة الهواء والماء.

المطلب الأول:الطاقة وتحدياتها لاغراض التنمية المستدامة

لقد إحتل موضوع الطاقة الصدارة في مؤتر القمة العالمي حول التنمية المستدامة الذي عقد بجوهانسبرغ عام 2002 مفاده تأكيدا إلتزام الدول بمواصلة العمل لتحقيق ما تضمنه مؤمتر الأمم المتحدة حول البيئة والتنمية المنعقد بريو دي جانيرو عام 1992، الذي حدد العلاقة بين البيئة والتنمية ضمن خطة دولية عرفت باسم جدول أعمال القرن الواحد والعشرين، لاسيما قضايا حماية الموارد وكفاءة إدارتها، ومن اجل التغلب على التحديات التي يواجهها العالم في وضع الطاقة في إطارها الصحيح بالنسبة لعملية التنمية المستدامة، يتوجب على كل دولة أن تسعى قدما لتحقيقها وفقا لظروفها وخصوصيتها، وذلك بوضع مختلف الإستراتيجيات والسياسات والتدابير اللازمة، لمعرفة هذه التحديات يجب التطرق الى التنمية المستدامة لمعرفة ماهيتها، الجذور التاريخية لها، المبادئ وابعادها.

أولا:ماهية التنمية المستدامة

التنمية المستدامة مصطلح متداول في مختلف الاوساط الاقتصادية و الاجتماعية والسياسية فلقد تبلور مفهوم التنمية المستدامة نتيجة لتراكمات معرفية سابقة فلقد واكب مفهومها المستجدات الحاصلة على المستوى العالمي، وتتجلى أهمية هذا النوع من التنمية من خلال ما تصبوا إليه من أهداف وما ترتكز عليه من مبادئ، غير أن تحقيقها يحتاج إلى تغييرات جذرية في الأنظمة التي تشمل الأبعاد الاقتصادية والاجتماعية وحتى البيئية.

1.الخلفية التاريخية للتنمية المستدامة

1.1.الفترة 1950–1987: لقد تم نشر أول تقرير حول البيئة من طرف الاتحاد العالمي للحفاظ على الطبيعة (UICN)، ويهدف هذا التقرير إلى دراسة حالة ووضعية البيئة في العالم، وقد أعتبر هذا التقرير رائدا خلال تلك الفترة في مجال المقاربات المتعلقة بالمصالحة والموازنة بين الاقتصاد والبيئة في ذلك الوقت،[1] فقد صادفت هذه الفترة عدة محطات نذكر ما يلي:

- إنشاء نادي روما سنة 1968، من اجل إجراء أبحاث تخص مجالات التطور العلمي لتحديد حدود النمو في الدول المتقدمة؛

[1] Catherine Aubertin et Franck Dominique VIVIE, Le Développement durable enjeux politiques économiques et sociaux, La documentation française, IRD Edition, Paris 2005, p. 45.

- في سنة 1972 تم انعقاد قمة الأمم المتحدة حول البيئة في ستوكهولم بمشاركة 115 دولة، وقد تم خلالها عرض مجموعة من القرارات اهمها ضرورة الترابط بين البيئة والتنمية الاقتصادية، والتنبيه للأخطار التي تهدد البيئة وضرورة الاهتمام بشؤون الارض؛[1]
- في سنة 1980 استعمل مصطلح التنمية المستدامة (Sustainable Development)، لأول مرة في التاريخ من طرف الاتحاد العالمي للحفاظ على الطبيعة Union، في تقرير حول الاستراتيجية الدولية للمحافظة على البيئة؛
- في سنة 1982، وضع برنامج الأمم المتحدة للبيئة تقريرا حول حالة البيئة العالمية، وبرزت أهميته في أنه بني على وثائق علمية وبيانات إحصائية أكدت الخطر المحيط بالعالم، وأشار هذا التقرير أن إلى أكثر من 25 ألف نوع من الخلايا النباتية والحيوانية في طريقها إلى الانقراض، وان هناك الكثير من الكائنات تكون قد اختفت نهائيا نتيجة للتدهور البيئي الذي صاحب الثورة الصناعية؛
- في سنة 1983، أقرت الجمعية العامة للأمم المتحدة بإنشاء اللجنة العالمية للبيئة والتنمية (CMED) وعينت رئيسة وزراء النرويج رئيسا لهذه اللجنة (Gro Harlem Brundtland)؛
- في 27 أ فريل 1987 قدمت اللجنة العالمية للبيئة والتنمية التابعة للأمم المتحدة تقريرا بعنوان "مستقبلنا المشترك" حيث تكلم عن التنمية المستدامة بشكل مفصل، وتم خلاله بلورة أول تعريف دقيق لها، وأكد التقرير أنه لا يمكن الاستمرار في التنمية بالشكل الحالي ما لم تكن هذه التنمية قابلة للاستمرار من دون ضرر بيئي، أدركت هذه اللجنة والأجهزة التابعة لها أن هناك حاجة ماسة لتغيير مفهوم التنمية،[2] لذلك نبهت رئيسة وزراء النرويج (Brundtland Harlem) إلى مخاطر المشاكل البيئة العالمية المتفاقمة من عام لآخر نتيجة للنشاطات البشرية غير المسؤولة، وكذلك ضرورة محاربة كافة أشكال الفقر في العالم، ومختلف المشاكل الأخرى المتعلقة بشتى مجالات التنمية من الإنتاج والاستهلاك، ولهذا يعد تقرير برنتدلاند (Brundtland) نقطة التحول الأساسية لبلورة المفهوم المحدد والدقيق للتنمية المستدامة.

2.1.الفترة 1987–2002: في هذه الفترة اتضحت العلاقة المتبادلة بين البيئة والتنمية وبروز مفهوم التنمية المستدامة بشكل مؤسس وصريح من خلال تقرير اللجنة العالمية للبيئة والتنمية.

- **سنة 1992** تم عقد قمة الأرض الأولى برعاية من الأمم المتحدة حول البيئة والتنمية (CNUED) "بريو دي جانييرو" بالبرازيل،حيث تم وضع معاهدات للحد من التغير المناخي والحفاظ على التنوع البيولوجي، وكذلك تم الإعلان عن ميلاد ما سمي بميثاق الأرض* و إعداد ميثاق حول التغير المناخي وسمي بمعاهدة المناخ، وتم زيادة الوعي

---

[1] سهيلة زناد، **استراتيجية ترقية الكفاءة الاستخدامية لمصادر الطاقة البديلة لاستخلاف الثروة البترولية وفق ضوابط الاستدامة، دراسة حالة الطاقة الشمسية في الجزائر**، اطروحة مقدمة لنيل شهادة الدكتوراه علوم تخصص علوم اقتصادية، جامعة فرحات عباس سطيف1، 2018/2017، ص 182.

[2] فوزي عبد الرزاق وكاتية بوروبة، **التنمية المستدامة ورهانات النظام الليبرالي بين الواقع والأفاق المستقبلية**، مداخلة ضمن المؤتمر العلمي الدولي: التنمية المستدامة والكفاءة الاستخدامية للموارد المتاحة ، المنعقد ب كلية العلوم الاقتصادية وعلوم التسيير، جامعة فرحات عباس، 08/07 أفريل 2008، منشورات مخبر الشراكة والاستثمار في المؤسسات الصغيرة والمتوسطة في الفضاء الأورومغاربي، دار الهدى للطباعة والنشر، عين مليلة، 2008 ، ص8

* ميثاق الأرض الذي يحدد المبادئ التي يجب على شعوب العالم الالتزام بها في العلاقات فيما بينها.

العالمي بالمسائل البيئية ، وحمائية للبيئة من أخطار التلوث، وتم التأكيد على مفهوم التنمية المستدامة، بهدف أن لا يكون التقدم الاقتصادي الحالي على حساب تعريض مستقبل الأجيال القادمة للخطر؛

- **سنة 1995** انعقدت أول دورة لمؤتمر الأطراف الموقعة على المعاهدة السابقة في برلين، حيث تم التأكيد على أنه في غياب سياسات محددة لمعالجة ظاهرة التغير المناخي فإن معدل درجة حرارة الأرض سوف يرتفع بحوالي درجتين مئويتين مقارنة بعام 1990 وذلك بحلول سنة 2000؛
- **سنة 1997** تم إقرار" بروتوكول كيوتو" باليابان الذي هدف إلى الحد من انبعاث الغازات الملوثة للبيئة والتحكم في كفاءة استخدام الطاقة في القطاعات الاقتصادية المختلفة، وزيادة استخدام نظم الطاقات الجديدة والمتجددة؛[1]
- **سنة2001** انعقاد مؤتمر مراكش بالمملكة المغربية والذي حضرته 167 دولة وغابت عنه الولايات المتحدة الامريكية ووعدت أغلبية الدول بالمصادقة على بروتوكول كيوتو، وبالتالي تم إنقاذه من الحل خاص أن هذه الأخيرة تعتبر أكبر ملوث في العالم بنسبة تصل إلى ربع انبعاثات أكسيد الكربون في العالم.

3.1.فترة ما بعد سنة 2002: تم إنعقاد عدة مؤتمرات أهمها:

- المؤتمر الدولي لمواجهة التغيرات المناخية سنة 2007 باندونيسيا، تطرق الى العديد من المشاكل البيئية الخطيرة أهمها ارتفاع درجة حرارة الأرض بشكل كبير بسبب الاحتباس الحراري .
- قمة المناخ "بكوبن هاغن" سنة 2010، تم تحديد الخطوط العريضة للعمل من أجل محاربة التغير المناخي ومكافحة الاحتباس الحراري.
- مؤتمر ريو +20 مؤتمر الامم المتحدة للتنمية امستدامة، تم انشاء جمعية الامم المتحدة للبيئة، لتصبح الهيئة رفيعة المستوى في لعالم لصنع القرار بشان البيئة، تجتمع جمعية البيئة لتحديد اولويات السياسات البيئية العالمية وتطوير القانون البيئي الدولي؛
- سنة 2013 عقدت فعاليات استثنائية في نيويورك حيث وافقت دول المنخرطة على عقد قمة رفيعة المستوى في سنة 2015 لاعتماد مجموعة جديدة من الاهداف والتي من شانها ان تبنى على الاسس التي حددتها الاهداف الانمائية للالفية
- سنة 2015 أصدرت قمة الأمم المتحدة للتنمية المستدامة جدول أعمال 2030[2] وأهداف التنمية المستدامة السابعة عشر[*].

---

[1] خبابة عبد الله، **"التنمية المستدامة المبادئ والتنفيذ من مؤتمر ريو دي جانييرو 1992 إلى مؤتمر بالي 2007"**، مداخلة ضمن المؤتمر العلمي الدولي: التنمية المستدامة والكفاءة الاستخدامية للموارد المتاحة ، المنعقد ب كلية العلوم الاقتصادية وعلوم التسيير، جامعة فرحات عباس، 08/07 أفريل 2008، منشورات مخبر الشراكة والاستثمار في المؤسسات الصغيرة والمتوسطة في الفضاء الأورومغاربي، دار الهدى للطباعة والنشر، عين مليلة، 2008، ص 75.

[2] مؤتمرات البيئة والتنمية المستدامة، الامم المتحدة من الموقع الالكتروني:
https://www.un.org/ar/conferences/environment.2023/07/08 تاريخ الاطلاع

[*] قرار اتخذته الجمعية العامة للامم المتحدة في 2015/09/25، بعنوان" تحويل عالمنا : خطة التنمية المستدامة لعام 2030"، تمثل هذه الخطة برنامج عمل لاجل الناس وكوكب الأرض ولأجل الازدهار، وهي تهدف أيضا الى تعزيز السلام العالمي ولقضاء على الفقر بجميع صوره وهو اكبر تحدي يواجه العالم، وهو شرط لا غنى عنه لتحقيق التنية المستدامة.

كل هذه القمم والمؤتمرات، و الإتفاقيات التي نجمت منها الملزمة وغير الملزمة، ساهمت في تطوير مفهوم التنمية المستدامة، ولهذا أعتبر مفهوم التنمية المستدامة أهم تطور في الفكر التنموي، وأبرز إضافة إلى أدبيات التنمية خلال العقدين الأخيرين.

2.مفهوم التنمية المستدامة

بعد التطرق إلى التطور التاريخي لظهور التنمية المستدامة، وشرح مختلف القمم والمؤتمرات العالمية التي ساهمت في بلورة مفهومها بشكل متواصل عبر الزمن سوف نحاول إعطاء مجموعة من التعاريف الشاملة والمتكاملة للتنمية المستدامة، ثم استنتاج أهم المبادئ التي تتميز بها.

1.2. تعريف التنمية المستدامة: لقد كان أول ظهور لمفهوم التنمية المستدامة في تقرير بروتدلاند للجنة الدولية للبيئة والتنمية للأمم المتحدة عام 1987 واكتسب بعدها أهمية بالغة، وقد كان للعديد من الأطراف الدور البارز في بلورة وتعميم هذا المفهوم، ان مصلح التنمية المستدامة يتكون من كلمتين هما:

- **التنمية:** هي عملية متكاملة ذات أبعاد اقتصادية، اجتماعية، ثقافية وسياسية، تهدف إلى تحقيق التحسن المتواصل لرفاهية جميع أفراد الدولة والتي يمكن عن طريقها حماية حقوق الإنسان وحرياته الأساسية.[1]
- **الإستدامة:** استدام من الفعل "دام" (دوما ودواما وديمومة)[2]، ولقد استخدم علماء الاقتصاد تعبير الاستدامة لإيضاح التوازن بين النمو الاقتصادي والمحافظة على البيئة ويطلق على التنمية المستدامة اسم" التنمية المتواصلة أو المستمرة"[3]، ويرجع الاختلاف الى الترجمات العربية لـ (development sustainable) (وتعني تنمية قابلة للإدامة مستمرة، قابلة للاستمرار، متواصلة ومستديمة)، وجميعها يستند إلى مبدأ الاستغلال الأمثل للموارد بطريقة لا تفسد قدرات الموارد الطبيعية لتستفيد منها الأجيال القادمة.[4]

فقد عرفت التنمية المستدامة تزاحما شديدا في تتحديد التعاريف والمعاني، ومن بين هذه التعاريف المتداولة على الساحة الدولية نذكر أهمها:

- **تعريف اللجنة العالمية للتنمية المستدامة (1987)** في التقرير المعنون "مستقبلنا المشترك والتنمية المستدامة": هي تلبية احتياجات الحاضر دون أن تؤدي إلى تدمير قدرة الاجيال القادمة على تلبية احتياجاتها؛

---

[1] زهرة روايقية، **تحسين كفاءة استخدام الطاقة من أجل تحقيق التنمية المستدامة في الاقتصاديات العربية**، أطروحة الدكتوراه الطور الثالث، علوم اقتصادية، تخصص تجارة دولية وتنمية مستدامة، جامعة 08 ماي 1945 قالمة، 2019، ص 33.

[2] مؤنس رشاد الدين، المرام، قاموس عربي عربي، دار الراتب الجامعية، لبنان، 2000 ،ص 369.

[3] محمد فرج محمد عبد الله البرقي، **تطور التنمية المستدامة، تعريفها وأبعادها وأهدافها من المنظور الوضعي والاسلامي**، مجلة وادى النيل للدراسات والبحوث الإنسانية والاجتماعية والتربوية، ص 550. من الموقع الالكتروني: تاريخ الاطلاع 2023/12/0.
https://journals.ekb.eg/article_295479_feba7d22e61ca00ddf2f40e0fdb1a615.pdf تاريخ الاطلاع 2023/08/08

[4] حامد الريفي، **اقتصاديات البيئة**، دار التعليم الجامعي، الإسكندرية، 2015 ،ص 257.

- **مؤتمر الامم المتحدة للبيئة و التنمية و المنعقد بريو دي جانريو سنة 1992**، عرفت التنمية المستدامة في المبدا الثالث"ضرورة إنجاز الحق في التنمية بحيث تتحقق على نحو متساوي بين الحاجات التنموية و البيئية لأجيال الحاضر و المستقبل؛[1]
- **تعريف منظمة الاغذية و الزراعة للتنمية المستدامة1989**: حددت التعريف في عناصر رئيسية هي (الموارد المتجددة في بيئتها، احتياجات الانسان الاجتماعية و الاقتصادية والتكنولوجيا، البيئة؛
- **تعريف المجلس العالمي للبيئة والتنمية**: هي" كل الإجراءات والعمليات المتناسقة والمتجانسة اللازمة لتغيير استغلال الموارد، اتجاهات الاستثمار، توجيه التنمية التكنولوجية والثغرات المؤسسية بما يضمن إشباع الحاجات والأنشطة الإنسانية الحالية والمحتملة مستقبل.[2]

من الملاحظ ان كل التعاريف تتفق في المضمون من خلال التركيز على ثلاثة ابعاد (الإقتصاية، اجتماعية، بيئية) وتتمثل في:

- **اقتصاديا**: على مستوى الدول المتقدمة تعني إجراء خفض في استهلاك الطاقة والموارد على مستوى الدول المتقدمة، أما بالنسبة للدول المتخلفة فهي تعني توظيف الموارد من أجل رفع مستوى المعيشة والحد من الفقر؛
- **اجتماعيا**: تتمحور حول الإنسان حيث تسعى من أجل استقرار النمو السكاني ورفع مستوى الخدمات الصحية والتعليمية خاصة في الريف؛
- **بيئيا**: تعني حماية الموارد الطبيعية والاستخدام الأمثل للأراضي والموارد المائية؛
- **تكنولوجيا**: استخدام تكنولوجيا صديقة للبيئة أي انتاج حدا أدنى من الغازات الملوثة والحابسة للحرارة.

بالنظر إلى التعريفات السابقة يمكن إعطاء تعريف شامل للتنمية المستدامة كونها"عملية تطور شامل أو جزئي ذات القدرة على الاستمرار وتعمل على استغلال الموارد الطبيعية بما يضمن تلبية احتياجات الأجيال الحالية ومع الأخذ بالحسبان احتياجات الأجيال المستقبلية وتأخذ بعين الاعتبار الابعاد الاقتصادية والبيئية والاجتماعي والتكنولوجية، وتعمل على حماية للبيئة والحد من تدهور البيئي باستخدام التقنيلت النظيفة".

3. أهداف ومبادئ التنمية المستدامة

تشتمل التنمية المستدامة على جملة من الأهداف والمبادئ، التي يمكن تسليط الضوء على أهمها من خلال ما يلي:

1.3.أهداف التنمية المستدامة: تسعى التنمية المستدامة إلى تحقيق جملة من الأهداف تتلخص في الجدول الآتي:

[1] Loïc chavveau, le développement durable produire pour tous, protéger la planète, petite encyclopédie rousse, (France, 2009) , edition3, p 10.

[2] سارة بوسعيود، **دور إستراتيجية مكافحة الفساد الاقتصادي في تحقيق التنمية المستدامة: دراسة مقارنة بين الجزائر وماليزيا**، مذكرة مقدمة لنيل شهادة الماجيستر، كلية العلوم الاقتصادية والتجارية وعلوم التسيير، قسم علوم التسيير، تخصص الاقتصاد الدولي والتنمية المستدامة، جامعة سطيف، الجزائر، 2012/2011 ،ص 42.

جدول رقم (09): أهداف التنمية المستدامة

الأهداف	أهداف التنمية المستدامة
تحقيق حياة أفضل للسكان	تتم من خلال عمليات التخطيط وتنفيذ السياسات التنموية ومحاولة والتركيز على الجوانب النوعية للنمو وليس الكمية فقط وبشكل عادل ومقبول ؛
تعزيز وعي السكان بالمشكلات البيئة القائمة	عن طريق تنمية إحساس السكان بالمسؤولية اتجاه البيئة وحثهم على المشاركة الفعالة في إيجاد حلول مناسبة للمشاكل التي تواجهها، من خلال مشاركتهم في إعداد وتنفيذ ومتابعة وتقديم برامج ومشاريع التنمية املستدامة.
احترام البيئة الطبيعية	والتعامل مع النظم الطبيعية ومحتواها على أساس حياة الانسان، وذلك عن طريق مقاييس الحفاظ على نوعية البيئة والاصلاح والتهيئة؛
الاستغلال العقلاني للموارد	تحقيق الاستغلال والاستخدام للموارد الطبيعية بشكل لا يؤدي الى استنزافها أو تدميرها.
ربط التكنولوجيا الحديثة بأهداف المجتمع	يتم من خلال توعية السكان بأهمية التقنيات المختلفة في المجال التنموي، وكيفية استخدامها لتحسين نوعية الحياة وتحقيق الإهداف المنشودة، دون أن يؤدي ذلك إلى مخاطر وآثار بيئية سالبة؛
التناسق بين القطاعات	تحقيق الاهداف والبرامج والتي تساهم في تلبية احتياجات الأجيال الحالية والمستقبلية؛
احداث التغير الفكري و السلوكي	من خلال وضع السياسات والبرامج التنموية وتنفيذها بكفاءة وفعالية

المصدر: من اعداد الباحثة اعتمادا على:

- سهيلة زناد، **استرتيجية ترقية الكفاءة الاستخداميةلمصادر الطاقة البديلة لاستخلاف الثروة البترولية وفق ظوابط الاستدامة، دراسة حالة الطاقة الشمسية في الجزائر**، اطروحة مقدمة لنيل شهادة الدكتوراه علوم تخصص علوم اقتصادية، جامعة فرحات عباس سطيف1، 2018، ص187.
- حامد الريفي، اقتصاديات البيئة، دار التعليم الجامعي، الإسكندرية، 2015. ص 276.

2.3.مبادئ التنمية المستدامة

تجسدت المبادئ من خلال المؤتمرات والاتفاقيات الدولية، وأهم هذه المبادئ تتلخص فيما يلي:[1]

- **الانتاج والاستهلاك المسؤول**: تجنب الهدر واستنفاذ الموارد؛
- **التضامن**: التضامن بين الدول، وخاصة علاقة(شمال، جنوب) وفي نفس الوقت بين الأجيال؛
- **المشاركة والالتزام**: الشراكة الفعلية بين كل فئات المجتمع التي تلعب دورا هاما في الإستدامة الاجتماعية، الاقتصادية والبيئية لعملية التنمية؛
- **حماية البيئة**: لحماية البيئة يجب دمج البعد البيئي لتحقيق تنمية مستدامة؛
- **الحذر**: تعمل السلطات على اعتماد تدابير مؤقتة ومتناسبة لمنع تكبد أي مخاطر؛
- **الوقاية أو المنع**: اتخاذ التدابير والاجراءات الوقائية بالاضافة إلى الاجراءات التصحيحية، واستخدام أفضل التقنيات المتاحة وبتكاليف اقتصادية مقبولة؛

[1] حامد ريفي، مرجع سابق، ص 277.

- **الملوث يدفع**: الفاعلين الذين يمارسون نشاط يؤثر على البيئة كالتلوث، جيب أن يتحملوا تكلفة هذا التلوث، أو القيام بالالتزام بالحد الادنى من التلوث.

وفي ما يلي عشرة مبادئ للتنمية المستدامة تبناها البنك الدولي يمكن تلخيصها في الآتي:[1]

جدول رقم (10): مبادئ للتنمية المستدامة

المبدأ الأول	تحديد الأولويات بعناية، بسبب خطورة مشكلات البيئة وندرة الموارد المالية؛
المبدأ الثاني	الاستفادة من كل دولار: تدنية التكاليف للسماح بتحقيق انجازات كثيرة وبموارد محدودة؛
المبدأ الثالث	اغتنام فرص تحقيق الربح لكل الأطراف؛
المبدأ الرابع	**استخدام أدوات السوق حيثما يكون ممكنا:** كالحوافز القائمة والمقدمة على انبعاث الغازات السامة وتدفق النفايات، الرسوم لعمليات الاستخراج بهدف خفض الأضرار البيئية،
المبدأ الخامس	الاقتصاد في استخدام القدرات الإدارية والتنظيمية؛
المبدأ السادس	العمل على القطاع الخاص: بتشجيع التحسينات البيئية للمؤسسات وإنشاء نظام الإيزو 14000، الذي يشهد بوجود أنظمة سليمة للإدارة والبيئة مع توجيه التمويل اللازم؛
المبدأ السابع	لإشراك الكامل للمواطنين: مشاركة المواطنين المحليين في التصدي للمشكلات البيئية في دولة ما يزيد من فرص النجاح في مواجهتها؛
المبدأ الثامن	توظيف الشراكة المحققة للنجاح: الاعتماد على كل من الحكومة، القطاع الخاص ومنظمات المجتمع المدني وغيرها مع تنفيذ تدابير متضافرة لمواجهة بعض القضايا البيئية.
المبدأ التاسع	تحسين الأداء الإداري المبني على الكفاءة والفعالية:
المبدأ العاشر	إدماج البيئة من البداية: تسعى معظم الدول حاليا إلى تقييم وتخفيف الضرر المحتمل من الاستثمارات الجديدة في البنية التحتية.

المصدر: من اعداد الباحثة اعتمادا على:

–سهيلة زناد، **استرتيجية ترقية الكفاءة الاستخداميةلمصادر الطاقة البديلة لاستخلاف الثروة البترولية وفق ظوابط الاستدامة، دراسة حالة الطاقة الشمسية في الجزائر**، اطروحة مقدمة لنيل شهادة الدكتوراه علوم تخصص علوم اقتصادية، جامعة فرحات عباس سطيف1، 2018، ص ص188 -189.

ثانيا: الطاقة وارتباطها بمجالات التنمية المستدامة

تعتبر الطاقة عاملا محوريا في تحقيق احدى القضايا الاساسية للتنمية المستدامة، حيث يؤثر أسلوب إنتاج الطاقة وتوزيعها واستخدامها على أبعاد التنمية المستدامة (الاجتماعية، الاقتصادية والبيئية)، وسيتم في هذا العنصر توضيح مدى ارتباط الطاقة مع أبعاد التنمية المستدامة وتتمثل في:

1.الطاقة والأبعاد الاقتصادية والاجتماعية للاستدامة:

تؤكد مختلف الخطوط العريضة لبيان البنك الدولي حول التنمية المستدامة، على ضرورة وضع الاهداف والقيام بالأنشطة لتعزيز دور الطاقة في النهوض بالأبعاد الاقتصادية والاجتماعية للتنمية ومن أهمها:

[1] سهيلة زناد، مرجع سابق، ص 188-189.

1.1.التخفيف من حدة الفقر: ان تحقيق التنمية المستدامة يتطلب ضمان ظروف معيشية ملائمة، وذلك بالاعتماد على كفاءة إدارة الموارد المتاحة لتعزيز النمو، مما يستلزم توفر المصادر الطاقوية بصورة كافية، منتظمة وآمنة بالاعتماد على أسلوب متكامل يتضمن ما يلي:[1]

- إدارة مصادر الطاقة المتاحة والحفاظ عليها وتطويرها وفق ما يلبي الاحتياجات الاساسية للحضارة البشرية؛
- تطوير البنية الأساسية في مواقع التجمعات البشرية، وتزويدها بنظم الطاقة المناسبة للتنمية والتقنيات الآمنة والملائمة للاستخدام الآمن والمستدام؛
- توفير نظم الطاقة والنقل المستدامة لمختلف المناطق والتجمعات البشرية.

2.1.تغيير أنماط الإنتاج والإستهلاك غير المستدامة: ان قطاع الطاقة يعتبر من القطاعات التي تتنوع بها أنماط الانتاج والاستهالك والتي تتميز في معظمها بمعدلات مرتفعة لاستنزاف مرتفعة للموارد الطبيعية، و في ظل الزيادة المستمرة للاستهلاك نتيجة الزيادة في معدل النمو السكاني فإن الامر يتطلب تشجيع كفاءة الاستخدام وقابلية الاستمرار لهذه الموارد، من خلال وضع سياسات تسعير ملائمة من شأنها خلق فضاء لزيادة كفاءة الاستهالك، بالاضافة إلى ضرورة تطبيق الاصلاحات القانونية والتنظيمية ووضع إستراتيجية طموحة لتنمية موارد الطاقات المتجددة ودعم إمكانيات الحصول على التجهيزات الصديقة للبيئة وذات الكفاءة في استهلاك الطاقة، مع خلق آليات التمويل الملائمة نحو دعم الطاقة النظيفة ضمن التوليفة الطاقوية المعتمدة في العملية التنموية.

2.الطاقة والبعد البيئي للاستدامة:

تمثل البيئة أحد المتغيرات الاساسية ضمن نموذج التنمية المستدامة، نظرا لما يخلفه التلوث من انعكاسات خيطرة، بالإضافة إلى أن جملة من الموارد الأساسية للتنمية تمتاز بخاصية النضوب(الطاقات التقليدية)، مما يتطلب استغلالها وفق نمط يحافظ على البقاء ويدعم التوازن الايكولوجي، من خلال الحد من الإستغلال الذي يتجاوز قدرتها على التجدد، ومن اهم اثار البيئية لاستخدام الطاقة يمكن إدراج أهمها من خلال ما يلي:[2]

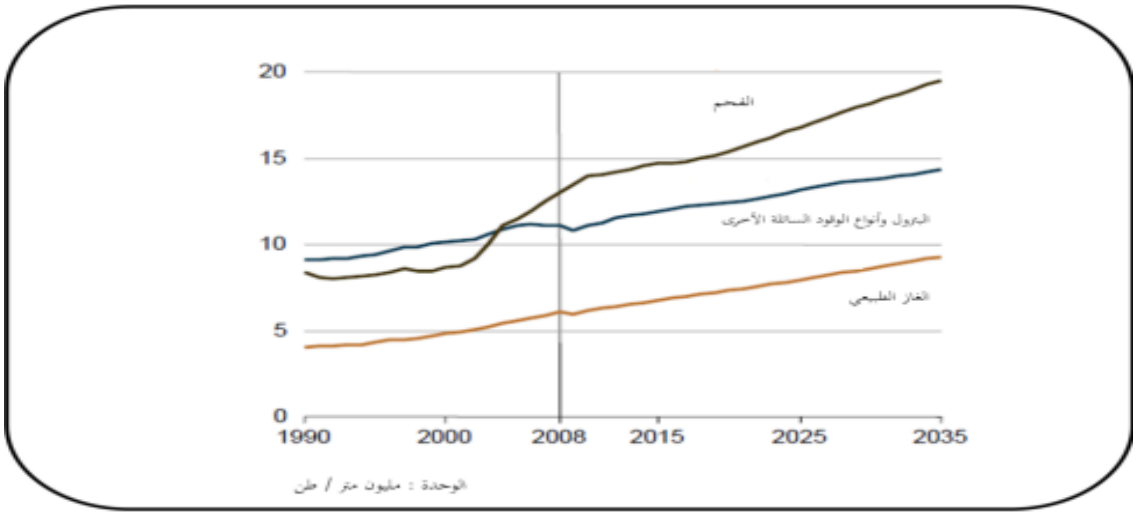
1.2.الاحتباس الحراري: هو ظاهرة طبيعية تحدث عندما تعكس بعض الغازات في الغلاف الجوي، مثل ثاني أكسيد الكربون والميثان، وهذا يساعد على إبقاء الأرض دافئة، ولكن عندما ترتفع مستويات هذه الغازات، فإنها تعكس المزيد من الحرارة، مما يؤدي إلى إرتفاع درجة حرارة الأرض، ويلعب قطاع الطاقة دورًا رئيسيا في الاحتباس الحراري، حوالي ثلث غازات الاحتباس الحراري الناتجة عن الأنشطة البشرية تأتي من قطاع الطاقة، يأتي الجزء الأكبر من هذه الانبعاثات من حرق الوقود الأحفوري، مثل الفحم والنفط والغاز الطبيعي، ويكون ارتفاع الغازات الدفيئة في الجو متغيري تابع لتزايد إنتاج واستهلاك الطاقة، وفق ما يوضحه الشكل الآتي:

---

[1] برادجي صباح، مرجع سابق، ص 22.

[2] مباركي ابراهيم، **ترشيد استخدام الطاقة وحماية البيئة لتحقيق التنمية المستدامة، دراسة مستقبلية، آفاق 2030**، رسالة ماجستير، غير منشورة، كلية العلوم الاقتصادية، جامعة الحاج لخضر باتنة، 2014، ص 129.

الشكل رقم (02): استخدام الطاقة في العالم وارتباطها بتطور انبعاث غاز CO_2 (حسب مصادر الطاقة)



Source: (eia), U.S. Energy Information Administration, international Energy Outlook, 2011.

لقد حدد برتوكول كيوتو بشأن تغير المناخ المعتمد في عام 1997 والذي دخل حيز التطبيق عام 2005 النسب المسموح بها لانبعاث الغازات الدفيئة على الصعيد الإقتصادي، وتم الموافقة على نسبة متوسطة لخفض الإنبعاث الكلي قدرها 5.2% خلال الفترة (2008-2012) في إطار فترة الالتزام الأولى؛ وهذا لمنع ارتفاع متوسط درجة حرارة الارض بكبح انبعاث الغازات الدفيئة إلى ما فوق معدل يتراوح بين 2 و 2.5%، والإجراء الواجب تنفيذه هو توجيه تراكم رأس المال نحو استخدام مصادر الطاقة وأنماط الانتاج والاستهلاك التي تولد انبعاثا أقل من الغازات الدفيئة، في هذا الاطار تم وضع ثلاث آليات مرنة فيما يتعلق بتخفيف الانبعاث وهي(الاتجار في الإنبعاث*، التنفيذ المشترك، وآلية التنمية النظيفة)، وذلك بإستحداث تكنولوجيات جديدة وتطبيقات ذات انبعاث أقل، والاستثمار في تطوير مصادر بديلة للطاقة، وطرائق إنتاج أنظف وأكثر استدامة فضلا عن فرض ضرائب على الكربون واستحداث نظام الحد الاقصى للإنبعاث ، بدلا من الانظمة السائدة، كما يجب تفادي هيمنة التكنولوجيات عالية لإنبعاث غاز ثني أكسيد الكربون خاصة في البنى الاساسية.[1]

2.2.الأمطار الحمضية: هي الامطار التي يحتوي على مستويات أعلى من المعتاد من الأحماض، يحدث هذا عندما تتفاعل أكاسيد النيتروجين وأكاسيد الكبريت في الغلاف الجوي مع الماء وثاني أكسيد الكربون لتكوين أحماض الكربونيك والنيتريك والكبريتيك، من مختلف مصادر الطاقة (التقليدية) يتصدرهم الوقود الأحفوري عند عملية الحرق في محطات الطاقة والمصانع والسيارات، يمكن أن يتسبب المطر الحمضي في العديد من المشكلات البيئية، أهمها تآكل المباني والهياكل الأخرى، تلوث المسطحات المائية، تدمير الغابات والمحاصيل الزراعية، واخطار صحية على الانسان في حد ذاته.

* **الإتجار في الانبعاثات:** هو منهج يعتمد على السوق في تحقيق الأهداف البيئية و يتيح لأولئك الذين يخفضون انبعاثات غازات الدفيئة إلى ما دون المطلوب لاستخدام الانخفاضات الفائضة أو الاتجار بها للتعويض عن الانبعاثات في مصدر آخر داخل البلد أو خارجه.

[1] تقرير التنمية في العالم **"التنمية وتغير المناخ"**، البنك الدولي، 2010. تاريخ الاطلاع : 2000/12/20. http://www.worldbank.org/

3.2.**ثقب طبقة الأوزون:** تعمل طبقة الازون على حماية كوكب الأرض من تسرب الأشعة فوق البنفسجية، واستنزافها يعرض النظام الإيكولوجي للإختلال، إذ تتعرض الى التحلل والتدمير بسبب ما يصلها من ملوثات هوائية من سطح الأرض، فهذه الملوثات تولد الضباب الدخاني وتفاقم أزمة الاحتباس الحراري وما ينجر عنها من آثار سلبية.

هناك العديد من الطرق التي يمكن القيام بها للحد من تأثير قطاع الطاقة على الاحتباس الحراري والأمطار الحمضية، وثقب طبقة الازون، باتخاذ إجراءات تصحيحية لمنهج التنمية المتبع ووضع خطة صارمة نحو التحول الى استخدام المصادر الطاقوية وتنويعها لتشمل المصادر الأنظف والأقل تأثيرا على البيئة خاصة في ظل التدهور الخطير لوضعية البيئة جراء تزايد احتراق الوقود الأحفوري، لذا يمكن الانتقال إلى مصادر الطاقة المتجددة، مثل الطاقة الشمسية وطاقة الرياح، والتي لا تنتج أي أكاسيد النيتروجين وأكاسيد الكبريت.

ثالثا.تحديات الطاقة لتحقيق أهداف الإستدامة

يكمن ابراز أهم تحديات الطاقة لتحقيق أهداف الاستدامة من خلال ما يلي:

1.**إمكانية توفير الطاقة:** لمواجهة تحدي الأهداف الإنمائية للألفية يجب توفير خدمات الطاقة وبالثمن المقبول على نطاق واسع ، كتوسيع إمكانيات الوصول إلى مصادر الطاقة التجارية في أنحاء العالم وخاصة في المناطق الريفية التي تواجه تحديات كبرى في الحصول على الخدمات الطاقوية اللائقة، لكن الاهم من ذلك كله هو أن تكون مصادر الطاقة المستخدمة في جميع هذه المناطق قابلة للاستمرار اقتصاديا ومقبولة اجتماعيا* وسليمة بيئيا.

2.**كفاءة الطاقة:** ان استخدام الطاقة بكفاءة خاصة في الاستخدامات النهائية في مختلف القطاعات يتطلب تحسين المعدات التي توفر الخدمات لاسيما بعد الزيادة في معدلات االاستهالك نظرا للنمو السكاني المتسارع، بالإضافة إلى استخدام التكنولوجيا الحديثة(بأقل تكلفة) في جميع الأنشطة اليومية التي يقوم بها الفرد، كاستهلاك الطاقة في المسكن، والاعتماد على الآلات في كافة الأنشطة مع تنوع الأجهزة وتعددها، و زيادة الحاجة الى الطاقة في جميع القطاعات الانتاجية المختلفة، اذن استخدام الطاقة بكفاءة يواجه تحدي التغلب على المعوقات التي تتمثل في نقص القدرة على الوصول لى التكنولوجيات المطلوبة وبناء القدرات، ونقص الموارد المالية باالإضافة إلى القضايا المؤسسية والمسائل المتعلقة بالسوق، فالممارسات غير المستدامة كثيرا ما تسبب التلوث، الذي لا يقتصر خطره على النظم الإيكولوجية المحلية فحسب، بل يمتد إلى البيئة العالمية ايضا.[1]

3.**الطاقات المتجددة:** لقد أثبتت مصادر الطاقة المتجددة فعاليتها الاقتصادية، بينما مازال بعض المصادر الاخرى في حيز البحث والتطوير، إلا أنه يجب القول أن هذه التكنولوجيات لم تستخدم بعد على نطاق واسع لتوفير خدمات الطاقة، حيث أنه مازال هناك عدد من القيود والمعوقات التي تواجه التوسع في استخدامها، منها ارتفاع التكلفة، كما أن

---

* يجب ان يكون استخدام موارد الطاقة مقبولا من طرف أفراد المجتمع، لانه هو المتضرر الأساسي من جراء الآثار البيئية التي تنعكس عليه بشكل سلبي، كالمضاهرات الحاشدة المنددة باستغلال الغاز الصخري في الجزائر.

[1] مؤتمر القمة العالمي للتنمية المستدامة ،**"المياه والطاقة و الصحة والزراعة والتنوع البيولوجي"**، جوهانسبيرغ، جنوب افريقيا، على الموقع الالكتروني: http://www.un.org/arabic/conferences/wssd/pdf. تاريخ الإطلاع 2020/09/20

اقتصاديات الطاقات المتجددة تعتمد بصورة كبيرة على طبيعة الموقع وعلى برامج تطوير تكنولوجية استخدامها، كما يجب تقييمها بعناية في المواقع التي تتمتع بموارد متاحة كبيرة.

4.التكنولوجيات المتطورة للوقود الأحفوري: إن هذا التحدي يتمثل في الإستخدام الكفء، وفي تقليص التأثيرات البيئية على المستويات المحلية والإقليمية والعالمية، وبالتالي فإن الاتجاه نحو تكنولوجيات متطورة وأكثر نظافة للوقود الأحفوري يمثل حجر الزاوية في مجال تقليل الآثار البيئية الناجمة عن حرق الوقود، وفي تدعيم التنمية المستدامة، خاصة في الدول النامية حيث يتزايد الطلب على خدمات الطاقة، تبعا للنمو السكاني المتزايد الى ارتفاع الحاجة إلى زيادة قدرات توليد الكهرباء وزيادة الطلب على وقود نظيف، مما يتطلب مضاعفة الجهود لتحسين الكفاءة في محطات توليد الكهرباء.

إن التقدم السريع في مجال التكنولوجيات النظيفة للوقود الأحفوري قد تم في الدول الصناعية، وبالتالي فإن نقل التكنولوجيا وتبادل المعلومات سيصبح ذا أهمية كبيرة من أجل الإسراع بإحداث الانتقال في الدول النامية كي تصبح قادرة على تحقيق الاكتفاء الذاتي في مجال الطاقة، .كما يمكن للدول الصناعية المتقدمة والدول النامية أن تتعاون وتعمل سويا لقيادة ودفع الابتكارات واالأسواق نحو تكنولوجيات أكثر نظافة للوقود الأحفوري، كما جاء "بروتوكول كيوتو" لتحقيق أهداف التنمية المستدامة من خلال خفض انبعاث الغازات الدفيئة، وتحقيق قفزة تكنولوجية كبيرة نحو تطبيق التكنولوجيات المتقدمة للطاقة الأحفورية وكذلك من خلال توليد استثمارات جديدة.[1]

5.النقل والطاقة: النقل يعتبر من القطاعات الأكثر استهلاكا للطاقة وهو أحد التحديات الرئيسية التي تواجه التنمية المستدامة، فله آثار سلبية على البيئة على الصعيد العالمي الإقليمي والمحلي، والتحديان الرئيسيان اللذان يواجهان قطاعي الطاقة والنقل هما اعتماد وقود أنظف على نطاق أوسع، وتحويل وسائط النقل إلى أشكال أنظف وأكثر كفاءة[2].

من خلال ما سبق يتضح أن التنمية المستدامة تسعى في إطار إدارة قوى البعد الاقتصادي والاجتماعي والبيئي إلى خلق المزيج الامثل من المصادر الطاقوية للحد من الآثار البيئية السلبية، وخلق نظم وأساليب ذات كفاءة، والنهوض بالتكنولوجيات الخاصة بالطاقة لتكون أقل تلويثا، و تطوير مزيج الطاقة وأنماط الاستخدام والاستهالك لتكون أكثر استجابة لمتطلبات التوازن الايكولوجي.

المطلب الثالث: الكفاءة الاستخدامية للطاقة

[1] مرجع نفسه.
[2] مؤتمر القمة العالمي للتنمية المستدامة ، "المياه والطاقة والصحة والزراعة والتنوع البيولوجي"، مرجع سابق.

تعتبر كفاءة استخدام الطاقة عنصرا أساسيا في التقدم نحو اقتصاد منخفض الكاربون* في المستقبل حيث أن زيادة كفاءة الطاقة يمكن ان توازن بين طرفين من الصعب تحقيقهما في آن واحد، زيادة الطلب على الطاقة وحماية البيئة، لذا من الأجدر التطرق أولا الى مفهوم الكفاءة الاستخدامية للطاقة.

أولا:مفهوم الكفاءة الاستخدامية للطاقة

يعود مفهوم الكفاءة بصفة عامة الى الاقتصادي الايطالي "فلفريو باريتو" (1848-1923)، الذي طور صياغة هذا المفهوم وأصبح يعرف " بأمثلية باريتو"، فحسب هذا الأخير فإن أي تخصيص ممكن للموارد فهو إما تخصيص كفء أو تخصيص غير كفء، أي تخصيص غير كفء للموارد فهو يعبر عن اللاكفاءة (Inefficiency)، والتخصيص الكفء للموارد هو الذي يؤدي الى تحسين حال الفرد.[1]

1.تعريف كفاءة الطاقة: تعرف الكفاءة على انها:

- الطريقة المثلى لاستخدام الموارد من أجل العدالة في تعظيم المكاسب، فهي التخصيص الكفء للموارد، أما كفاءة الطاقة فتشير إلى استخدام كميات أقل من الطاقة بالاعتماد على نموذج فعال لتدنية التكاليف وزيادة الادخار في مصادر الطاقة.[2]
- كما يقصد بتحسين كفاءة الطاقة "الزيادة في كفاءة الاستخدام النهائي للطاقة كنتيجة للتغيرات التكنولوجية والسلوكية أو التغيرات الاقتصادية.[3]
- أيضا فإن تحسين كفاءة الطاقة وترشيد استهلاكها "لا يعني الحد من استهلاك الطاقة بقدر ما يعني استخدام هذه الطاقة بأسلوب أكثر كفاءة بما يحد من هدرها.[4]

وبالتالي فإن أهداف كفاءة استخدام الطاقة يرتبط تحقيقها من خلال تقليل الكمية المستهلكة لإنتاج نفس المستوى من خدمات الطاقة، أو من خلال التحول في البنية الاقتصادية للأسواق أي الانتقال من الأنشطة كثيفة الطاقة مثل الصناعات التحويلية إلى الأنشطة منخفضة الطاقة مثل الخدمات، شرط الحفاظ على نفس المستوى أو تحقيق مستوى أعلى من إجمالي الناتج المحلي، وعليه يمكن القول أن كفاءة استخدام الطاقة هي المفتاح لقيادة تخفيضات تدريجية في كثافة الطاقة كأحد الحلول المقدمة لمواجهة تحديات التغير المناخي، القدرة التنافسية الصناعية، رفاهية الإنسان، التنمية الاقتصادية وأمن الطاقة، ناهيك عن الاستثمار في تطوير تقنيات وأساليب استخدام المصادر الطاقوية الذي يمثل أحد المسارات الهامة لتحسين الكفاءة الاستخدامية للطاقات الناضبة؛ وذلك بالاعتماد على ترشيد الإيرادات العامة للدولة من أجل التمهيد لنظام طاقوي مستدام من خلال:

---

*إ**قتصاد منخفض الكاربون:** هو اقتصاد يعتمد على مصادر طاقة منخفضة الكربون وبالتالي ينتج الحد الأدنى من انبعاثات الغازات الدفيئة في الغلاف الجوي، وتحديدًا ثنائي أكسيد الكربون.

[1] Lee S. Fredman, The Microeconomics of Public Policy Analysis, Part 1, Princeton University Press, 2002, P.26.

[2] Connecticut Farm Energy Program_ Energy Best Management Practices Guide _ EnSave, Inc.2010, P: 6. www.CTFarmEnegy.org تاريخ الاطلاع 2020/12/20

[3] الإطار الاسترشادي العربي لتحسين كفاءة الطاقة الكهربائية وترشيد استهلاكها لدى المستخدم النهائي، إدارة الطاقة، أمانة المجلس الوزرائي العربي، (د س ن)، ص 21.

[4] أكثم محمد أبو العلا وآخرون، **ترشيد استهلاك الطاقة الكهربائية:** الأهداف والمسؤوليات والإجراءات، مصر، مارس 2013، ص 11.

- الاستثمار في ترقية الفعالية الطاقوية بزيادة فعالية الطاقة بتقليل الفاقد والضائع منها بالاعتماد على التكنولوجيات الحديثة الخاصة بتحويل الطاقة ونقلها دعما لمتطلبات ترقية كفاءتها من الناحية التجارية والاستخدامية؛
- ضرورة تطوير تقنيات استغلال الطاقات التقليدية وآليات استخدام مصادر الطاقات المتجددة: من خلال توجيه الفوائض المالية لدعم عمليات البحث والتطوير لتكنولوجيات صديقة للبيئة في مجال استغلال المصادر التقليدية.

2.أهمية تحسين كفاءة استخدام الطاقة

ان العديد من الدول المتقدمة كانت أو نامية تولي اهتمام كبير في مجال تحسين كفاءة استخدام الطاقة وترشيد استهلاكها في مختلف القطاعات (الصناعية، الخدماتية، السكنية)، ورجع ذلك لعدة أسباب تتمثل في مايلي:

- **توفير مناصب الشغل**: إن الاستثمارات التي تحفاظ على الطاقة والتكنولوجيا الشمسية قد تخلق فرص عمل تبلغ ضعف التي جاءت من الصناعات التقليدية للطاقة، كما جاء في تقرير لمجلس الأولويات الاقتصادية، وعلى المستوى المحلي فإن الدولار الذي ينفق في تحسين الكفاءة يوفر فرصا للعمل تعادل أربع مرات قدر الدولار الذي يستثمر في إقامة محطات طاقة جديدة، حسب (دراسة للمجموعة الأوروبية عام 1985)؛*
- **الإتجاهات العالمية الحالية المرتبطة بازدياد الاهتمام بالبيئة والتنمية المستدامة**: ان الاستخدام المستمر لمصادر الطاقة الأحفورية خلال القرنين الماضيين ادى الى الاختلال في التوازن البيئي الذي صاحبه العديد من الأضرار البيئية ناهيك عن التأثيرات السلبية على الاقتصاد والتنمية، فمفهوم التنمية يستند لمبدأ الاستغلال الأمثل للموارد المتاحة، وعليه فإن تحقيق التنمية المستدامة يتطلب مراعاة عديد الجوانب كحماية البيئة و ترشيد استخدام مصادر الطاقة في مختلف القطاعات.[1]
- **مدى اعتماد الاقتصاد على مصادر الطاقة**: تزداد أهميتها للدول المستوردة للطاقة خاصة بإنخفاض احتياطات الطاقة الأحفورية مع الوقت أو لحدوث تغيرات سياسية أو عسكرية تؤثر على وارداتها.[2]

ثانيا: مفاهيم مرتبطة بكفاءة الطاقة من أجل الإستدامة الطاقوية

1.ادارة نظام الطاقة: أصدرت المنظمة الدولية للتوحيد القياسي في جنيف (18جانفي2011) المعيار الجديد(ISO 50001) بشأن نظم إدارة الطاقة، حيث يوفر المعيار المتكامل لمؤسسات القطاع العام والخاص في إطار الإدارة بغية زيادة كفاءة استخدام الطاقة، خفض التكاليف، وتحسين أداء الطاقة عموم.[3]

* **دراسة للمجموعة الأوروبية عام 1985:** "جاء فيها أن الاستثمار في تدفئة الأحياء وعوازل المباني يوفر المال ويخلق فرص عمل أكثر من نظيرتها التقليدية، ومع اتجاه المجتمعات نحو الاستثمار في كفاءة الطاقة والانتفاع بمصادرها المحلية المتجددة سوف تحقق المنافع الاقتصادية، لذلك وضع المسؤولون في مدينة سان خوزيه بولاية كاليفورنيا خطة للطاقة من شأنها خلق حوالي 175 فرصة عمل أثناء السنوات العشر المحددة باستثمار مبدئي قدره 645000دولار، ويتضمن البرنامج حملات إعلامية لاطلاع المستهلكين على وسائل توفير الطاقة وتقديم المعونة الفنية إضافة لخلق الدافع نحو الحد من استهلاك الطاقة في أبنية الحكومة ووسائل النقل ليكون ذلك قدوة للمجتمع".

[1] عبد الحكيم جمعة، **الغاز الطبيعي**، دار النهضة العربية، مصر، 2012، ص 24.

[2] زهرة روايقية، مرجع سابق، ص 160.

[3] منظمة الأمم المتحدة للتنمية الصناعية، الدورة الرابعة عشرة، أنشطة اليونيدو UNIDO ، المتصلة بالطاقة والبيئة، فينا ،2011.

2. الأمن الطاقوي: ويعد مفهوم أمن الطاقة مفهوما بالغ الأهمية لتجسيد كفاءة الطاقة، حيث يركز على توافر الطاقة وتسعيرها على وجه التحديد، ويعبر عن قدرة النظام السائد على تلبية الاحتياجات من الطاقة بأسعار تنافسية تخضع لمعايير مقبولة(حسن التوقيت، الجودة، السلالمة، مراعاة التأثريات البيئية)؛

3.الفعالية الطاقوية: تعني الفعالية الطاقوية بتحسن كفاءة الطاقة وترشيد استهاكها و لاتعني بالضرورة تقليل الاستهلاك، وتهدف إلى العمل على تحقيق الاستغال الأمثل لموارد الطاقة بما يحد من اهدارها وذلك دون المساس براحة مستخدميها أو إنتاجيتهم أو بكفاءة الأجهزة والمعدات المستخدمة، ويتم تحقيق هذا الهدف من خلال الاعتماد على أساليب وتدابير حكيمة في مختلف قطاعات الاستهلاك.

لترشيد استهلاك الطاقة فوائد عديدة يمكن ايجازها على النحو التالي:

- الاستغلال الأمثل لمصادر الطاقة الأحفورية مثل البترول ومشتقاته والتي تستخدم في محطات توليد الكهرباء ما يضمن الحفاظ على هذه الموارد للأجيال القادمة؛
- خفض استهلاك الوقود محطات التوليد الكهربائي ما يساهم في خفض انبعاث الغازات الدفيئة المسببة للاحتباس الحراري وبالتالي الحفاظ على البيئة؛
- تنمية اقتصاد الوطني من خلال الحفاظ على موارد الطاقة المتاحة وتقليل دعم أسعار الطاقة وتشجيع صناعة الطاقات المتجددة وخلق فرص عمل.

4. التدقيق الطاقوي: وهو وثيقة تحلل وتقيم استخدام الطاقة الحالية في مختلف الاحتياجات، ويوصى بها كإجراء لزيادة كفاءة استخدام الطاقة[1]

ثالثا: أساليب تحسين كفاءة استخدام الطاقة، مؤشرات قياسها وسياسات تنفيذها

1.أساليب تحسين كفاءة استخدام الطاقة

ان تطوير اساليب وتقنيات استخدام المصادر الطاقوية أحد المسارات الهامة لتحسين الكفاءة الاستخدامية للطاقات الناضبة من خلال:

1.1.تطوير تقنيات استغلال الطاقات الأحفورية: تستحوذ الطاقات الأحفورية على حصة الأسد من الطاقة عالميا بما نسبته 80 %، الأمر الذي يستوجب ضرورة الاستثمار في تكييف تقنيات استغلال ومتطلبات الاستدامة، وهو ما يتطلب دعم عمليات البحث والتطوير لتكنولوجيا صديقة للبيئة والعمل على تطوير الطاقة البديلة المتجددة بمختلف أنواعها.[2]

2.1.الاستثمار في ترقية الفعالية الطاقوية: يعمل الاستثمار في ترقية الفعالية الطاقوية على زيادة فعالية الطاقة بتقليل الفاقد والضائع منها وذلك من خلال الاعتماد على التكنولوجيات الحديثة الخاصة بتحويل الطاقة ونقلها دعما لمتطلبات

[1] Connecticut Farm Energy Program, Op cite, P 7.

[2] صباح براجي، مرجع سابق 72.

ترقية كفاءتها من الناحية التجارية الاستخدامية، يبقى تحسين كفاءة استخدام الطاقة مستمرا بفضل التطور التكنولوجي، وتشير الإحصائيات إلى ارتفاع إنتاج محطات الطاقة من 2% تقريبا في أوائل القرن العشرين إلى 55% للحصول على أفضل المعدلات اليوم[1]، كما تشير أيضا إلى أن صناعة الطاقة تولد خسائر يصعب تجنبها.

2. مؤشرات قياس معدل التحسن في كفاءة استخدام الطاقة

تختلف المؤشرات المستخدمة في قياس كفاءة استخدام الطاقة والمستخدمة أساسا في تقييم مدى التطور الحاصل في استخدام الطاقة على مستوى الدول وفيما بينها، وبذلك فهي تعتبر مقياسا جيدا يمكن الاعتماد عليه في الحكم على أداء الطاقة في اقتصاد أي دولة من أهمها ما يلي :

1.2.كثافة الطاقة: يسمح مؤشر كثافة الطاقة بقياس الفعالية الطاقوية في اقتصاد بلد معين ويمثل كمية الطاقة المستخدمة لإنتاج وحدة واحدة من الناتج المحلي الإجمالي (PIB)، وهذا المؤشر أهمية كبيرة عكس درجة اعتماد الاقتصاد على الطاقة، فكلما ارتفعت الكثافة الطاقوية كلما دل ذلك على أثر أكبر لتقلبات أسعار الطاقة على االقتصاد، ولهذا تسعى مختلف دول العام إلى تحسين الفعالية الطاقوية (كلما قل مؤشر الكثافة الطاقوية كلما ارتفعت الفعالية الطاقوية) وذلك عن طريق تحسين الفعالية الطاقوية في مختلف مجالات الاستهلاك، لاسيما القطاع الصناعي بالإضافة إلى التطورات التكنولوجية التي تهدف إلى التقليل من الاستهلاك الطاقة خاصة في العملية الإنتاجية، فقد سجل مؤشر الكثافة الطاقوية النهائية في الجزائر تحسنا تدريجيا خلال العشر سنوات الأخيرة، حيث استقرت الكثافة الطاقوية النهائية في حوالي 0.184 ط.م.ب/1000دولار سنة 2014، في حين قدر نفس المؤشر بـ 0.237 ط.م.ب/1000دولار سنة 2015، أي أقل بـ 0.05 ط.م.ب/1000دولار، ويرجع هذا التحسن إلى فعالية برامج تحسين كفاءة الطاقة المطبق في الجزائر.[2]

2.2.سياسات الفعالية الطاقوية:

تتمثل سياسات الفعالية الطاقوية في مجموعة متكاملة من برامج البحث وتطوير التكنولوجيات ووضع القوانين لاسيما برامج مواصفات وبطاقة كفاءة الطاقة على الاجهزة الكهربائية المنزلية، وبرامج العزل الحراري للمباني، وتعميم استعمال المصابيح ذات الاستهلاك المنخفض للطاقة، وإدخال النجاعة الطاقوية في الانارة العمومية، وترقية الفعالية الطاقوية في القطاع الصناعي وقطاع النقل وفرض نظام تسعيرة مناسبة للطاقة،كما تستند هذه السياسات على شرطن أساسين:[3]

- ✓ **الشرط الأول:** ضرورة وجود إرادة سياسية لتطوير كفاءة الطاقة في جميع القطاعات اعتبار أن للفعالية الطاقوية وجود في جميع القطاعات الاقتصادية خاصة في القطاع الصناعي والنقل والبنايات والانارة العمومية.

---

[1] زهرة رويقية، مرجع سبق ذكره، ص 163.

[2] سارة جدي، **«إستراتيجية الانتقال الى اقتصاد أخضر: آليات الانتقال الطاقوي في الجزائر»**، كتاب أعمال الملتقى الدولي الأول حول: الجزائر نحو حتمية التوجه نحو الاقتصاد الاخضر لتحقيق التنمية المستدامة، 10-11 ديسمبر 2018، كلية العلوم الاقتصادية التجارية وعلوم التسيير، جامعة عباس لغرور خنشلة، سنة النشر 2019، ص 65.

[3] سارة جدي، المرجع السابق، ص 66.

✓ **أما الشرط الثاني:** فيتعلق بأسعار استهلاك المنتجات الطاقوية بحيث انه يجب على ان تعكس الأسعار التكاليف في حالة إدارة سليمة للنظام الطاقوي وأن تتضمن تدريجيا تكلفة العوامل الخارجية (بما في ذلك الأضرار البيئية)،

وتشتمل سياسات الفعالية الطاقوية على الأجراءات التالية:

- **سياسة الضرائب الخضراء** خفض الضرائب للمستثمرين الصناعين مقابل الترويج لبرامج الفعالية الطاقوية وتوعية المستهلك بها، والسعي لإبعاد المستهلك عن الاستعمال المفرط للطاقة وجذبه نحو مزيد من العقلانية في استهلاك الطاقة مثال: فنلندا؛
- **معاير الكفاءة وبطاقات كفاءة الطاقة* للأجهز المنزلية:** تهدف مواصفات كفاءة الطاقة على إزاحة المنتجات الأقل كفاءة تدريجيا من السوق بحيث تحدد مواصفات كفاءة الطاقة أقصى استهلاك للطاقة في الاجهزة والمعدات و ادنى مستوى لكفاءة استخدام الطاقة. وتطبق حاليا معظم دول العام مواصفات كفاءة الطاقة لأجهزة المنزلية بشكل إلزامي، الشيئ الذي يساهم في ازدياد الطلب على المنتجات ذات الكفاءة العالية.
- **وسائل التمويل المبتكر** : تمويل برامج الفعالية الطاقوية ضمن إطار تعاون مشترك بن المؤسسات الحكومية والمؤسسات الخاصة كالبنوك وشركات الخدمات الطاقوية،
- **وسائل الاعلام والتوعية الخاصة بالفعالية الطاقوية**

3.2.معامل المرونة الداخلية للطاقة:

يمكن قياس التحسن في كفاءة الطاقة عبر فترة زمنية معينة بمتابعة معامل المرونة الداخلية للطاقة وذلك بقسمة معدل النمو في استهلاك الطاقة خلال فترة زمنية معينة على معدل النمو في الناتج المحلي الإجمالي خلال نفس الفترة، ويعبر عن أثر التقدم التكنولوجي عبر الزمن بانخفاض معامل مرونة الطاقة، بمعنى أن كل زيادة في الناتج المحلي الإجمالي بمعدل سنوي معين يتطلب زيادة في استهلاك الطاقة بمعدل سنوي أقل، وهو ما حدث في الدول الصناعية الغربية منذ عام 1874على إثر التصحيح الحاصل في أسعار البترول نتيجة لوضع وتنفيذ برامج صارمة لترشيد الطاقة ورفع كفاءتها للتحسينات التقنية ما بين 1974 و1986، وبانهيار أسعار البترول إلى أقل من النصف منذ عام 1986 خلق جو من الاسترخاء والهدر في استهلاك الطاقة كما كان الحال قبل تصحيح الأسعار وتتنبأ هذه الدراسة بالعودة لمعاملات منخفضة لمرونة استهلاك الطاقة في المستقبل ما يعكس العودة لتنشيط برامج ترشيد الطاقة ورفع كفاءتها.[1]

يمكن توضيح أهم أدوات قياس وتقييم السياسات الرامية لتحسين كفاءة الطاقة على مستوى الدول، من خلال الجدول الآتي:[2]

جدول رقم (11): مؤشرات وعوامل كفاءة الطاقة

---

* **كفاءة الطاقة:** هي مؤشر عن تكلفة تشغيل المنتج شهريا وسنويا خلال العمر الافتراضي للجهاز.

[1] زهرة روايقية، مرجع سابق، ص172.

[2] تقرير المؤشر العربي لطاقة المستقبل، **كفاءة الطاقة "اتجاه الطاقة المستدامة العربي يبدأ الآن"**، المركز الإقليمي للطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة، 2013، ص ص 20-57.

المحور	مضمون المحور	العامل	المؤشر
تسعير الطاقة	تقييم العوامل التي تعتبر مهمة لتعزيز سوق خدمات كفاءة الطاقة (دعم الوقود الأحفوري)	هيكل سعر الكهرباء	– وقت استخدام بنية السعر – الحوافز السعرية لعملاء القطاع المنزلي.
		دعم الطاقة	– مبلغ الدعم في القطاعين السكني والصناعي
		التصنيف ضمن المحور	– تسعير الدرجات النهائية للطاقة.
إطار السياسات	ضرورة التحفيز على استيعاب إجراءات كفاءة الطاقة، ولكن تعتمد فعاليتها على الامتثال وآليات الإنفاذ القوية، كما توفر وكالة متخصصة التمويل اللازم لتحقيق الأهداف المرجوة.	تخطيط الطاقة	– إستراتيجية الطاقة مع الأهداف الاسترشادية لكفاءة الطاقة بوقت محدد وملزم (القطاع السكني، الخدماتي والصناعي)
		الإطار التنظيمي	–الإطار التشريعي لإجراءات كفاءة الطاقة؛ –الحد الأدنى لمعايير الأداء للأجهزة المنزلية.
		الحوافز المالية	– صندوق كفاءة الطاقة، فوائد ضريبية داخلية.
		التصنيف ضمن المحور	– الدرجات النهائية ضمن المحور.
القدرات المؤسساتية	وجود قدرة مؤسساتية قوية يعد أمرا بالغ الأهمية لضمان فعالية سياسات وبرامج كفاءة الطاقة	وكالة كفاءة الطاقة	– الوكالة المعنية بكفاءة الطاقة
		لقدرة على التنفيذ	– عدد الأبنية الكفؤة للطاقة، – عدد المشاريع التوضيحية وعدد مصابيح الإنارة الموزعة الموفرة للطاقة
		التصنيف ضمن المحور	– الدرجات النهائية ضمن المحور
مرفق الكهرباء	يتم فيها تقييم كفاءة إنتاج الكهرباء، في شبكات النقل والتوزيع (خفض استهلاك الوقود، توفير المال والحد من الأثر البيئي).	انتاج الطاقة الكهربائية	– كفاءة إنتاج الطاقة – حصة الطاقة المتجددة.
		النقل والتوزيع	– ضياعات النقل والتوزيع.
		التصنيف ضمن المحور	– الدرجات النهائية ضمن المحور.

المصدر: من إعداد الباحثة اعتمادا على تقرير المؤشر العربي لطاقة المستقبل، **كفاءة الطاقة "اتجاه الطاقة المستدامة العربي يبدأ الآن"**، المركز الإقليمي للطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة، 2013،ص ص 20-57.

المطلب الثالث: دور تحسين كفاء استخدام الطاقة في تحقيق أبعاد التنمية المستدامة

تعتبر الخدمات التي تقدمها الطاقة عنصرا أساسيا من عناصر التنمية المستدامة ويؤثر أسلوب إنتاج الخدمات وتوزيعها واستخدامها على الأبعاد الاجتماعية والاقتصادية والبيئية لأي تنمية يراد تحقيقها، وهو ما يوضح أهمية الطاقة بالنسبة لمختلف المجتمعات الرامية لتحقيق التقدم والتطور لاقتصاداتها والمزيد من الرفاهية لأفرادها، وعلى الرغم من كون الطاقة الأحفورية المعروفة باثرها السلبي والخطير للبيئة، غير أن الغاز الطبيعي يتميز بقلة تلويث للهواء مقارنة بالنفط والفحم الحجري، ما يجعله سبيلا أمثلا ومدخلا هاما يمكن من خلاله تحقيق التنمية المستدامة في حال تم استغلاله بكفء.

أولا: دور تحسين كفاءة البترول في تحقيق التنمية المستدامة

يساهم البترول في تحقيق التنمية ويظهر الأثر من جانبين هما:

- الجانب الأول بالنسبة للدول المنتجة للبترول عن طريق مساهمته بفعالية في تحقيق التنمية الاقتصادية عن طريق ما توفره من عوائد بترولية تعد الأساس في تمويل السلع الرأسمالية والاستهلاكية والخدمات، وذلك كونه يمكن استغلالها في بناء قاعدة صناعية، فهو يعد أحد عناصر الإنتاج الضرورية واللازمة لأية صناعات أخرى؛
- أما الجانب الثاني بالنسبة للدول المستوردة للبترول فتكمن أهميته في كونه أحد عناصر الإنتاج وسلعة لازمة لإشباع الحاجات الأساسية، وكذلك فيما يخص فرص العمل التي يوفرها للمواطنين في الأقطار المصدرة للبترول، مما يترتب عليه تحويلات مالية بالعملات الصعبة إضافة إلى المساعدات والقروض الميسرة الممكن تقديمها من الدول المصدرة له.

قد تمكنت صناعة البترول من تحقيق إنجازات في مجال حماية البيئة ورفع كفاءة الطاقة على مدى العقدين الأخيرين من القرن العشرين، تتلخص فيما يلي:[1]

- انخفاض انبعاثات ثاني أكسيد الكبريت في الولايات المتحدة الأمريكية بحوالي الثلث نتيجة استخدام الوقود ذو المحتوى الكبريتي المنخفض وإقامة مغاسل لتنقية غازات المداخن.
- انخفاض تكلفة ضخ الغاز الطبيعي وتوزيعه خلال السنوات الأخيرة، نتيجة ازدياد حدة المنافسة عقب تحرير القيود التي كانت مفروضة على تلك الصناعة من جهة، وإلى التحسينات التقنية التي أدخلت في مجالات عديدة كالحفر الأفقي، تصميم خطوط الأنابيب، استخدام الحاسبات الآلية في قياس العدادات واستخراج الفواتير...الخ.
- انخفاض تكاليف نقل الفحم نتيجة لتحسين قوة دفع الجرارات في السكك الحديدية، تحسين كفاءة معدات التعبئة والتفريغ، زيادة الخطوط الحديدية المزدوجة، تخفيف وزن العربات الناقلة للفحم وزيادة حجمها...الخ
- انخفاض كبير في نسبة التلوث الناتج عن تسرب البترول من خطوط الأنابيب، ففي أوروبا انخفض المتوسط السنوي على مدى ربع قرن بمعدل 5 %.

ثانيا:دور تحسين كفاءة الغاز الطبيعي في تحقيق التنمية المستدامة

يمكن أن يلعب الغاز الطبيعي دورا مهما في عدة مجالات قطاعية تساهم في تحقيق التنمية المستدامة، وبما يتماشى وتجارب وخطط الدول في هذا المجال، ذلك أن التوسع في استخدام الغاز الطبيعي في مجالات عدة كوقود للطهي والتسخين في المنازل، كوقود لمحطات الكهرباء الحرارية، وقود مضغوط للسيارات الخفيفة والمتوسطة يساهم في دعم التحول نحو مجتمعات عمرانية أكثر استدامة مع الأخذ في الحسبان الكيات المتوافرة من مصادر الغاز الطبيعي في بعض الدول

[1] علي حامد عبد الله الملا، **النفط وتأثير عائداته على التنمية المستدامة**، وزارة التخطيط التنموي والإحصاء، 2014 ،قطر، ص 09

بخاصة العربية والتي لم تستغل لحد الآن بالشكل الأمثل[1]، والشكل الآتي يوضح مجالات استغلال الغاز الطبيعي في تحقيق التنمية المستدامة.

الشكل رقم (03): مجالات استغلال الغاز الطبيعي في تحقيق التنمية المستدامة لمختلف القطاعات

المصدر: من اعداد الباحثة واعتمادا على:

- وائل حامد عبد المعطي، دور الغاز الطبيعي في تحقيق التنمية المستدامة في الدول العربية (الجزء الأول) ، مجلة النفط والتعاون العربي، المجلد 41 ،العدد 154 ،منظمة الأقطار العربية المصدرة للبترول، الكويت، 2015، ص 126.

ثالثا: دور الطاقة المتجددة وكفاءة استخدام الطاقة في تحقيق أبعاد التنمية المستدامة

التوجه نحو الطاقات المتجددة مسارا مهم في تحسين كفاءة استخدام الطاقة وهذا ما تقتضيه التنمية المستدامة بأبعادها الاقتصادية والاجتماعية والبيئية للتنمية المستدامة.

1.دور الطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة في تحقيق الأبعاد الاقتصادية للتنمية المستدامة

يمكن توضيح دور الطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة في تحقيق البعد الاقتصادي التنمية المستدامة ويتحقق هذا الدور من خلال العناصر الآتية:[2]

1.1.تغيير أنماط الإنتاج والاستهلاك غير المستدام: تشجيع كفاءة استخدام وقابلية استمرار موارد الطاقة بوضع سياسات تسعير ملائمة أساسها إتاحة حوافز زيادة كفاءة الاستهلاك والمساعدة على تطبيق الإصلاحات القانونية والتنظيمية المؤكدة على ضرورة الاستخدام المستدام للموارد الطبيعية وتنمية موارد الطاقة المتجددة.

2.1.تنويع مصادر الطاقة: تتنوع مصادر الطاقات المتجددة المتوافرة عالميا التي يمكن من خلالها تطوير استخدامات المساهمة في توفير احتياجات الطاقة المختلفة وتنويع مصادرها ما يقلل الضغط على المصادر الأحفورية ويسمح بتوفير

[1] وائل حامد عبد المعطي، دور الغاز الطبيعي في تحقيق التنمية المستدامة في الدول العربية (الجزء الأول) ، مجلة النفط والتعاون العربي، المجلد 41 ،العدد 154 ،منظمة الأقطار العربية المصدرة للبترول، الكويت، 2015، ص126.

[2] زهرة روايقية، مرجع سابق، ص 206.

فائض في التصدير، مع إمكانية إطالة عمر مخزونها وتحقيق وفرة في استهلاكها خفضا لتكاليف استيرادها بالنسبة للدول غير المنتجة للبترول والغاز، فضلا عن ذلك فإن الإمكانيات المتاحة حاليا للنظم المركزية الكبيرة لتوليد الكهرباء تمثل فرصة للتوجه نحو تصدير الطاقة الكهربائية المنتجة من مصادر الطاقة المتجددة.

3.1..توفير مصادر الطاقة لتحليه مياه البحر: إن توفر مصادر الطاقة المتجددة في مواقع الاحتياج للمياه خاصة بالتجمعات الصغيرة التي تحتاج إلى استهلاك محدود من الماء العذب يمكن أن تكون حلا لإشكالية تحليه المياه في المناطق الفقيرة لموارد الطاقة الأحفورية وبتكلفة اقتصادى

2.دور الطاقة المتجددة وكفاءة استخدام الطاقة في تحقيق الأبعاد الاجتماعية للتنمية المستدامة

تعمل التنمية المستدامة على تطوير حياة الأفراد وتوفير ظروف معيشية ملائمة لهم خاصة في المناطق الفقيرة، ويعتمد ذلك على كفاءة إدارة الموارد المتاحة مع توفير فرص العمل المناسبة والظروف الصحية والتعليمية الملائمة لتعزيز النمو الاقتصادي بهذه المناطق، وكل ذلك يستلزم توفر مصادر طاقة كافية ومنتظمة ومأمونة مما يتطلب القيام بإدارة مصادر الطاقة المتاحة والحفاظ عليها بما يسمح بالوفاء باحتياجات السكان الأساسية، تطوير البنية الأساسية في مواقع التجمعات البشرية والفقيرة على الخصوص وتزويدها بنظم الطاقة المناسبة للتنمية والتقنيات الملائمة للاستخدام في هذه المناطق، وكذا توفير نظم الطاقة والنقل المستدامة لمختلف مناطق التجمعات البشرية.

ومن بين اهداف التنمية المستدامة لعام 2030 المحددة في الهدف 07 تضمنت ما يلي:[1]

- ضمان حصول الجميع بتكلفة ميسورة على خدمات الطاقة الحديثة الموثوقة بحلول عام 2030؛
- تحقيق ز يادة كبيرة في حصة الطاقة المتجددة في مجموعة مصادر الطاقة العالمية بحلول عام 2030؛
- مضاعفة المعدل العالمي للتحسن في كفاءة استخدام الطاقة بحلول عام 2030.

3.دور الطاقة المتجددة وكفاءة استخدام الطاقة في تحقيق الأبعاد البيئية للتنمية المستدامة

المحافظة على الموارد وإدارتها بكفاءة من أهم المعايير المرتبطة بتحقيق التنمية المستدامة المتصلة بقطاع الطاقة،[2]كما تسعى العديد من الدول خاصة المتقدمة إلى تطوير استغلال المصادر المتجددة بغية تحقيق العديد من الأهداف كأمن الطاقة وحماية البيئة وغيرها، وفي هذا الإطار تحاول الدول إيجاد أساليب وطرق تسمح بتشجيع استعمال الطاقات المتجددة منها[3]:

- **ضرائب التغير المناخي** :تعمل على خفض حجم الغازات المنبعثة من إنتاج واستهلاك الطاقة، ويتم فرضها على القطاع العام والشركات كثيفة الاستعمال للطاقة بهدف ترشيد استهلاكها (قطاع الطاقات المتجددة معفى من الضريبة)، وهو ما اعتمدته بريطانيا في تشجيع الطاقات المتجددة حيث أعلنت رسميا عن هذه الخطة في أفريل

[1] تقرير الجمعية العامة لمؤتمر الأمم المتحدة، تحويل عالمنا: خطة التنمية المستدامة لعام 2030 ،الدور 70، سبتمبر 2015، ص 25.
[2] مجوعة البنك الدولي، وثيقة نهج إستراتيجية الطاقة، شبكة التنمية المستدامة، أكتوبر 2009 ،ص 23.
[3] رمزي بودرجة، الطاقات المتجددة ودورها في تحقيق التنمية المستدامة : تجربة ألمانيا نموذجا، مجلة ميلاف للبحوث والدراسات، العدد 05 ، جوان 2017 ،ص ص 612 ،613.

2002، غير أن الترتيبات الأولية لتطبيقها انطلقت في سبتمبر 2001 بضريبة تتراوح ما بين 4 و6 دولار للطن الواحد من أكسيد الكربون؛

- **الضرائب على الكربون:** هي أداة مالية ذات علاقة مباشرة بالسوق حيث يؤدي فرضها إلى ارتفاع أسعار السلع كثيفة الاستعمال للطاقة ومن ثم انخفاض ربحها، الأمر الذي يعمل على الحد من استعمالها ومن ثم الحد من الانبعاثات الناتجة عنها؛
- **تشجيع الاستثمار في الطاقات المتجددة:** تشجيع البحث العلمي والاستثمار في الطاقات المتجددة يسمح بتطوير التقنيات، الأمر الذي سيؤثر إيجابا على تكلفتها بالانخفاض ومن ثم الأسعار، ففي حالة انخفاضها وجعلها تنافسية بالنسبة لاسعار مصادرا الطاقة الاخرى، بالإضافة الى التغلب على إشكالية الطاقات المتجددة والمتعلقة بتخزينها.

المطلب الرابع: سيناريو تحسين كفاءة الطاقة في العالم

إن الدول الاكثر استهلاكا للطاقة تحتل المراتب الأولى في درجة انبعاث غاز ثاني أكسيد الكاربون، فالتوجه العالمي يعمل على تحسين كفاءة الطاقة من خلال تخفيض انبعاث غاز ثاني أكسيد الكاربون جراء استخدام المصادر التقليدية وترقية البحث والتطوير في الطاقات المتجددة، وإدارة تطور الطلب العالمي على الطاقة من خلال ثلاثة عناصر اساسية، تطور عدد السكان(زيادة إنتاج واستهلاك الطاقة)، التنمية الاقتصادية (من خلال مؤشر الناتج المحلي الاجمالي)، وكثافة استخدام الطاقة،هناك العديد من السيناريوهات* تعمل على تحسين كفاءة الطاقة في العالم وسيتم التطرق في هذا المطلب إلى ثلاثة سيناريوهات لاعطاء امثلة وليس للحصر نوجزها في ما يلي:

أولا: سيناريو التدافع وسيناريو المخططات :

يشهد العالم اليوم تزايد كبير عل الطاقة وبوتيرة متسارعة كون جميع دول العالم تمر بمرحلة التنمية الاقتصادية التي تعتمد على استخدام الطاقة من جهة؛ واحتمال تراجع إمدادات النفط والغاز من جهة أخرى، أدى الى رفع التحدي من قبل الكثير من دولال العالم في دعم توجهات استخدام الطاقة بكفاءة أكبر والارتقاء بالطاقات المتجددة لخفض انبعاث الغازات الدفيئة، وهذه التحديات تصف سيناريوهات الطاقة الى غاية 2050، وتتلخص في عنصرين أساسين هما:

- **سيناريو التدافع (Scramble):** يصف حالة التنافس الشديد بني الدول لتأمين الطاقة، كما أن الاستجابات السياسية للأزمتين المتعلقتين باستخلاص الطاقة وتغيير المناخ، غالبا ما تكون تلقائية وحادة، مما يؤدي إلى ارتفاع

* هناك العديد من السيناريوهات الصادرة عن مجلة من المنظمات، ضمن مجلات الطاقة وأساليب تحسين كفاءتها في العالم والتي تنطلق من فرضية ارتفاع الطلب على الطاقة بحلول 2050، وتنبع أهمية سيناريوهات الطاقة من أهمية الإطار والتصور الذي توفره لإستكشاف آفاق الطاقة المستقبلية والتوليفات الممكنة من الخيارات التكنولوجية الصديقة للبيئة وأثارها على تحسين إنتاج استهلاك الطاقة ودعم أهداف الاستدامة.
من بين أهم المنظمات المهتمة بإعداد دراسات حول السيناريوهات المستقبلية للطاقة نجد:

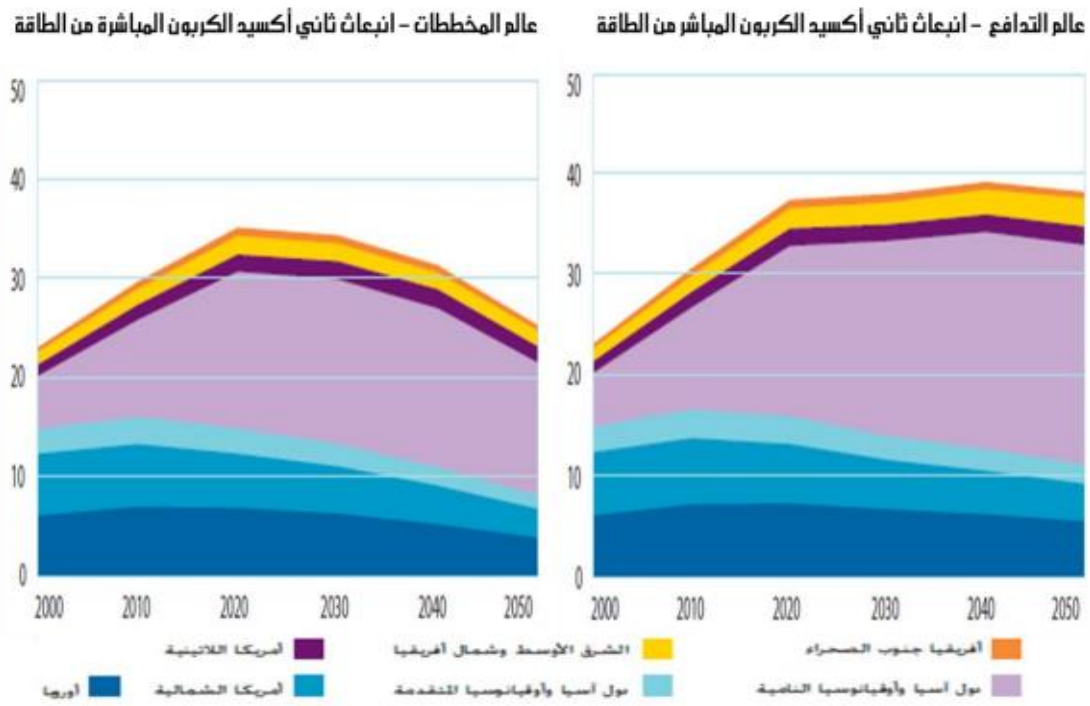
- International Energy Agency (IEA)
- the United State Energy Information Administration (EIA
- World Energy Council (WEC)

مفاجئ في الأسعار، وإلى فترات تتسم بالتباطؤ الاقتصادي وزيادة الاضطرابات؛ وتتميز السياسات الحكومية بأنها قليلة ومتأخرة، ولا يوجد إطار فعال لمعاجلة الغازات المسببة للاحتباس الحراري؛[1]

- **سيناريو المخططات (Blueprints)**: يتم في إطار هذا السيناريو استحداث معايير وضرائب جديدة وسياسات أخرى لتغيير السلوك، وتحسين مردودية الطاقة والأداء المتعلق بثاني أكسيد الكربون في مختلف القطاعات.[2]

كل من هذين السيناريوهين يتزايد استخدام الطاقة بشكل سريع، ولكنه يكون أسرع في سيناريو التدافع، ولا يستطيع مصدر طاقة واحد أو تكنولوجيا واحدة بمفردها الوفاء بالطلب وتخفيض انبعاث ثاني أكسيد الكربون، وتستمر الطاقة التقليدية في تقديم أكثر من نصف الطاقة العالمية، مع أن تلك الحصة ستكون أقل بكثير من الحصة التي تقدمها اليوم 80% من إجمالي إمدادات الطاقة، وفي سيناريو المخططات سوف تنمو طاقة الرياح والطاقة الشمسية بقوة بعد عام 2030، ويمكن تجسيد التوقعات حول انبعاث غاز ثاني أكسيد الكربون من الطاقة حسب السيناريوهين من خلال الشكل الآتي:

الشكل رقم(04): انبعاث ثاني أكسيد الكربون المباشر من الطاقة (حسب سيناريو التدافع وسيناريو المخططات)



المصدر: تقرير شل حول التنمية المستدامة لعام 2008، الطاقة المسؤولة، متاح على الموقع: http://www.shell.com/responsibleenergy تاريخ الإطلاع 2020/05/08.

[1] برادجي صباح، المرجع نفسه، ص 75.
[2] المرجع نفسه، ص75 .

ثانيا: سيناريو قيادة قوى الطلب على الطاقة إلى غاية 2050

تعمل وكالة الطاقة الدولية على إقتراح دراسات حول السيناريوهات الممكنة للطاقة في العالم وكيفية الوصول مستقبلا الى نظام طاقة نظيف وآمن، ملائم وتنافسي خلال 2050، ويقدم السيناريو المقترح في سنة 2008، ثلاث سيناريوهات محورية وهي:[1]

- **سيناريو (scenario usual-as-business)، (Baseline)**: ينظر الى المستقبل على أنه مواصلة للماضي والحاضر، وإن إستهلاك الطاقة سوف يتضاعف خلال 2050 وإنبعاث غاز ثاني أكسيد الكربون سوف يستمر في الإرتفاع إلى مرتين ونصف المستوى الحالي، وهذا بعد إتخاذ إعتبارات مكاسب كفاءة الطاقة والتطور التكنولوجي المتوقع في ظل السياسات المتبعة .
- **سيناريو (ACT Map، The Accelerated Technology):** الطاقة المستهلكة سوف تكون حوالي 77% من سيناريوBaseline، والطاقة المتعلقة بانبعاث غاز ثاني أكسيد الكربون، ستنخفض عن المستوى المسجل في 2005 خلال 2050، حيث كفاءة الطاقة تستطيع تخفيض الطلب على الكهرباء بثلاث مرات المستوى في سيناريوBaseline؛
- **سيناريو(BLUE Map)**: إستهلاك الطاقة سوف يكون حوالي67% من سيناريو (Baseline)، وانبعاث غاز ثاني أكسيد الكاربون حوالي 50% أقل من المستوى المسجل في 2005، وهذا السيناريو يتحرى تكاليف أقل الحلول لتحقيق الأهداف، وتحديد المخاطر لتغير المناخ، ولالتقاء أهداف BLUE سيناريو، يجب تطوير وتحسين عميق لسياسات جديدة للإستدامة (خالية من الكربون)، وجيل جديد من الطاقة.

ويمكن تقدير إحتمالات السيناريوهات الثلاث في العالم من خلال الجدول الآتي[2]:

الجدول رقم (12): احتمالات سيناريوهات الطاقة في العالم

السيناريو	Baseline	ACT Map	BLUE Map
احتمال تحقق السيناريو	**24.98**	**37.77**	**37.25**

Source: Hameed Nezhad_ World Energy Scenarios To 2050: Issues and Option, University Minneapolis, September, 2009. www.nezhadpmd.com/worldenergyscenarios.pdf

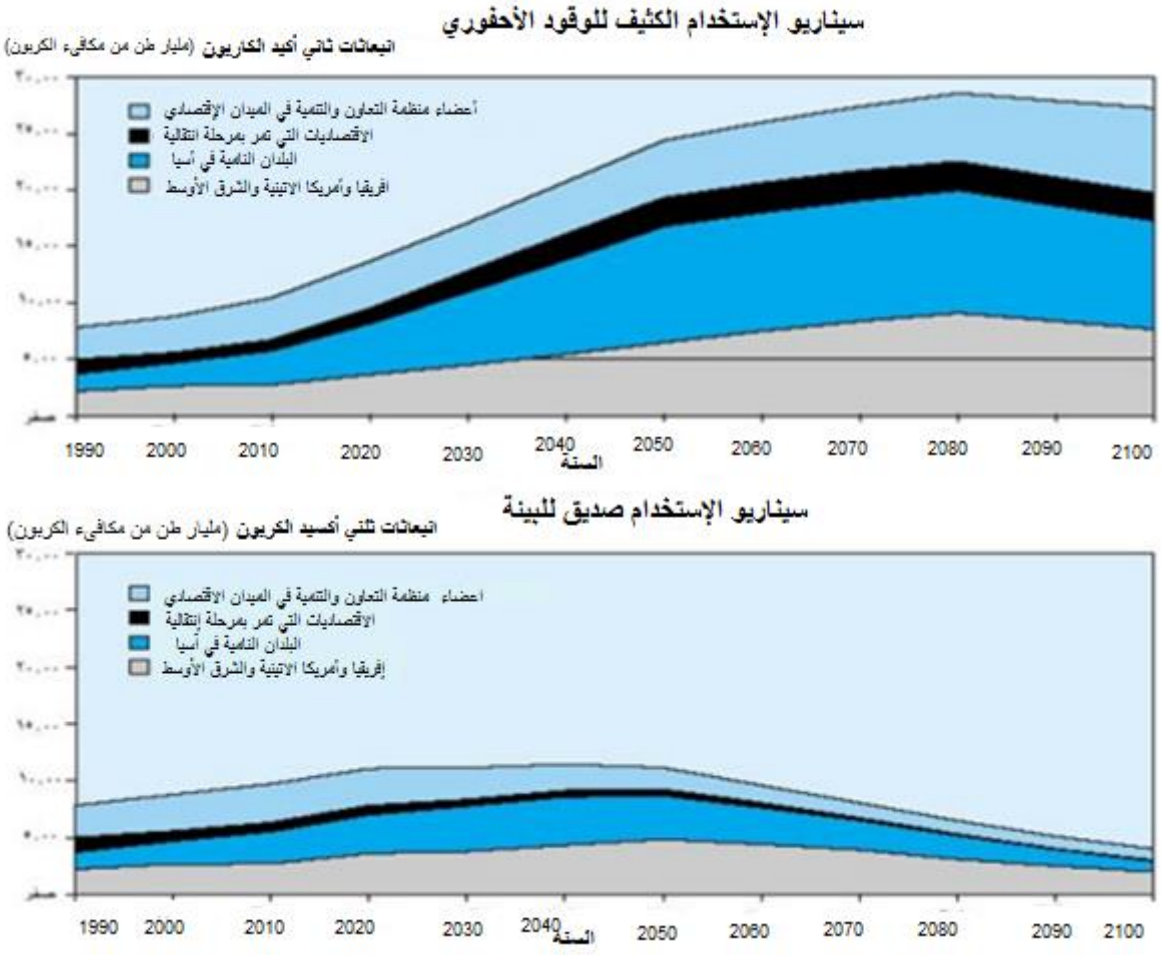
[1] Hameed Nezhad, Op cite, p 252.
[2] Idem.

ثالثا: سيناريو الاستخدام الكثيف للطاقات التقليدية، والإستخدامات الصديقة للمناخ

يفترض كل من سيناريو الاستخدام الكثيف للطاقة والاستخدام الصديق للبيئة سيادة نمو إقتصادي سريع، وتعتبر قاعدة الانطلاق من عام 1990 بنصيب الفرد من الانبعاث في بلدان منظمة التعاون والتنمية في الميدان الاقتصادي يبلغ ستة أضعاف المستوى الموجود في آسيا (بإستثناء اليابان) وبإجمالي إنبعاث مقسم بالتساوي بين البلدان النامية والعالم المتقدم، وتقارب كبير في نصيب الفرد من الناتج المحلي الاجمالي بين البلدان النامية والمتقدمة، ولا يعتبر سيناريو الإستخدام الكثيف مجرد تقدير إستقرائي للتكنولوجيا المتوفرة، بل يضم فعال التقدم التكنولوجي السريع، مع تخفيض قدره 75% في نصيب كل دولار من الناتج المحلي الإجمالي في استخدام الطاقات المتجددة(بنسب تصل الى 17% مقابل 5% في عام 1999)، وسيزيد الانبعاث الناشئ في البلدان الصناعية في عام 2100 كثيرا على الانبعاث العالمي في عام 1990 ،أما السيناريو الخاص بالاستخدام صديق للبيئة فيفرض تغيرا تكنولوجيا أكثر قوة، مع إقتصاد يستهلك قدرا أقل كثيرا من الطاقة، وحصة تبلغ 52% من استخدمات الطاقة المتجددة،[1] وفي كِل من السيناريوهين سيظل نصيب الفرد من الانبعاث في دول منظمة التعاون والتنمية في الميدان الاقتصادي مساويا لضعف اللستوى في البلدان النامية وهذان السيناريوهان للتوضيح وليس للتنبؤ بما سيحدث وسيتطلب تطبيق السيناريو الصديق للبيئة تحسين كفاءة استخدام الطاقة واعتماد الطاقات اللتجددة كأسلوب لتحسين توليفة الطاقة المستخدمة وتخفيض الانبعاث للغازات الدفيئة، ويمكن تلخيص أداء السيناريوهين في الشكل الآتي:

[1] برادجي صباح، مرجع سابق، ص 77

الشكل رقم (05): سيناريو الإستخدام الكثيف للطاقة التقليدية، والاستخدامات الصديقة للمناخ (1990-2100)



المصدر: تقرير عن التنمية في العالم 2003، **التنمية المستدامة في عالم دائم التغير: التحول في المؤسسات والنمو ونوعية الحياة**، مرجع سابق، ص : 114.
مركز الأهرام لترجمة والنشر، البنك الدولي، الطبعة العربية، القاهرة، 2003، ص 175.

على الرغم من تعدد السيناريوهات التي تبين أهمية إدارة الطاقة وإستخداماتها من أجل تحسين كفاءة الاستغلال والتقليل من التأثير السلبي على البيئة الطبيعية والإنسان، دون إغفال الملاحظة على الإستدامة في النمو الإقتصادي، إلا أن الحقيقة المشتركة بينها تتمثل في إرتفاع مستوى الطلب على الطاقة خلال الفترة المستقبلية مما يجعل مخططات تطوير الطاقات المتجددة، تطبيقاتها وتوسيع دائرة الأسواق لتكنولوجياتها متطلبا أساسيا للتغلب على رهانات الفترة القادمة ورفع فعالية التوليفة الطاقوية لتلبية متطلبات الإستدامة للحضارة البشرية.

خلاصة الفصل:

تكتسي الموارد الطاقوية التقليدية أهمية بالغة على مختلف الأصعدة الإقتصادية، الإجتماعية البيئية والسياسية، وتترجم هذه الأهمية من خلال كثافة الإستخدام الذي يتزايد بوتيرة متسارعة الذي يستجيب الى متطلبات النشاط المستمر لحياة الافراد الاقتصادية والاجتماعية مما يخلق ضغوطا على المستوى البيئي، لاسيما في ظل عدم توجيه عوائدها لخدمة أهداف التنمية، حيث يتدهور الوضع البيئي جراء انخفاض المصادر الطاقوية المستنزفة بصفة دائمة، كما يحدث إختلال عميق في التوازن الإيكولوجي بسبب الآلثار السلبية لإلنبعاثات الغازات الدفيئة خاصة ثاني أكسيد الكاربون.

كما ترتبط الطاقة بصورة مباشرة بالجوانب الأساسية للإستدامة لتصبح أحد المرتكزات الأساسية لتحقيق التنمية المستدامة هذا من جهة ومن جهة اخرى محاولة تخفيف من استهلاك مصادر الطاقة الأحفورية بخاصة "البترول والغاز الفحم"، والتوجه الى المصادر الطاقوية البديلة النظيفة خاصة المتجددة، لذا زاد الإهتمام العالمي نحو العديد من القضايا ذات الصلة بالطاقة أبرزها تحسين كفاءة استخدام الطاقة وترشيدها استهلاكها وتنويع مصادرها للحصول على توليفة من مزيج طاقوي أكثر استدامة والحد من مختلف التأثيرات السلبية على البيئة وتحقيقا للأهداف التنموية المسطرة.

الفصل الثاني: إقتصاديات الغاز الصخري، الاعتبارات البيئية، والكفاءة الإقتصادية

المبحث الأول: مدخل عام لاقتصاديات الغاز الصخري

المبحث الثاني: التحديات البيئية للغاز الصخري

المبحث الثالث: الآثار الخارجية والكفاءة الاقتصادية لاستغلال الغاز الصخري

تمهيد

تعتبر عملية البحث عن بدائل للطاقة من أهم الانشغالات الدولية الحالية، لأن معظم مصادر الطاقة التقليدية معرضة للنضوب وسوف تنفذ عاجلا أم آجلا كونها غير قابلة للتجديد، ناهيك عن الاستغلال غير العقلاني لها بسبب الطلب المتزايد على الطاقة في العالم، وزيادة التكلفة وتنامي الضغوط التنافسية على منتجي الطاقة ومستهلكيها على حد سواء، مما عظم فكرة ضرورة البحث عن بدائل تكون مجدية اقتصاديا، فكان التوجه نحو استغلال الغاز الصخري والذي برز في العقود الأخيرة كمصدر غير تقليدي للطاقة (غير متجدد) يتحدى مصادر الطاقة الناضبة، ومن شأنه أن يحتل مكانة هامة في السوق العالمية للطاقة، إلا أن إنتاج هذا النوع من الطاقة يواجه جدلا واسعا حول ما يحمله من مزايا اقتصادية لكن بالمقابل من شأنه أن يهدد البيئة إذا لم يحسن استخراجه.

فقبل عشرة سنوات فقط كان الحديث عن الغاز الصخري موضوع لا يجب البت فيه بسبب تكلفته العالية من ناحية وأخطاره البيئية من ناحية أخرى، فقد أثار هذا المورد جدلا واسعا بين أنصاره ومعارضيه، في مختلف دول العالم. ورغم كون الغاز الصخري موضوعا تنمويا بالأساس لكونه موردا اقتصاديا معتبرا، إلا أن له تشعبات بيئية وسياسية واجتماعية وأمنية، جعلت من الصعب الحكم عليه.

وعليه تم تسليط الضوء على موضوع الغاز الصخري وتفكيك مفاهيمه وتبسيطها والتعرف على أهميته، وخصائصه وتقنيات استخراجه،كذلك الوقوف على آثاره السلبية على البيئية ومدى خطورتها على تلوث (الهواء، التربة، المياه)، والكفاءة الاقتصادية لاستغلاله.

لذا فقد تم تقسيم محاور هذا الفصل إلى ثلاثة مباحث تتمثل في:

المبحث الأول: مدخل عام لاقتصاديات الغاز الصخري

المبحث الثاني: التحديات البيئية لاستغلال الغاز الصخري

المبحث الثالث: الآثار الخارجية والكفاءة الاقتصادية لاستغلال الغاز الصخري

المبحث الأول: مدخل عام حول اقتصاديات الغاز الصخري

يعتمد النمو الاقتصادي لكل الدول على توفر الطاقة الضرورية لتلبية متطلبات التطور المستمر في مختلف نشاطاتها، كونها الركيزة الأساسية لقيام اقتصاديات دول العالم، ولعل أهمها المصادر التقليدية أو الأحفورية، ممثلة أساسا في (النفط، الفحم والغاز)، والتي اعتبرت لعقود عديدة أهم مصادر الطاقة في القرن الماضي، حيث يعتمد عليه الاقتصاد العالمي بأكثر من 85% من احتياجاته الطاقوية، وهذا ما يضعها محل الصراعات الدولية، وتنافس كافة مصادر الطاقات البديلة منها المتجددة (خاصة الطاقات الشمسية)، والناضبة (الطاقات غير التقليدية) متمثلة أساسا في الغاز الصخري والنفط الصخري وبعض المصادر الآخرى كالنفط الرملي والنفط الثقيل المياه العميقة (النفط المستخرج من البحار) ومختلف الغازات غير التقليدية وهذا ما سيتم الطرق إليه بالتفصيل في هذا الفصل.

المطلب الأول: مصادر الطاقة غير التقليدية

لقد لعبت الطاقة غير التقليدية دورا هاما في ظل توقعات نضوب مصادر الطاقة التقليدية، الأمر الذي أدى بعض الدول إلى اللجوء إلى استغلالها، وكانت الولايات المتحدة الأمريكية السباقة في ذلك باستخراج الموارد بطرق جديدة غير تقليدية وبتقنيات جد متطورة، الا انها لم تلقى القبول الاجتماعي والبيئي في باقي الدول الأخرى، لأسباب بيئية وعدم توفر المعلومات الكافية حول سلامة هذه العملية كما حدث في الجزائر.

لذا قبل التطرق إلى موضوع البحث يجب توضيح مفهوم وجوهر الاختلاف بين المصادر الطاقوية التقليدية وغير التقليدية

أولا : مصادر الطاقة التقليدية وغير التقليدية

1.مصادر الطاقة التقليدية:

- "هي تلك الطاقة المستعملة منذ القدم، مع العلم ان استخدامها يقل مع مرور الزمن، بسبب التقدم التكنولوجي الحاصل في مختلف دول العالم".[1]
- "هي تلك المصادر المعرضة للنضوب عبر الزمن نتيجة للاستغلال المفرط لها مثل النفط الغاز الطبيعي، الفحم، واليورانيوم".[2]

2.مصادر الطاقة غير التقليدية:

تدعى ايضا بالهيدروكربونات غير التقليدية و تتميز بضرورة تحفيز الصخرة التي تتواجد بها، أو تكون محبوسة بداخلها، وذلك منذ بداية مرحلة الاستخراج إلى غاية مرحلة الإنتاج التجاري، هي نفسها المصادر التقليدية أي لديها نفس

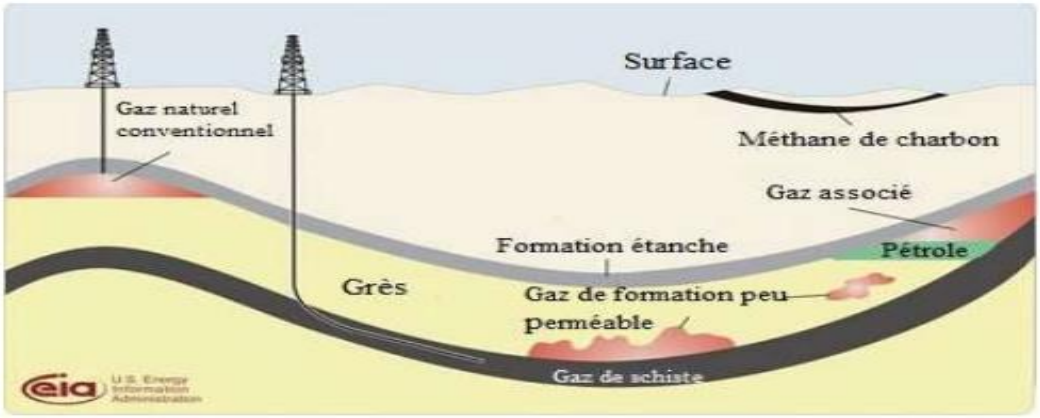
[1] جبار سعاد وماحي سعاد، **"الطاقة في الجزائر موارد وامكانات،"** مداخلة مقدمة الى المؤتمر الدولي الاول، السياسات الاستخدامية للموارد الطاقوية بين متطلبات التنمية القطرية و تامين الاحتياجات الدولية، كلية العلوم الاقتصادية، جامعة فرحات عباس سطيف1، الجزائر، يومي 08/7/ افريل/2015، ص 03.

[2] مباركي ابراهيم، ترشيد **استخدام الطاقة وحماية البيئة لتحقيق التنمية المستدامة، دراسة مستقبلية، آفاق 2030**، رسالة ماجستير، غير منشورة، كلية العلوم الاقتصادية، جامعة الحاج لخضر باتنة، 2014، ص 04.

الخصائص والمميزات لمصادر الطاقة التقليدية، وأوجه الاختلاف يكمن في طرق وتقنيات استخراجهما من باطن الأرض[1]، ومن أهم مصادرها النفط الصخري والغاز الصخري.

والشكل الآتي يوضح جوهر الاختلاف بين حقول مصادر الطاقة التقليدية وغير التقليدية

الشكل رقم(01): موارد الغاز التقليدية وغير التقليدية



Source : Exploitation responsable du schiste Accroître la base de connaissances sur le pétrole et le gaz de schiste au Canada,p 16,,sur site:
https://naturalresources.canada.ca/sites/nrcan/files/www/pdf/publications/emmc/Shale_Resources_f.pdf?_gl=1*23msh3*_ga*NjU2ODI5ODk1LjE2OTcyNDI4MTk.*_ga_C2N57Y7DX5*MTY5NzI4NTc4NS40LjEuMTY5NzI4NzAwNC4wLjAuMA

ان الهيدروكاربونات المتكونة في حقول الطاقة التقليدية، تنتقل وتهاجر نحو الصخور المسامية والنفاذة (المكامن الخازنة) اين تتجمع وتتمركز به، وبالتالي فإن هذه المكامن التي تتمركز بها تلك الهيدروكاربونات في طبقة غازية هي تلك التي يتم فيها انتاج الغاز أوالنفط عن طريق حفر عدة أبار بطرق المعتادة، اما في حقول الطاقة غير التقليديةفان الهيدروكاربونات تتواجد في مكامن رديئة (قليلة النفاذية) او محبوسة في صخرة الأم، تتميز أيضا بانتشارها حول الصخور، وتتمثل في الغاز الصخري والنفط الصخري فإن نوعيتهم لا تسمح باستخراجهم بالطرق التقليدية.

ثانيا:الإطار المفاهيمي للموارد الغاز الصخري والنفط الصخري

يعتبر الغاز الصخري والنفط الصخري من مصادر الطاقة غير التقليدية، كما يختلف النفط الصخري عن الغاز الصخري من حيث المكونات وطرق الاستخراج، ومهما كانت الاختلافات بين هذان النوعان من الطاقة الصخرية، فإن بعض الدول تعتمد في الوقت الراهن على استخراجهما كمكمل لمصادرها الطاقوية وتعزيزا لمداخليها المالية، إلا أن معايير تقييم هذه المصادر غير ثابتة، وتتغير بمرور الوقت اعتمادا على توافر الاستكشاف وتقنية الإنتاج، والبيئة الاقتصادية وغيرها من العوامل.

[1] نوال صياد، صبري مقيمع، **استغلال الغاز الصخري بين الضوابط البيئية والاجتماعية والكفاءة الاقتصادية**، ألفا للوثائق، البوابة الشمالية للجامعة الاردنية، عمان الاردن ،الطبعة الأولى، 2020، ص ص 67-68.

1.النفط الصخري و طرق إستخراجه

يختلف النفط الصخري عن النفط الخام باختلاف خصائصه وتكوينه في الصخور الرسوبية وطريقة إستخراجه.

1.1.تعريف النفط الصخري:

هو نوع من أنواع النفط الخفيف ينتج من صخور تحتوي على ترسبات من مادة الكيروجين التي يتم تحويلها بواسطة الحرارة إلى سائل هيدروكربوني بديل للنفط الخام الأحفوري، وتختلف خصائصه حسب تكوين الصخور الرسوبية في باطن الأرض، ويعتبر الصخر النفطي نفط الكيروجين ونفط السيجل من أنواع النفط غير التقليدي وأحد مصادر الطاقة غير التقليدية،[1] إلا أن عملية استخراجهما تكون ذات كلفة عالية مقارنة بالنفط الخام (التقليدي)، وتعتبر الولايات المتحدة الأمريكية من أكثر الدول التي تحتوي على مخزون نفط صخري في العالم حيث أنها تمتلك حوالي 75% من إجمالي المخزون العالمي، أما اليوم فقد ازداد إكتشاف النفط الصخري في دول أخرى وفي بعض مناطق قارة أمريكا الشمالية مثل كندا.

2.1.أنواع النفط الصخري:

1.2.1. نفط السيجل: يتم استخراجه من تشكيلات الصخور الرسوبية التي تكونت في باطن الأرض عن طريق عملية التكسير الهيدروليكي(fracturing hydraulic)، وذلك بحفر الآبار عموديا وأفقيا مع استخدام الماء والمواد الكيماوية وخليط من الرمل، وتتطلب عملية تفتيت الصخور ضخ كميات كبيرة من الماء التي تقدر بحوالي 07 إلى23 مليون لتر من المياه أي ما يعادل تقريبا 05 براميل ماء لكل برميل نفط،[2] يتم دفعها مع المواد الكيميائية بواسطة مضخات كبيرة توجه مباشرة إلى تشكيلات الصخور الرسوبية في باطن الأرض من أجل تكسير الصخور لاستخراج النفط المحبوس بداخلها، بعد ذلك ينقل النفط من خلال الأنابيب المعدة لذلك وتحوله مباشرة للصناعة النفطية والشكل رقم () يوضح طريقة استخراجه

2.2.1. نفط الكيروجين: يتواجد على سطح وباطن الأرض بعمق يصل إلى أكثر من 600 متر، في المرحلة الأولى من الانتاج يتم جمع الصخور الرسوبية المحتوية على مادة الكيروجين العضوية ثم تكسيرها إلى جزيئات صغيرة، لتبدأ المرحلة الثانية بمعالجتها حراريا، أي توجيه درجة حرارة عالية تصل إلى أكثر من500 درجة مئوية لتحويلها إلى سائل هيدروكربوني شبيه بالنفط الخام[3].

3.1.تقنية اســـتخراج النفط الصـــخري: وتتم عملية إستخراج النفط الصخري بطريقتين هما:[4]

- **التقطير الأرضي:** يتم نقل الصخور النفطيةِ بعد استخراجِها إلى منشأة للتقطير، ثمَ تفصل عملية التسخين فتات النفط من الصخور النفطيةِ، بعدها تتم عملية معالجةٍ إضافية لرفعِ مستوى النفطِ قبل إرساله إلى المصفى، فيمكن التخلص من هذه الصخور في المناطقِ التي تم حفرها مُسبقا ليتم استصلاح هذه الأراضي في نهايةِ المطاف، وتعتبر

[1] حمال قاسم حسن، **النفط و الغاز الصخريين و أثرهما على أسواق النفط العالمية**، صندوق النقد العربي، 2015، ص02.
[2] مرجع نفسه، ص02-03.
[3] مرجع نفسه، ص03.
[4] ثورة النفط الصخري، الباحثون السوريون، متاح على الموقع الالكتروني: www.syr-ers.com : /http تاريخ الاطلاع 2022/12/25.

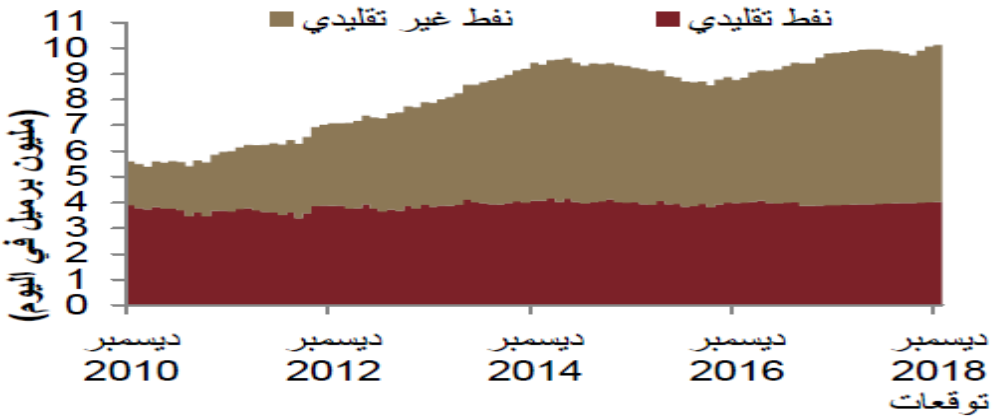
هذه التكنولوجيا كافية للتنقيب عن النفط الصخري، لكنها لم تطبق بنجاح على مستوى تجاري في الولاياتِ المتحدة على الرغم من إثبات جدواها، فتبقى هناك الحاجة إلى المزيد من الدراسات والاختباراتِ لكي تكون هذه الطريقة مربحة تجاريا؛

- **التقطير الموقعي**: تعمل هذه الطريقة على تسخين النفط الصخري تحت الأرضِ باستخدامِ سخانات كهربائية موضوعة في ثقوب عمودية عميقة تحفر خلال مواقعِ الصخر النفطيِ. ثم يسخن الصخر النفطي لفترة تتراوح بين سنتين إلى ثلاث سنوات حتى تصل درجة حرارته إلى (650 – 700) درجة فهرنهايت وعندها يتحرر النفط من الصخورِ، عندئذ يجمع النفط المنتج في آبار جمع توضع داخل المنطقة المسخنة، وتقوم شركة شل النفطيةِ حاليّا بتطوير عمليةِ التقطير في الموقع.

إن أهم العوائق أمام هذه الصناعةِ هو التكلفة المرتفعة التي تزيد على 60 دولار للبرميل لذلك تعمل الشركات النفطية بإستمرار في إيجاد تكنولوجيا جديدة لتقليل تكلفة استخراج النفط من الصخور النفطية.

4.1.أهمية النفط الصخري: لقد أستخدم النفط الصخري قبل الحرب العالمية الثانية وقودا للنقل، وبعد ذلك تطور استخدامه ليصبح مادة خاما للأوساط الكيميائية والكيمياويات النقية والمواد الصناعية، كما أستخدم مادة حافظة للخشب المستخدم في تشييد خطوط السكك الحديدية، غير أن استخداماته أخذت منحى آخر منذ مطلع عام 2008 و إلى غاية يومنا هذا، إذ أصبح يستخدم استخداما كبيرا في عمليات التدفئة ولى حد أقل في مجال إنتاج المواد الكيميائية المختلفة[1]، وشهدت الفترة 2010الى غاية 2018 زيادة ملحوظة في إنتاج النفط الصخري حسب ما يوضحه الشكل الآتي:

شكل رقم(02): الزيادة في إنتاج النفط التقليدي الأمريكي إلى زيادة النفط الصخري (غير التقليدي)



المصدر: فهد تركي، أسد خان، النفط الصخري، جدوى الاستثمار، سبتمبر2017، ص 08.

[1] طالب حسين الحيالي، **النفط الصخري جدوى الانتاج وتحديات المستقبل**، حوكمة راس الخيمة دائرة التنمية الاقتصادية، السلسلة الاقتصادية 03، إدارة الدراسات والإحصاء، ديسمبر 2015، ص 04.

2.الغاز الصخري كتوجه جديد للطاقة

يعتبر الغاز الصخري (الأحفوري) من المصادر غير التقليدية التي أسالت لعاب الكثير من دول العالم نتيجة إكتشاف الكم الهائل من حجم الاحتياطات فقد أصبح يتصدر قائمة البدائل الطاقوية على حساب الطاقات المتجددة الصديقة للبيئة،

1.2.تعريف الغاز الصخري:

أصل التسمية: يعرف الغاز الصخري باللغة الانجليزية (Shale Gas) وباللغة الفرنسية (Gaz de Schiste)، كما يعرف بغاز الأردواو أو غاز الشيست، نسبة للصخور التي تسمى الشيست (وهناك ما يسميها بالسجيل)، التي تحتوي على النفط او الغاز بفعل الحرارة والضغط يبقى محبوسا داخل تجويفات التي لا تسمح بنفاذه، فهو ينتمي الى الغازات الطبيعة غير التقليدية، لقد تكون من عوالق وكائنات مجهرية وطحالب بفعل عوامل البيئة قبل ملايين السنين، ونشأ داخل طبقات بعض أنواع الصخور الرسوبية في باطن الأرض التي لا تسمح بنفاذ الغاز منها،[1] وتقع عادة في أعماق (1000-4000 متر)، فمن الناحية الكيميائية لا يوجد اختلاف بينه وبين الغاز الطبيعي.

وينظر عنه كذلك كونه غاز ثقيل ونادر يتم استعماله لإنتاج نوعية جيدة من الطاقة، ويتم إستخراجه من بين الصخور الكائنة في جوف الأرض في عمق يتراوح بين 4 الى 5 آلاف متر، والتي تمثل الصفائح الصخرية الكبرى، ويرى الكثيرون من علماء الجيولوجيا أن طريقة استخراج الغاز الصخري تتسبب في أضرار بيئية خطيرة، وهذا ما دفع الكثيرين لتسميته "بالكنز المسموم".[2]

كما يعرف أيضا غاز الأردواز لانه غاز يترتب عن التفاعلات الكيميائية العضوية التي تحصل في باطن الأرض على مستوى الطبقة الطينية والتي تسمى حجر الأردواز، وهي مساحة غنية بالمواد العضوية وهذا سبب لتولد عن تفاعلها الحراري مع ما تحتها من تغيرات في الحرارة والضغط المتأتية من حركة الأرض وحركة الصهارة المسؤولة أساسا عن حركة الصفائح الأرضية هذه التفاعلات العضوية تولد غاز كامن داخل الصخور الأردواز في شكل جيوب لا تسمح باستغلاله بالشكل التقليدي لأن حجم الجيوب صغير جدا، لذلك يتم هشهشة هذه الصخور بواسطة كميات كبيرة من الماء تعد بملايين الأمتار المكعبة مع كميات من رمال السليكون في مساحات عميقة تقع تحت الأرض على مسافة تتراوح بين 3.5 و4.5 ألف متر وبذلك يكون ضغط الماء المرتفع هو الآداة لتفجير التي يتم جمع الغاز منها.[3]

ويعرف أيضا على أنه غاز طبيعي يوجد حبيسا بين تشكيلات الطفل الصفحي*، التي تضم أيضا ميثان الطبقة الفحمية وغاز الصخور الرملية المحكمة (أو الغاز المحكم)، وهيدورات الميثان، إن الكثير من النفط أو الغاز المتكونين في الطفل الصفحي حيث يهاجر إلى الصخور ذات المسامية والنفاذية العاليتين، على غرار الصخور الأخرى كالرملية. [4]

---

[1] صندوق النقد العربي، مرجع سابق، ص 02.

[2] احمد طرطار، طارق الراشي, **الغاز الصخري كمصدر جديد للطاقة,الفرص المتاحة و التهديدات المطروحة ضمن إطار حماية البيئة من اجل التنمية المستدامة"**، ورقة بحثية مقدمة ضمن فعاليات الملتقى الدولي حول السياسات الاستخدامية للموارد الطاقوية بين متطلبات التنمية القطرية و تامين الاحتياجات الدولية ,كلية العلوم الاقتصادية التجارية و علوم التسيير, جامعة سطيف, الجزائر,2015، ص 07.

[3] أحمد طرطار، طارق الراشي، مرجع نفسه.

* **الطفل الصفحي:** هو أحد أنواع الصخور الرسوبية، و يعرف بصخور المنشأ بما أنه مصدر الهيدروكربون.

[4] دراسة موارد الطاقة: **"نظرة مركزة على الغاز الصخري"**، مجلس الطاقة العالمي، 2010، ص 06.

من خلال عرض التعاريف السابقة، تم استخلاص بعض الاستنتاجات الأولية وتمثلت في:

- أن الغاز الصخري هو عبارة عن غاز طبيعي(Natural Gas) أي أنه مصدر من مصادر الطاقة الأحفورية (Fossil Energy) ، ويتكون أساسا بالمثل من الميثان؛
- الغاز الصخري هو غاز طبيعي ينتمي إلى فئة الغازات غير التقليدية (Gases noun conventional)
- أن الغاز الصخري يتواجد في معظم الأحيان في نفس أماكن تواجد الغاز الطبيعي على اعتبار أن هذا الأخير قد هاجر من الصخرة الأم التي تحوي الغاز الصخري نحو طبقات صخرية؛
- الغاز الصخري هو غاز عديم الحركية، لكونه حبيس داخل صخرته الأم التي تكون فيها وهي صخرة الشيست مجهرية المسام والتي لا تسمح بالنفاذ خارجها؛
- أن تكاليف استخراج هذا الغاز الصخري ستكون أكبر منها في الغاز الطبيعي على اعتبار وجوده حبيسا داخل صخور الشيست* وهي صخور تتواجد في أغلب الأحيان على أعماق كبيرة تزيد عن 4000 أو 5000 متر مما يزيد من تكاليف الحفر من جهة، كما أن صلابتها تتطلب استعمال تقنيات خاصة لتصديع الصخر والوصول إلى الغاز؛
- إن الغاز الصخري لا يمكنه أن يشكل بديلا طاقويا يراعي الضوابط البيئية على اعتبار أنه وقود أحفوري مسبب للتلوث كالبترول والغاز (مصادر الطاقة التقليدية)؛

2.2.أوجه الإختلاف بين الغاز الصخري و الغاز الطبيعي:

إن الاستنتاجات الأولية المستخرجة من التعاريف السابقة تبين عن وجود شبه كبير بين الغاز الصخر ي والغاز الطبيعي من حيث التركيبة وأماكن التواجد والمصدر الواحد، لكن ذلك لا ينفي وجود اختلافات كثيرة تميز كلاهما عن الآخر، وهو ما سنفصله كما يلي:

يمكن التفريق بين كلا الغاز الطبيعي والغاز الصخري من خلال ما يلي:[1]

* **الشيست (Schiste):** هو عبارة عن صخور رسوبية تتكون أساسا من جسيمات الطين والطمي الموحدة، ويضاف إليها أثناء المرحلة الرسوبية أنواع من الحطام العضوي الطحلبي النباتي منه والحيواني، وعبر مختلف الأزمنة الجيولوجية يتحول الطين إلى "شيست"، وتقوم البكتيريا أثناء ذلك باستقلاب المادة العضوية المتوفرة مع إطلاق مادة الميثان البيولوجي المركب وتحت تأثير كل من الحرارة والضغط، يمكن أن تتحول المواد العضوية المترسبة داخل صخور الشيست إلى بترول أو غاز أو مزيجا من الاثنين، وهذا التحول يزيد من الضغط داخلها مما يجعلها تدفع جزءا من البترول أو الغاز خارجها، ليصعد نحو صخور أخرى، ويشكل خزانات "تقليدية" من البترول والغاز. ومنه فالشيست أو الصخرة الطينية هي الصخرة الأم (Roche Mére) لكل من البترول والغاز التقليديين، أما الجزء الآخر من البترول أو الغاز الذي بقي داخل "الصخرة الأ فيطلق عليهما تسمية الغاز أو البترول غير التقليديين وهما الغاز الصخري (Gaz de schiste)، والزيت الصخري (Huile de schiste).

[1] طالب حسين الحيالي، مرجع سابق، ص 05.

جدول رقم (01): أوجه الاختلاف بين الغاز الطبيعي والغاز الصخري

أوجه الاختلاف	الغاز الطبيعي	الغاز الصخري
درجة التركيز	يوجد الغاز الطبيعي ضمن احتياطات مركزة من الغاز، ومخزن داخل تجاويف طبقات الأرض ضمن خزانات ضيقة ومحددة المعالم	يوجد الغاز الصخري في شكل منتشر، وضمن أحجام واسعة، لكن مع تركيز أضعف، أي أنه مبعثر وليس متراكم داخل صخرة الشيست
طريقة الاستغلال	سهلة نسبيا، ولا تتطلب سوى حفر بئر عمودي كلاسيكي، للوصو ل إليه على أعماق متوسطة (عادة من 2000 إلى 3000 متر)	يتطلب الأمر حفر بئر عمودي على أعماق أكبر (ما بين 4000 إلى 5000متر) لغاية الوصول إلى طبقة "الشيست" ، ثم التحول إلى حفر أفقي لبضع مئات من الامتار، واللجوء إلى تقنيات "التكسير الهيدروليكي"
مكان التخزين	الغاز الطبيعي مخزون داخل تجاويف ضمن طبقات صخرية أعلى.	توجد احتياطات الغاز الصخري حبيسة داخل "الشيست" التي تعتبر في نفس الوقت المصدر والخزّان،
نسبة الاسترجاع	يمتاز الغاز الطبيعي بنسبة استرجاع تقدر بحوالي 90%	يمتاز الغاز الصخري بنسبة استرجاع ضعيفة تقدر بحوالي 20 %

المصدر: من اعداد الباحثة اعتمادا

– احمد طرطار، طارق الراشي , "**الغاز الصخري كمصدر جديد للطاقة,الفرص المتاحة و التهديدات المطروحة ضمن إطار حماية البيئة من اجل التنمية المستدامة**". ورقة بحثية مقدمة ضمن فعاليات الملتقى الدولي حول السياسات الاستخدامية للموارد الطاقوية بين متطلبات التنمية القطرية و تامين الاحتياجات الدولية ,كلية العلوم الاقتصادية التجارية و علوم التسيير, جامعة سطيف, الجزائر, 2015، ص 07.

3.2.تاريخ ظهور الغاز الصخري

كانت البداية عند حفر أول بئر غاز تجاري في الولايات المتحدة، بالضبط في ولاية نيويورك سنة 1821، قبل سنوات طويلة من حفر لأول بئر للنفط، كانت في الحقيقة بئرا للغاز الصخري، بعد ذلك أنتجت كميات غاز محدودة من تكوينات الطفل الصفحي المتشققة منخفضة العمق، و (خاصة في حوضي الأبالاش ومتشقن)، فقد ظل إنتاج الولايات المتحدة الإجمالي للغاز الصخري متواضعا، إذ طغت عليه الكميات الهائلة من الغاز الطبيعي المستخرجة من مكامن الصخور الرملية ، وعلى الرغم من إثبات وجود ثروات في صخور الطفل الصفحي حول العالم منذ سنوات عديدة، لم تعتبر أكثر هذه الصخور مصادر محتملة لكميات تجارية من الغاز الطبيعي لقصور نفاذيتها الطبيعية.[1]

يعود الفضل في ازدهار فكرة اعتماد الغاز الصخري في الولايات المتحدة، بحسب "الفاينانشال تايمز"، إلى جورج ميتشل (الملقب بوالد الغاز الصخري)، ابن أحد المهاجرين اليونانيين والذي أصر على البحث عن ضالته المنشودة رغم الشكوك والصعاب، واستطاع ميتشل مع فريقه تطوير تقنية التفتيت الهيدروليكي وهي عملية ضخ مياه ورمال وكيماويات في آبار جوفية عميقة، على نحو يتيح تدفق الغاز الطبيعي المحصور في الصخور وطبقها في حقل بارنيت في شمال ولاية تكساس الأمريكية، ثم طبقت هذه التقنية في ولايتي أركنساس ولويزيانا الأمريكيتين، حيث استخرج الغاز الصخري في عام

[1] دراسة موارد الطاقة ، **نظرة مركزة على الغاز الصخري**، مرجع سابق، ص 07.

1998م بتكلفة مقبولة. وقد حقق ثروة تقدر بنحو 5.3 مليار دولار من بيع شركته عام 2002 لشركة ديفون الأمريكية المتخصصة في الاستكشاف بالمناطق البرية[1].

يعتبر الكثيرين ان التحول الفكري الذي طرأ حول إمكانيات الغاز الصخري لا يمكن اعتباره اكتشافا لموارد جديدة، بل هو نتاج تطوير و تطبيق لتقنيات حديثة تمكن من تحقيق معدلات إنتاج عالية ولذلك فهذه المسألة تعتبر استغلال للموارد و ليست مسألة إستكشاف.

ثالثا: الغاز الصخري (الأهمية، ومراحل تطوره، المزايا والعوائق)

يحضي الغاز الصخري بالغ الاهتمام من قبل دول العالم نتيجة اكتشاف الحجم الهائل للاحتياطات، وخاصة بعد استغلاله من طرف الولايات المتحدة الأمريكية.

1.أهمية الغاز الصخري

تكمن أهمية الغاز الصخري في الولايات المتحدة في تراجع الاحتياطيات المثبتة لكل من الغاز و النفط (التقليدي)، إضافة الى تراجع معدلات اكتشاف احتياطيات جديدة لكليهما، حيث حاز على اهتمام شركات النفط العالمية خاصة بسبب حجم المخزونات من الغاز "غير التقليدي" الذي يشمل الغاز المنتج من الحقول البحرية والغاز الصخري ويترجم هذا الاهتمام استحواذ شركة اكسون موبيل في عام 2009 على شركة (Energy XTO) التي تعمل في قطاع استكشاف وإنتاج الغاز الصخري في صفقة بلغت قيمتها 41 مليار دولار.[2]

2. مراحل تطور الغاز الصخري

لقد شهدت مرحلة تطور الغاز الصخري في الولايات المتحدة الأمريكية تطور ملحوظ حيث شبهها بعض المحللين بحمى الذهب في عام 1849 ، عن ارتفاع معدلات إنتاجه، و هو الأمر الذي أدى إلى نمو إمدادات الغاز في الولايات المتحدة بنسبة 20 %خلال السنوات الخمس الماضية، ففي عام 1996 كان حجم إنتاج الغاز الصخري في الولايات المتحدة 0.3 تريليون قدم مكعب، مثلت نحو 1.6 %من إجمالي الإنتاج الأمريكي للغاز، وارتفعت في عام 2000 إلى 0.39 تريليون قدم مكعب، وبحلول عام 2006، تضاعف الإنتاج ثلاث مرات فبلغ 1.1 تريليون قدم مكعب لتشكل نحو 5.9 %من إجمالي إنتاج الغاز في أمريكا.[3]

وحصلت القفزة الكبرى في إنتاج الغاز الصخري، حيث بلغ حجم إنتاج الغاز الصخري في عام 2010 نحو 4.87 تريليون قدم مكعب، شكلت ما نسبته 23 % من إجمالي استهلاك السوق الأمريكية من الغاز، وتمتد مكامن الغاز الصخري في تكساس ولويزيانا وأركنساس ونيويورك، وأهم الحقول المنتجة بارنيت في شمال تكساس، وهاينزفيل في لويزيانا ومارسيلوز في بنسلفانيا.

---

[1] أوسياف عمار ياسين، **"الغاز الصخري في الجزائر: بين بديل لتنويع المداخيل واشكالية تلوث البيئة"**، مجلة دراسات وأبحاث اقتصادية في الطاقات المتجددة، المجلد 6 ،العدد 1، ص 59.

[2] مرجع نفسه، ص 60.

[3] مرجع نفسه.

3.مزايا وعوائق استغلال الغاز الصخري

يمتاز الغاز الصخري بعدة إيجابيات ومزايا كثيرة كمصدر طاقوي جديد، مع وجود بعض العوائق التي لا يمكن تجاوزها ولعل أهمها نذكر ما يلي:[1]

الجدول رقم (02): مزايا وعوائق استغلال الغاز الصخري

مزايا إستغلال الغاز الصخري	عوائق إستغلال الغاز الصخري
- إضافة كميات مهمة من الغاز لقاعدة الموارد العالمية؛ - تتطلب وقتا أقصر لأول عملية إنتاج مقارنة بالغاز التقليدي؛ - استعمال مصادر طاقة أنظف؛ - الاستغلال الواسع لتقنيات الحفر الجديدة حول العالم؛	- إرتياب في التكاليف والقدرة على الدفع؛ - شكوك حول إمكان قبول البيئة لتقنيات الإنتاج؛ - نسب تراجع غير واضحة ما قد يؤثر، على نحو محسوس، في تقديرات الاحتياطي؛ - المعارضة المحلية لاستثمار الغاز الصخري.

المصدر: دراسة موارد الطاقة: "**نظرة مركزة على الغاز الصخري**"، مجلس الطاقة العالمي، 2010، ص 06.

4.مدة حياة حقول الغاز الصخري

تتسم حقول الغاز الصخري بسرعة تراجع معدلات إنتاجها خلال السنوات الأولى من بدء الإنتاج، حيث يصل معدل التراجع نهاية السنة الأولى إلى نحو 60 %من أعلى مستوى للإنتاج، ثم يستمر في التراجع ليصل إلى أدنى مستوى له بعد سبع إلى تسع سنوات من بدء الإنتاج كأقصى تقدير، حيث ينفذ مخزون حقل الغاز الصخري في بعض الأحيان في مدة لا تتجاوز ثلاث سنوات،[2] مما استدعى بعض الدول إلى توقيف إستخراجه نتيجة عدم مردوديته، و تجدر الإشارة إلى أن مخزونات الغاز الصخري كانت معروفة منذ زمن طويل، لكن تقنية استخراجها بتكلفة منخفضة بالدرجة الكافية لم تكن متاحة.

المطلب الثاني: خصائص الغاز الصخري وتقديرات احتياطاته العالمية

إن التطور و التقدم التكنولوجي سمح بإكتشاف حجم الموارد القابلة للاسترجاع الغاز الصخري والنفط الصخري أي موارد غير تقليدية والتي تختلف عن مثيلتها الموارد التقليدية

أولا: خصائص الغاز الصخري

للغاز الصخري عدة خصائص تميزه عن باقي الموارد الطاقوية خاصة لمثيله الغاز الطبيعي، نذكر منها:

1.قلة التركيز: الغاز الصخري(غير تقليدي*) أقل تركيز من الغاز الطبيعي (التقليدي) ولا ينفذ بسهولة من خزاناته التي يتواجد فيها بسبب المسامية الضعيفة لصخور الشيست والمساحة الصغيرة التي يشغلها ضمنها مع نسبة استرجاع متدنية، ويأخذ الغاز الصخري ثلاثة أشكال هي:

---

[1] دراسة موارد الطاقة: **نظرة مركزة على الغاز الصخري**، مرجع سابق، ص 06.

[2] أوسياف عمار ياسين، الغاز الصخري في الجزائر: مرجع سابق، ص 58.

* **غير التقليدي"** يقصد بالغاز غير التقليدي أي انه يوجد في المكامن التقليدية و لكنه يأخذ شكل آخر أو يتواجد في تكوين مميز يجعل عملية استخراجه مختلفة عن الموارد التقليدية.

- غاز حر (Free gas) محتوى في مسام الصخرة الأم وكسورها؛
- غاز مستوعب (Gas absorbed) أي مثبت كهربائيا في المادة العضوية والطين؛
- غاز منحل (Dissolved gas) أي منحل في المادة العضوية بكميات صغيرة.

2.صعوبة الاستخراج:

لكونه حبيسا في صخور ضعيفة النفاذ مما يعطل انسيابه، يتطلب اللجوء إلى تقنيات خاصة لاستخراجه بطريقة مربحة وهي أساسا تقنية التكسير أو التصديع الهيدروليكي وما تؤدي إليه من زيادة تكاليف الإنتاج.

3.كثرة منشآت الاستغلال:

يتطلب الغاز الصخري منشآت صناعية أكثر مقارنة في الإنتاج التقليدي (الغاز الطبيعي)، فإذا كان حقل الغاز الطبيعي يتطلب أقل من بئر استغلال واحد في محيط 10 كلم^2، فإن حقل غاز غير تقليدي (كالغاز الصخري) يتطلب أكثر من بئر واحد في الكلم المربع الواحد مما يكثف بطريقة ملحوظة من آثار منشأة الاستغلال على البيئة.[1]

إن حفر بئر واحد يكلف منشاة بحد ذاتها، ناهيك عن تجهيز حقل للغاز الصخري ذو مساحة 10 كلم^2 (أي ما بين 20 إلى 40 بئر) مثلا يتطلب الكثير من التجهيزات منها:[2]

- إستعمال الماء بكميات كبيرة جدا (من 300 ألف إلى 800 ألف م^3) ومن المواد الكيماوية (من 03 آلاف إلى 06 آلاف م^3) ومن الرمال (من 25 ألف إلى 50 ألف طن)؛
- إنشاء من 20 إلى 40 حوضا بحجم أحواض السباحة الأولمبية لتخزين المياه المستعملة بعد عملية التكسير الهيدروليكي (على أساس 1 حوض لـ 01 بئر)؛
- وضع وسائل لنزع وإزالة الغازات من هذه المياه؛
- تجهيز هذه الأماكن بوسائل نزع التلوث؛
- التزود بوسائل نقل المياه المعالجة ومنزوعة التلوث، نحو أماكن إعادة استعمالها في التكسير؛
- وضع نظام لتخزين الغاز المنتج أو شبكة أنابيب لنقل المنتوج نحو أماكن الاستعمال.

4.خصائص إنتاج مختلفة:

يتحدد إنتاج الأول (أي بئر الغاز الصخري) بحجم امتداد عملية التكسير الهيدروليكي: فعادة ما تسمح هذه العملية في السنة الأولى من الاستغلال من تحرير كميات كبيرة من غاز الميثان (ما بين 50إلى 60 %من حجم الغاز) لتتراجع الكميات بحوالي 20 %منذ السنة الثانية، ليصبح الإنتاج هامشيا ما بين 04 إلى 06 سنوات منذ انطلاقه

5.مساحة استغلال أكبر:

[1] Agence internationale de l'énergie (AIE): « Les règles d'or pour un âge d'or du gaz ». Édition spéciale sur le gaz non conventionnel, Paris, 2013, P19

[2] Ibid.

فمن أجل إنتاج نفس الكمية من المحروقات، يتطلب الغاز الصخري مساحة تزيد عن عشر 10مرات المساحة المطلوبة في إنتاج الغاز الطبيعي، وذلك بسبب نسبة الاسترجاع المتدنية في الغازات غير التقليدية حوالي 20% مقارنة مع نسبة 90 %في الغاز الطبيعي التقليدي.

6.مشكلة القابلية الاجتماعية:

يتميز الغاز الصخري بتوزيعه الجغرافي الواسع، فقد يتواجد الغاز الصخري في أماكن ليس فيها نشاطات بترولية وغازية من قبل، وهذا ما يعقد من عملية القبول الشعبي والاجتماعي لاستغلاله حيث أن ذلك من شأنه إحداث تغيير سريع في المكان، وفي اتجاه سلبي.*

ثانيا: تقديرات الاحتياطات العالمية من الغاز الصخري

تعتمد التقديرات لحجم الاحتياطات العالمية للغاز الصخري على تقارير إدارة المعلومات الأمريكية سواء داخل الولايات المتحدة الأمريكية أو خارجها، وتشير البيانات إلى الحجم القابل للاستخراج للغاز والنفط الصخريين في العالم مع الكميات المؤكدة والكميات الأخرى غير محددة.

1.احتياطات الغاز الصخري وأماكن تواجده

1.1.أماكن تواجد

يمكن افتراض أن الغاز الصخري يوجد دائما بالقرب من المكامن التقليدية و في الحقيقة توجد صخور المنشأ في كثير من النظم التي لا تكون فيها صخور المكمن التقليدية متاحة لينفذ إليها الغاز الطبيعي، و لهذا يتوقع أن تكون موارد الغاز الصخري وفيرة، و في الواقع، تكمن جميع موارد الغاز بالولايات المتحدة في صخور قديمة جدا، وفي المقابل يتمّ العثور على الغاز في خليج المكسيك في صخور أحدث .و تؤكد بيانات العمر و العمق للغاز الصخري أنه في حالة غازية و أنه لا يقترن أساسا بوجود نفط سائل، و يتفاوت العمق الذي يوجد فيه الغاز الصخري ففي معظم الحالات هو أقل عمقا من مكامن الغاز التقليدية و لكنه قد يكون في مثل عمقها أو أعمق منها في بعض الحالات[1].

2.1.احتياطات الغاز والنفط الصخري

لقد إزدات الأهمية العالمية للمصادر الطاقوية غير التقليدية منذ بداية الألفية الثالثة، رغم كونها معروفة منذ عقود خلت، ويعود ذلك إلى جملة عوامل أهمها مسألتي حجم الاحتياطات والتوزيع الجغرافي الواسع.

1.2.1.حجم الاحتياطات: بالنسبة لاحتياطات الغاز الصخري في العالم القابلة للاستخراج من الناحية الفنية، تقدر بحوالي 7299 تريليون قدم مكعب، تعتبر الصين الأولى عالميا بحوالي 1115 تريليون قدم مكعب بنسبة تبلغ 3.15 % من إجمالي موارد الغاز الصخري في العالم، تليها الأرجنتين بحوالي 802 تريليون قدم مكعب بنسبة تقدر بحوالي 11%

* قد يكون استغلال الغاز الصخري في مكان يكون طبيعيا هادئا، ثم يتحول فجأة إلى ورشة كبيرة: شق الطرقات، حفر البئر، معدات تحدث ضجيجا وملوثات، عدة أحواض للمياه المستعملة في عملية التكسير تنفث مواد كيماوية وسامة بلا مراقبة، ثم مخاطر تسرب غاز الميثان الخطير، وعدة اعراض بيئية خطيرة.

[1] دراسة موارد الطاقة، مرجع سابق، ص 12.

من الإجمالي المتاح، فالجزائر في المركز الثالث بحوالي 707 تريليون قدم مكعب بنسبة تبلغ حوالي 7.9% بينما حلت الولايات المتحدة الأمريكية في المركز الرابع بحوالي 665 تريليون قدم مكعب وبنسبة تبلغ حوالي9.1 ،%تليها كندا في المركز الخامس بحوالي 573 تريليون قدم مكعب وبنسبة تبلغ حوالي 7.85 ،%ثم المكسيك في المركز السادس 543 تريليون قدم مكعب وبنسبة تبلغ حوالي 7.44% ثم أستراليا، جنوب إفريقيا، روسيا والبرازيل و3.35%، 3.9% ،5.34% ،5.98% على التوالي، حسب ما يوضحه الجدول الآتي:[1]

جدول رقم (03): احتياطيات الغاز الصخري في العالم.

الترتيب	الدولة	الغاز الصخري (تريليون قدم مكعب)	الكمية القابلة للاسترجاع (تريليون قدم مكعب)
01	الصين	1275	1115
02	الولايات المتحدة	861	665
03	الأرجنتين	773	802
04	المكسيك	681	543
05	جنوب إفريقيا	483	390
06	كندا	388	573
07	ليبيا	289	-
08	الجزائر	229	707
09	البرازيل	226	245
10	فرنسا	180	-
	المجموع	5385	5040

Source :Raymond Bonnaterre, «Gaz de schistes: La Chine possèderait d'énormes : réserves, la France ferait partie des pays privilégiés annonce l'EIA Leblog energie (2011).consulter le 15/04/2023.
http://www.leblogenergie.com/2011/04/07

الاحتياطات المقدرة من الغاز الصخري، موارد قابلة للاستخراج اقتصاديا، أو تكوينات صخرية جاذبة، وهي احتياطات كبيرة، إذا ما قورنت بالاحتياطات المؤكدة من الغاز الطبيعي بكل أنواعه، فالغاز الصخري المقدر في الصين يبلغ 31220 مليار م^3 (1115 تريليون قدم مكعب)، وهي كمية كبيرة، وتأتي الجزائر في المرتبة الثالثة، حيث تبلغ فيها احتياطات الغاز الصخري المقدر 19796 مليار م^3 (707 تريليون قدم مكعب)، وتملك الولايات المتحدة

[1] Raymond Bonnaterre, «Gaz de schistes: La Chine possèderait d'énormes : réserves, la France ferait partie des pays privilégiés annonce l'EIA Leblog energie (2011).consulter le 15/04/2023.
http://www.leblogenergie.com/2011/04/07

الأمريكية ما يعادل 17500 مليار م^3 (665 تريليون قدم مكعب) من الغاز الصخري المقدر وهي بذلك تحتل المرتبة الرابعة عالميا[1].

جدول رقم (04): احتياطيات الغاز الصخري والقابل للاستخراج في شمال افريقيا

الترتيب	الدول	الاحتياطي الإجمالي من الغاز الصخري تريليون قدم مكعب	الاحتياطي المؤكد القابل للاستخراج من الغاز الصخري تريليون قدم مكعب
01	**الجزائر**	3419	707
02	**ليبيا**	942	122
03	**مصر**	535	100
04	**تونس**	114	23
	المجموع	**5010**	**952**

المصدر: اعتمادا على الموقع: https://ar.wikipedia.org/wiki تاريخ الاطلاع 2023/05/22.

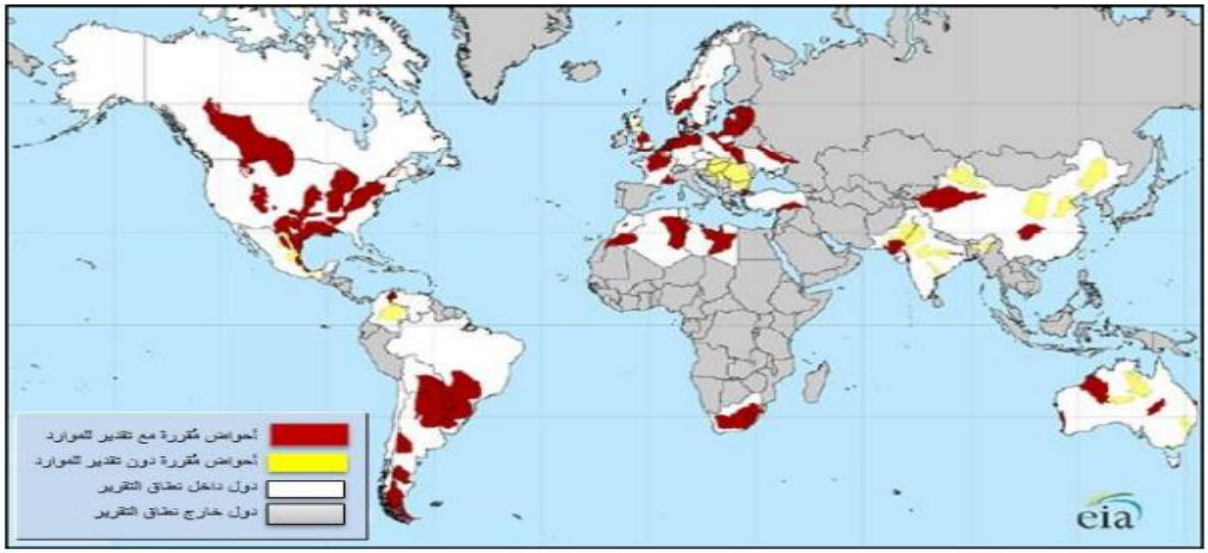
ويلاحظ أن العديد من الدول التي تم إكتشاف مخزونات ضخمة من الغاز الصخري فيها لا تملك احتياطيات تذكر من الغاز الطبيعي التقليدي مثل فرنسا وبولندا والبرازيل وجنوب إفريقيا، وهي دول مستوردة للغاز بنسب تتراوح بين 45% للبرازيل و98% لفرنسا من إجمالي استهلاكها المحلي، ووفقا لتقرير إدارة معلومات الطاقة الأمريكية لسنة 2011، فإن الغاز الصخري سيشكل بحلول عام 2035 نحو 62% من إجمالي إنتاج الصين من الغاز، ونحو 50% من إجمالي إنتاج أستراليا، و46 % من إجمالي إنتاج الغاز في الولايات المتحدة.

2.2.1.التوسع الجغرافي:

يتضح لنا أن هناك احتياطيات كبيرة من الغاز الصخري ترتكز بشكل رئيسي في آسيا والقارتين الأمريكيتين، مع وجود احتياطيات أخرى بشكل أقل في أوروبا وإفريقيا، وهذا توضحه، والشكل الآتي يوضح خريطة العالم التي توضح أهم الأحواض الكبرى من الغاز والنفط الصخريين:[2]

[1] Ibid.
[2] EIA, Technically Recoverable Shale Oil and Shale Gas Resources: An Assessment of 137 Shale Formations in 41 Countries Outside the United States, (June 2013), p.35

خريطة رقم (01): توزيع الأحواض الرسوبية للنفط والغاز الصخريين في العالم



Source: EIA, Technically Recoverable Shale Oil and Shale Gas Resources: An Assessment of 137 Shale Formations in 41 Countries Outside the United States, (June 2013), p.35

تتشكل هذه الموارد غير التقليدية من الغاز والنفط الصخريين خارج الولايات المتحدة الأمريكية في 60 حوض رسوبي موزعة على 137 تشكيلا صخريا، أما في الولايات المتحدة الأمريكية فتتكون في 21حوض رسوبي في طبقات الأرض التحتية بعمق يصل إلى 1000 متر، أغلبها تتموقع بولاية تكساس وفي مناطق شمال داكوتا.[1]

المطلب الثالث: طرق استخراج الغاز الصخري

هناك تقنيات عديدة معتمدة في عملة استخراج الغاز الصخري، بعضها قديم يجري استخدامه منذ عقود طويلة ضمن عمليات استغلال المحروقات التقليدية، وبعضها قيد الدراسة والتجارب، لكن هناك تقنيتان أساسيتان تميزان عمليات استخراج الغاز الصخري وهما: الحفر الأفقي من جهة والتكسير الهيدروليكي من جهة ثانية؛ وهذه الأخيرة تعد أكثر تقنية إثارة للجدل لما تخلفه من آثار على البيئة والمحيط

أولا:**تقنية الحفر الأفقي**: (horizontal Forage)

تعد تكنولوجية الحفر الأفقي قديمة نوعا ما من الناحية التاريخية، حيث تعود إلى سنة 1920، أين كان يجري استعمالها في حقول البترول والغاز التقليديين وخاصة في الآبار البحرية (Offshore drilling) وهي تسمح بالبقاء داخل الطبقة المنتجة وعدم الخروج عنها، وتم إنجاز أول حفر أفقي عام 1929 بولاية تكساس الأمريكية.[2]

ونظرا لكون الغاز الصخري لا ينساب بسهولة نحو البئر العمودي بسبب ضعف مسامية صخور الشيست، فيتم اللجوء أولا إلى حفر البئر بطريقة تقليدية أي بحفر عمودي (Vertica Drilling) إلى أعماق 2000 أو 3000 متر

[1] EIA, Technically Recoverable Shale Oil and Shale Gas Resources: An Assessment of 137 Shale Formations in 41 Countries Outside the United States, (June 2013).
[2] Raymond Bonnaterre, op-cit.

أو أكثر لغاية الوصول إلى طبقة صخور الشيست، ثم التحول إلى طريقة الحفر الأفقي(Horizontal drilling) عبر توجيه أداة الحفر الدائرية(tricone/bit) على مسار أفقي على مسافة من 1 إلى 2 كيلومتر، لتعريض بئر الحفر لأكبر كمية ممكنة من الخزان، وتعظيم فرص البئر في التقاطع مع أكبر عدد من الكسور الطبيعية داخل الخزان بما يسمح من ضخ كميات الغاز التي يحتويها بأقل التكاليف.[1]

كما برزت تقنية حديثة ملائمة لاستغلال الغاز الصخري، هي تقنية الحفر متعددا الأذرع، التي تتم من خلال حفر عدة آبار وإكمالها انطلاقا من منصة واحدة، وهذا يقلل الحاجة الى الطرقات وتقليص عدة آثار الناجمة عن عمليات الاستغلال، وخاصة الاماكن المأهولة بالسكان والأراضي الزراعية وغيرها من المناطق الحساسة بيئيا، كما تسمح هذه التقنية في الرفع من مستوى معالجة المياه المستخدمة.[2]

ثانيا:تقنية التكسير الهيدروليكي (Hydraulic Fracturing)

إن ما يميز استغلال الغاز الصخري هو تقنية استخراجه المتمثلة في التكسير الهيدروليكي، لذا من المهم الالمام بتفاصيل استخدامها، (أبعادها التاريخية، كيفية استخدامها، مكونات التكسير)

1.أبعادها التاريخية: يعود أول استعمال لتقنية التكسير الهيدروليكي إلى بدايات القرن العشرين وتحديدا سنة 1903 في الولايات المتحدة الأمريكية حيث كانت تستعمل بديلا أسهل من المتفجرات في تكسير الغرانيت، لكن أول استعمال لها في الاعماق (دون حفر أفقي) تم بواسطة شركة هاليبورتون Halliburton الأمريكية عام 1947 على مستوى حقول المحروقات التقليدية بمنطقة "هوكتون" بالتكساس وبعد نجاحها، تم تعميم التقنية عالميا[3].

2.عملية التكسير الهيدروليكي

وتسمى أيضا التصديع المائي هو ثاني وأهم وأخطر تقنية تميز استغلال الغاز الصخري الصخري، بل أن اكثر من 99% من إنتاج الغاز الصخري حاليا يتم من خلال استعملاها.*

تتم هذه العملية بعد الانتهاء من الحفر العمودي للبئر وصولا إلى طبقة الشيست، ثم الحفر الأفقي إلى مسافات تصل إلى ألفي متر، وبعد تكسير صخرة الشيست، يتم العمل على خلق اتصال ما بين مسامها (وهي عبارة عن مساحات مجهرية غير متواصلة ومملوءة بالميثان)، وذلك بواسطة حقن البئر الأفقي بمزيج من المياه (من 07 الى 15 مليون لتر) والرمال و المواد الكيماوية والذي يعمل على إبقاء لوحات طبقة الشيست متباعدة (Les plaques)، بإضافة ضغط عال جدا يقدر بـ (600 بار)، ثم يتم توقيف الحقن و يتم ضخ الماء نحو الخارج لترك المجال أمام الغاز للصعود نحو

---

[1] محمد عشاشي، **اشكالية البيئة والتنمية في الجزائر : حالة التغيرات المناخية والغاز الصخري**، أطروحة مقدمة لنيل شهادة دكتوراه علوم، كلية العلوم السياسية تخصص العلاقات الدولية، جامعة قسنطينة 3، 2020-2021، ص 395.

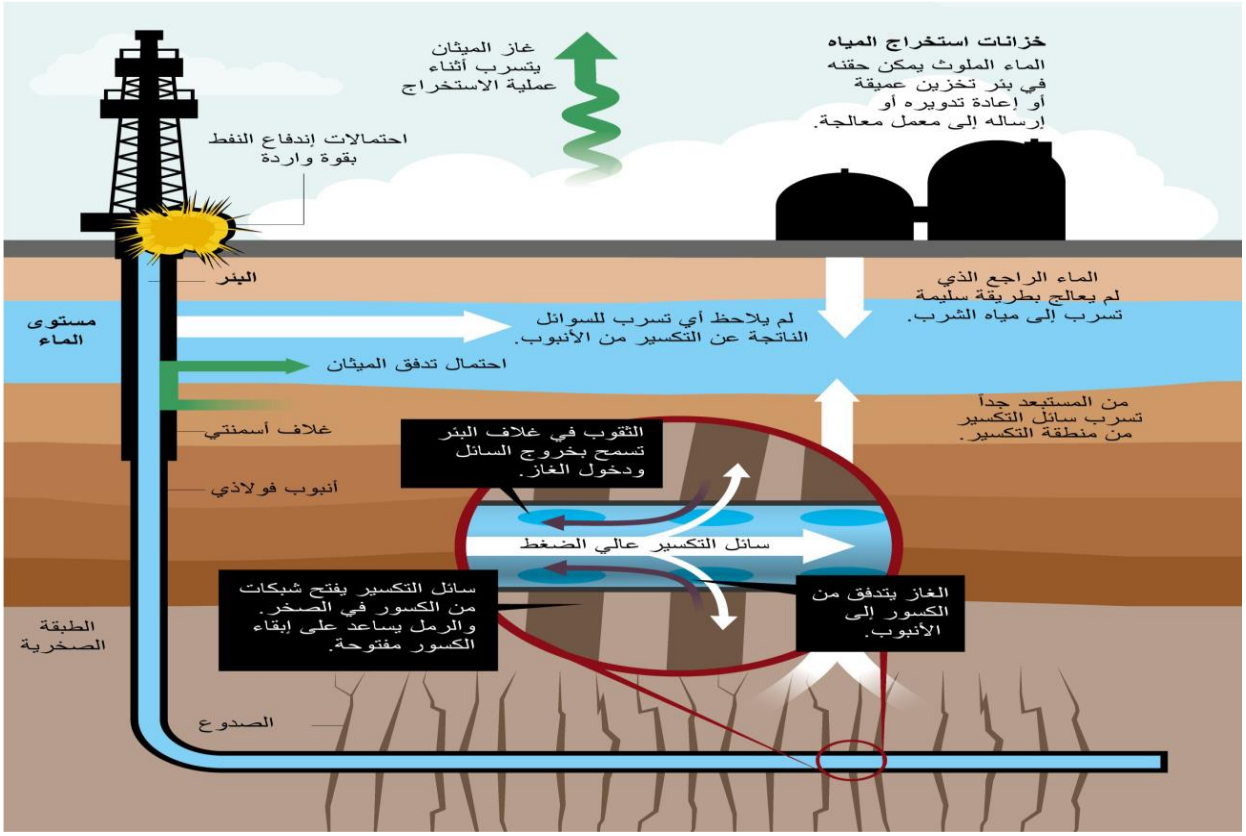
[2] نسيمة سابق، **"الأمن الطاقوي في الجزائر ثنائية الغاز الصخري و الهواجس البيئية"**، مجلة دراسات وأبحاث المجلة العربية للأبحاث والدراسات في العلوم الانسانية والاجتماعية، مجلد 12، العدد 04، اكتوبر 2020، ص 858.

[3] التكسير الهيدروليكي على الموقع: تاريخ الاطلاع 2022/05/20https://fr.wikipedia.org/wiki/Fracturation_hydraulique

*لقد تم الجمع بين تقنيتي التكسير الهيدروليكي والحفر الموجه (أو الحفر الأفقي) وذلك في السنوات الأولى من الألفية الثانية في حقل BARNETT بتكساس الأمريكية، وكانت شركة Energy Mitchel أول من صمم هذا الإستعمال، والتي كانت قفزة نوعية في الصناعة الغازية.

السطح عبر أنبوب الحفر أين يتم استرجاعه في خزانات وتكريره ثم نقله عبر أنابيب أو شاحنات صهاريج لتسويقه،[1]كما هو موضح في الشكل الآتي:

الشكل رقم (03): رسم تخطيطي عن كيفية استخراج الغاز الصخري والنفط الصخري في أحد الآبار



المصدر: فهد تركي، مستقبل إنتاج النفط والغاز من مصادر غير تقليدية، مجلة جدوى الاستثمار، المملكة العربية السعودية، ديسمبر، ص 13.

لقد وجهت انتقادات عديدة وشديدة لهذه التقنية (والتي تعد أهم عيوب استغلال الغاز الصخري)، وذلك بسبب الكميات الكبيرة جدا من المياه المستعملة في العملية (قد تصل إلى 20 مليون لتر في البئر الواحد)، وأيضا بسبب المواد المضافة إلى هذه المياه، والتي تجعل منها مزيجا خطرا محدقا بالبيئة وبصحة الإنسان على السواء .

ثالثا:مكونات مزيج التكسير:

يتكون السائل المستعمل في عملية التكسير الهيدروليكي من المواد التالية:[2]

1.المياه: كميات كبيرة جدا من المياه تقدر ما بين 05 آلاف إلى 15 ألف م^3، وقد تصل إلى 20 ألف م^3(أي 20 مليون لتر) وهو ما يعادل مائة 100 ضعف ما تستهلكه آبار المحروقات التقليدية من المياه.

[1] www.sciencesetavenir.fr/infographies/gaz_de_schiste_5_termes_essentiels_à_connaitre_11592. (consulté le 25/11/2020)

[2] محمد عشاشي، مرجع سبق ذكره، ص 398.

يتمثل دور المياه في نقل الضغط الذي يمكن من تشقيق الصخرة من جهة، وفي نقل الرمال من جهة ثانية، هذه الأخيرة يتمثل دورها في الإبقاء على الشقوق مفتوحة.

ويمكن استرجاع حوالي 40 % فقط من المياه المستعملة في التكسير الهيدروليكي واعادة استعمالها في العملية من جديد بينما تبقى الكميات الأخرى (المستعملة والملوثة) في باطن الأرض (مع خطر تسربها إلى المياه الباطنية أو السطحية).

ويشير تقرير المعهد العالمي للموارد WRI (World Resources Institute)، الصادر شهر سبتمبر 2014 إلى أن ما نسبته 38 %من احتياطات الغاز الصخري في العالم توجد في أماكن قاحلة وأن ثمانية 08 دول من بين الدول العشرون الأولى عالميا من حيث الاحتياطات، تعاني من ندرة المياه في المناطق الغنية بالغاز الصخري وهي: الصين والجزائر والمكسيك وجنوب إفريقيا وليبيا وباكستان ومصر والهند.[1]

2. الرمال: تستخدم لتجنب إعادة انغلاق الكسور المحدثة داخل صخرة الشيست بعد تصديعها بالمياه و الضغط العالي، يتم مزج الماء المستعمل في التكسير بمواد كيماوية وبرمل Proppant ، تقدر كمية الرمال المستعملة ضمن مزيج التكسير الهيدروليكي (المكون من مياه ورمال ومواد كيماوية) ما بين 1000 و 1200 طن^2، وهي عبارة عن رمال طبيعية أو صناعية يتم إدخالها داخل الكسور والتصدعات المحدثة في الصخرة الأم لإبقائها مفتوحة لغاية تفريغها من الغاز أو الزيت الذي تحتويه مسامها، وتعود فكرة استعمال الرمال الطبيعية (Proppants Naturels) لمنع غلق الكسور والتصدعات المفتوحة، إلى بداية خمسينيات القرن العشرين بغرض زيادة إنتاج الآبار، أما الرمال الاصطناعية، (Synthetic Proppant)، فتعود بدايات استعمالها إلى سبعينيات القرن العشرين، عندما أمكن حفر الآبار إلى أعماق أكبر وظهرت الحاجة إلى عوامل دعم شديدة المقاومة للضغط والأحماض، حيث تم تصنيع هذه الرمال من مادة السيراميك.

3.مواد كيميائية: نظرا لوجود بعض الظواهر التي تعقد من استعمال تقنية التكسير الهيدروليكي مثل وجود بكتيريا في المياه المضغوطة في البئر، وتحولها بفعل الحرارة إلى غاز خطير هو غاز كبريتيد الهيدروجين H_2S، أو ترسب الرمل في المياه وتراكمه في الشقوق المفتوحة، أو من أجل جعل سائل التكسير أكثر لزوجة، اضطرت شركات الإستغلال إلى إضافة مواد كيميائية* إلى كل من المياه والرمال ضمن سائل التكسير، وتتكون هذه المواد المساعدة من:

- بيوسيدات (Biocides) تقلص من التكاثر البكتيري في السائل وفي البئر؛

[1] Paul Reig, Tianyi Luo & Jonathan N. Proctor, «Global shale gas development: water availability and business risks». In: www.wri.org/publication/globale consultation le 10 aout 2022.

[2] Ibid.

* إلى غاية عام 2011 كانت الشركات العالمية الرائدة في تقنية التكسير الهيدروليكي ترفض الإفصاح عن تركيبة مزيج التكسير وخاصة المواد الكيماوية المستعملة فيه، إلى أن ألزمتها الوكالة الأمريكية لحماية البيئة EPA وكذا مجلس النواب الأمريكي على فعل ذلك، حيث تبين استخدام ما يقارب 750 مادة كيميائية في المزيج من قبل أهم 15شركة أمريكية عاملة في القطاع ما بين أعوام 2005 و 2009، وما يزيد من خطورة هذه المواد الكيميائية السامة، أن مزيج التكسير الذي يحتويها لا تعود نسبة كبيرة منه إلى السطح قد تصل إلى 50% بعد انتهاء العملية. بل يبقى داخل الصخور التي تم كسرها، مع إمكانية نفاذه لاحقا إلى المياه الجوفية والمياه السطحية بمرور الوقت

- مواد تشجع نفاذ الرمل في الشقوق والكسور المحدثة؛[1]
- مواد تزيد من إنتاجية الآبار عبر تحفيز خروج الغاز من الصخرة؛
- مجسات مشعة (Radioactive tracers) تسمح بتقييم نتيجة التكسير.

بعض هذه المواد غير ضار (كالملح، حامض الستريك ومضافات غذائية قابلة للتحلل)، لكن بعضها الآخر شديد السمية (كالبانزان أو الرصاص)، وبعضها ملوثات معروفة مثل الميثانول (ملوث جوي)، ووقود الديزل (ملوث المياه) بل إن بعضها مسرطن (مثل النفطلين والأكريلاميد) وبعضها مشع.

فضلا عن استعمال تقنية التكسير الهيدروليكي في استغلال الطاقات غير التقليدية (كالغاز والنفط الصخريين) وهو أشهر توظيف للتقنية، هناك استعمالات أخرى ولكن بأهمية أقل ومنها[2]:

- تحفيز آبار المياه الشروب؛
- تهيئة طبقات جيولوجية معينة (عبر تكسيرها) لتسهيل استغلالها منجميا في المستقبل؛
- في ميدان الطاقة الحرارية الأرضية (Geothermal energy): ان المياه المستعملة في التكسير عند ملامستها للصخور الباطنية ترتفع حرارتها. ومنه يمكن تحويل الطاقة الحرارية التي تحملها إلى وحدة معالجة في السطح تزود "توربينات" لإنتاج الكهرباء مثلا.

رابعا: بدائل التكسير الهيدروليكي

تعتبر عملية التكسير الهيدروليكي من أكثر الجوانب إثارة للجدل في تطوير الغاز الصخري بسبب الأثر البيئية الناتجة عن هذه العملية، خاصة تلك المتعلقة باستخدام كميات كبيرة من المياه وخطر التلوث الناتج عن استخدام المواد الكيميائية؛ لذلك تجري البحوث حاليا من أجل تطوير تقنيات بديلة لعملية التكسير الهيدروليكي، والتي تهدف أساسا إلى تقليل استخدام الماء والمواد الكيميائية، ويمكن استعراض بعضا من تلك الطرق فيما يلي:

1.استخدام ثاني أكسيد الكربون: بحيث يتم ضخ ثاني اكسيد الكربون في البئر في شكل سائل، ومن مزايا هذه الطريقة هي تحسين معدل الإسترجاع، ولا تحتاج الى مواد كيمياوية ولا تتلف الصخور،كما أن ضخ ثاني أكسيد الكربون في باطن الأرض يساهم في التقليل من الإنبعاثات المسببة للاحتباس الحراري، لكن هذه الطريقة تبقى محدودة الاستخدام بسبب التكلفة المرتفعة لها وضعف قدرة هذا الخليط على نقل الرمل.[3]

2.استخدام البرون المسال: في هذه الطريقة يتم جعل البرون المسال هلاميا لنقل الرمل بضخه في الصخرة الأم تحت الضغط العالي، ثم يختلط مع المحروقات الموجودة وبفعل الحرارة و الضغط في باطن الأرض يتبخر البرون عند صعوده إلى السطح مع المحروقات، وبالتالي يتم فصله واسترجاعه بنسبة تفوق 95%، ولا تتطلب هذه العملية استخدام المياه

[1] Association Asel-gaz de schiste, «la fracturation hydraulique». France, 2012. P 02. Sur site : www.asel.eu.com/gds.html. Consulté le 28.09.2020.
[2] https://fr.wikipedia.org/wiki/(Fracturation_hydraulique)تاريخ الاطلاع 202/09/12
[3] Philippe Charlez et Pascal Baylocq, Gaz et pétrole de schiste …..en questions, Technique, Paris 2014,p 87.

وتستخدم نسبة أقل بكثير من المضافات الكيميائية بسبب قابلية البرون للاختلاط مع المحروقات، ويعتبر استخدام البرون في بعض المكامن أكثر انتاجية من الماء، فالبرون يدخل ضمن المحروقات الموجودة طبيعيا في الصخرة، وبالتالي فهو لن يسبب في إتلاف التكوين الجيولوجي على عكس الماء، لكن الإشكال يكمن في كون البرون سريع الالتهاب، خاصة أنه يجب تخزين كميات كبير منه على سطح الأرض.[1]

3.البرون غير القابل للالتهاب: يعمل على معالجة مشكل قابلية البرون للالتهاب*، تطور شركة (Ecorpstim) حاليا تكنولوجيا تستخدم فيها سائلا على أساس البرون غير قابل للالتهاب، لا تتطلب هذه التكنولوجيا الماء ولا المضافات ويمكن استرجاع السائل في شكل غازي بصفة شبه كلية[2]، وهو ما يسمح بتعويض السعر المرتفع جدا لهذه المادة.[3]

ولمواجهة ارتفاع تكلفة البرون غير القابل للالتهاب، يمكن الاستفادة من ارتفاع الانتاجية والوفورات المحققة من عدم استخدام المضافات الكيميائية، كما أن استرجاع نسبة كبيرة من السائل الذي يتم ضخه يعتبر عاملا اقتصاد هاما، لإضافة إلى عدم الحاجة الى التجهيزات الأمنية المكلفة، لكن في حالة وقوع أي حادث عند استخدام هذه المادة في استخراج المحروقات يمكن أن يكون خطرا على البيئة، لذلك من المهم القيام بمراقبة التسربات في كل مراحل سلسلة الإنتاج.[4]

4. التكسير الجاف (non-exothermic hydraulic Fracturing)

يتم هذا النوع من التكسير بواسطة حقن الهيليوم السائل، وأوكسيدات المعادن وأحجار مسامية (pumice stones) داخل البئر، حيث ينتج عن أكسيدات المعادن تفاعلات حرارية، ويتحول الهيليوم على إثرها إلى شكله الغازي مما ينتج عنه تضاعف حجم المزيج بـ 202 مرة، مما يؤدي إلى تشقق الصخرة.

كما تقوم الاحجار المسامية حينئذ بتدعيم الشقوق المحدثة في الصخر، مما يسمح للغاز الصخري بالنفاذ لكن ضعف هذه التقنية البديلة يكمن في الكميات الكبيرة من الهيليوم التي تتطلبها، مما يحد من استعمالها وهذا بالنظر إلى ندرة هذا الغاز وغلائه .

وفضلا عن هذه التقنيات البديلة التي تستخدم كبديل عن الكميات الضخمة من المياه التي تتطلبها عملية التكسير الهيدروليكي، يجري تطوير تقنيات أخرى لذات الغرض ومنها:

- تعويض الماء بمادة الأزوت؛

---

[1] Jean-Louis Fellous, Catherine Gautier, les gaz de schiste nouvel eldorado ou impasse ? , Odile Jacob, France, 2014.p49

* يلغي استخدام البرون غير القابل للالتهاب الاخطار الصناعية بنسبة مئة بالمئة، وهو عبارة عن مادة تستخدم في المجال الطبي وقد طورت خلال العقود الأخيرة لتعويض استخدام مادة CFC التي تؤثر بشكل كبير على طبقة الأوزون .

[2] Jean Claude Lenoir, Christian Bataille, les techniques alternatives à la fracturation hydraulique pour l'exploration et l'exploitation dhydrocarbures non conventionnels, office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques, France, 2013, p22

[3] Jean-Louis Fellous, Catherine Gautier, op.cit.p 49

[4] Ibid, p 26.

- التحفيز بواسطة القوس الكهربائي أين يتم تشقيق الصخرة بواسطة تعريضها إلى موجات صوتية acoustic waves وهي تقنية تسمح بتجنب استعمال كلا من المياه والمواد الكيمياوية، لكنها في المقابل تتطلب استهلاك كميات كبيرة من الكهرباء؛
- التكسير الهوائي(Pneumatic Fracturing) عن طريق حقن الهواء المضغوط داخل الصخرة لتفكيكها بواسطة موجات صادمة؛
- التكسير بواسطة الصدمات الحرارية (Thermal shocks): ويكون باللعب على الفوارق الحرارية، حيث يمكن خلق شقوق في الصخرة الأم بواسطة حقن الماء البارد في أعماق كبيرة (حارة)، لكن سلبيات هذه الطريقة تكمن في إحداثها لشقوق صغيرة لا تسمح بالاستغلال من جهة، بالإضافة إلى حاجتها إلى كميات كبيرة من المياه، من جهة ثانية.

هذه التقنيات العديدة والمتنوعة، المطروحة كبديل عن تقنية التكسير الهيدروليكي هي في مراحل مختلفة من التطوير، فبعضها دخل مرحلة التجريب كما يحدث مع تقنية التكسير بواسطة البروبان والتي يجري استعمالها في بضع مئات من الآبار في كل من كندا وأمريكا، وبعضها الآخر لا زال حبيس المخابر لكنها جميعا لا زالت تعد غير ناضجة بالقدر الكافي من قبل الصناعات البترولية والغازية من الناحيتين التقنية والاقتصادية، كما أن آثارها البيئية وجوانبها الأمنية تبقى غير مدروسة إلى حد بعيد، وبالتالي سيكون من الصعب حاليا استبدال التكسير الهيدروليكي بتقنيات جديدة يكمن الحل الأفضل لتخفيف الآثار والنزاعات في القوانين والتنظيمات الشفافة والصارمة، حيث أن أغلب الآثار السلبية الناتجة عن استغلال الغاز الصخري تعود إلى ممارسات خاطئة شبيهة بتلك التي تحدث دائما في المجال البترولي، وتجمع أغلب التقارير على أن وضع تنظيمات خاصة يمكن أن يخفض بشكل كبير الآثار البيئية لاستغلال الغاز غير التقليدي.

رابعا: الجدل حول استغلال الغاز الصخري

يدور جدل كبير ومنذ سنوات بين أنصار استغلال الغاز الصخري من جهة، وبين معارضيه من جهة ثانية، وجوهر الخلاف يدور حول الآثار المترتبة عن عملية استغلاله، ونورد فيما يلي أفكار وحجج كلا الطرفين

1.رأي المؤيدين لاستخراج النفط الصخري على الأضرار المحتملة

يرى أنصار استغلال الغاز الصخري ومنهم مؤسسات دولية مهتمة بقضايا الطاقة(كالشركات البترولية، ورجال سياسة)، أن استغلال هذا المصدر الطاقوي يوفر مزايا جد هامة، ومنها:[1]

- إنخفاض تكلفة الغاز الصخري وبالتالي تخفيض أسعار الغاز أمام المستهلكين؛
- تدعيمه لتنافسية الطاقات الأحفورية؛
- اعتماده على تقنيات ومعدات مثبتة الفعالية منذ عقود في الطاقات لأحفورية التقليدية؛

[1] Charles Caillon, «gaz et pétrole de schiste: les troubles fêtes de la mutation énergétique». In: www.actuenvironnement.com2020/11/10 تاريخ الاطلاع

- كونه أقل انبعاثا واصدارا لغاز ثاني أكسيد الكربون من الطاقات الأحفورية التقليدية كالبترول وخاصة الفحم، وهذا هام من الناحية السياسية (الالتزام بالمواثيق الدولية ذات الصلة)؛
- تحقيق الاكتفاء الطاقوي* وهو مقتضى استراتيجي تسعى إليه كلا من الولايات المتحدة الأمريكية وأوروبا؛.
- توفير مناصب شغل جديدة في قطاع الطاقة غير التقليدية؛
- زيادة العائدات الجبائية للدولة من نشاطات استغلال الغاز الصخري، وهو ما يشكل مداخيل إضافية للخزينة العامة توجه لتحسين وتوسيع المرافق العامة من صحة وتعليم وأمن وغيرها، وهي مداخيل مرحب بها خاصة في زمن الأزمات الاقتصادية التي تعصف بالدول؛
- استرجاع القدرة على المنافسة بفضل الغاز الصخري عبر تقليص تكلفة العمل، حيث يرى أنصار هذا الطرح من الساسة والاقتصاديين أن غرض أمريكا من استغلالها للغاز الصخري ليس تصديره، بل لإعطاء الصناعة الأمريكية ميزة تنافسية دائمة عن مثيلاتها الأوروبية والأسيوية عبر تخفيض فاتورة الطاقة لديها مما يؤدي بدوره إلى خفض تكلفة العمل بحوالي 06 %وبالتالي زيادة تنافسية الشركات الأمريكية.[1]

في مواجهة حملات التشكيك حول هذه الحجج المؤيدة لاستغلال الغاز الصخري، يقر فريق الأنصار بوجود بعض المشاكل والنقائص المرتبطة باستغلاله، لكنهم يرون ضرورة قصر النقاش حول الموضوع على المهنيين والخبراء، بعيدا عن الردود العاطفية وغير العقلانية "وهم يشيرون بذلك إلى الرأي العام عموما أو الحركات الإيكولوجية خصوصا

2. رأي المعارضين لاستخراج النفط الصخري على الأضرار المحتملة

يرى المعارضين (وعلى أرسهم الحركات الإيكولوجية)، أن الجدل مغلوط منذ البداية، لأنه ينطلق من مبدأ أن استغلال هذا المورد الجديد من الطاقة الأحفورية سيكون له بالضرورة مكاسب وآثار إيجابية على الاقتصاد، مع وجود أضرار جانبية يمكن معالجتها مع الوقت بحلول تكنولوجية، كما يزعم أنصار استغلال الغاز الصخري، من تحقيق مكاسب إقتصادية وهي مكاسب إن وجدت مرهونة بالمدى القصير، في حين يقابلها مخاطر حقيقية على المدى البعيد، والجدول الآتي يبين بالتفصيل نقد مبررات أنصار استغلال الغاز الصخري.

*الإكتفاء الطاقوي: هو هدف استراتيجي تسعى إليه كلا من الولايات المتحدة الأمريكية وأوروبا خاصة منذ الأزمة النفطية التي حدثت في سبعينيات القرن الماضي، فأمريكا تسعى للتخلص من تبعيتها للنفط الأجنبي وخاصة من دول الخليج العربي، وكذا التقليص من حجم فاتورة الطاقة والتي كانت تكلفها أزيد من 500 مليار دولار سنويا حينما كان برميل النفط بسعر 80 دولار، أما أوروبا فتسعى إلى التخفيف من اعتمادها الكبير على إمدادات الغاز الروسي وخاصة منذ قيام روسيا بقطعها عن أوكرانيا بسبب توتر بين العاصمتين.

[1] Jean-Louis Fellous, Catherine Gautier, op.cit.p 50

جدول رقم (05): نقد حجج ومبررات استغلال الغاز الصخري

حجج أنصار استغلال الغاز الصخري	نقد الحجج من طرف معارضي استغلال الغاز الصخري
حجية أن الغاز الصخري يوفر كميات إضافية من مصادر الطاقة الأحفورية، وبالتالي يؤدي إلى استمرار نمو الاقتصاد العالمي	هذه الحجة تديم أزمة الطاقة لا أن تحلها، على اعتبار أن مصادر الطاقة الأحفورية (من نفط وغاز وفحم) هي مصادر غير مستدامة ولها آثار سلبية على البيئة والإنسان، والأجدر هو الاستثمار في الطاقات المتجددة وتغيير النظرة إلى التنمية .
الغاز الصخري هو مصدر طاقة أنظف من الكثير من مصادر الطاقة الأخرى وعلى أرسها النفط والفحم	تجاهل حقيقة أن الميثان (هو المكون الرئيسي للغاز الطبيعي وبالتالي للغاز الصخري)، هو من الغازات الدفيئة ذو تأثير حراري قريب المدى (في ظرف 20 سنة) على الغلاف الجوي أكثر خطورة من ثاني أكسيد الكربون.
تخفيض فاتورة الغاز، كإثبات قدموا أرقاما أمريكية عن أن الغاز الصخري، يوفر سنويا مبلغ 929 دولار من فاتورة الطاقة لكل منزل	إن حالة انخفاض الأسعار في أمريكا حالة خاصة ولا يمكن تعميمها على أوروبا مثلا، حيث السوق فيها أقل مرونة وبعقود طويلة الأجل (من 10 إلى 30 عام): ففرنسا مثال تستورد 79%من حاجياتها الغازية.*
مشروع الغاز الصخري يعمل على خلق مناصب الشغل	- هذه الحقيقة نسبية لأن السنوات الأولى من عمر بئر الغاز الصخري تتطلب يدا عاملة أكبر من السنوات الأخيرة، حيث بينت التجربة الأمريكية أنه في مقابل حفر 500 ألف بئر، تم إنشاء حوالي 600 ألف منصب شغل منها 150 ألف منصب مباشر و200 ألف غير مباشر و 250 ألف تبعا للاستغلال، ويرتقب ارتفاع الرقم إلى 1.6 مليون منصب عمل في أفق 2035؛ - مرحلة الاستغلال يتم فيها الاستخراج بطريقة آلية وتنخفض فيها الحاجة إلى اليد العاملة 80 عامل لمراقبة 100 بئر، وجل الوظائف تقنية وتتطلب مستوى علمي وخبرة في المجال وهو مالا يتوفر بالضرورة محليا.
زيادة العائدات الجبائية من نشاطات استغلال الغاز الصخري واستفادة الخزينة العمومية منها	- تستفيد الشركات المستغلة من الإعفاءات الضريبية على النشاط والأرباح التي تسنها التشريعات الوطنية والمحلية لجلب الاستثمار والتي تكون مدتها عادة خمس سنوات، وهي نفس الفترة التي يتم فيها استنفاذ الآبار وبداية تقلص عائداتها وبالتالي عدم استفادة الخزينة العامة منها، بما أن شركات هي شركات أمريكية بالأساس، فهي التي سوف تستولي على معظم الفوائد (في كندا مثلا، 10% من العائدات فقط تأخذها الدولة الكندية، والباقي يعود إلى الشركة المستغلة).

المصدر: من إعداد الباحثة اعتمادا على: محمد عشاشي، اشكالية البيئة والتنمية في الجزائر : حالة التغيرات المناخية والغاز الصخري، أطروحة مقدمة لنيل شهادة دكتوراه علوم، كلية العلوم السياسية تخصص العلاقات الدولية، جامعة قسنطينة 3، 2020-2021، ص ص 406-407.

وفيما يلي جدول يوضح اهم المجالات التي لاقت جدل واسع بين المعارضين والمؤيدين لإنتاج الغاز الصخري

* هناك ثلاثة أنواع من سوق الغاز والتي تحكمها قواعد مختلفة: سوق أمريكي وسوق أوروبي وسوق آسيوي. فالسوق الامريكي هو سوق سبوت (Spot Marché) أي "الدفع العاجل". وهو سوق مرن يتأثر بتغيرات السعر التي قد تكون سريعة وهامة. حيث حدث تنامي كبير الآبار التنقيب عن الغاز الصخري بأمريكا في بداية الألفية الثانية فارتفع بذلك العرض من الغاز في السوق، في وقت انخفض فيه الطلب بسبب الأزمة الاقتصادية مما نتج عنه انخفاض مباشر في الأسعار العاجلة للغاز، إلى أن وصلت إلى 03 دولارللمليون وحدة حرارية بريطانية BTU* بعدما كان سعرها 08 دولار عام 2010.

جدول رقم (06): مجالات تضارب وجهات النظر المعارضين والمؤيدين لإنتاج الغاز الصخري

المجال	مؤيدين لانتاج الغاز الصخري	معارضين لانتاج الغاز الصخري
الطاقة	**انتاج الغاز الصخري يساهم في امداد الطاقة المحلية** - ويسمح باشباع الطلب المتزايد للطاقة؛ - يمكن ان يخفض واردات الغازية، - يعوض انتاج الغاز التقليدي الناضب،	**انتاج الغاز الصخري يعيق التحول للطاقة المتجددة** - الغاز الصخري يعيق التحول للطاقة المتجددة، - يخفض أسعار الطاقات الأحفورية ويرفع من أسعار الطاقات المتجددة
البيئة	**إنتاج واستعمالات الغاز الصخري نظيف نسبيا** - ينتج غازات دفيئة اقل من الفحم والنفط؛ - تكنولوجيا تخفيف الاثار البيئية متوفرة ويمكن تطويرها؛ - يوجه للاستعمال المنزلي؛ يقلل من عبء النقل والاستيراد (الدول المستوردة للغاز)، ويحسن الآثار البيئية لإنتاج الطاقة	**إنتاج الغاز الصخري مضر بالبيئة** - ينتج إنبعاثات غاز الميثان المسببة في الاحتباس الحراري لمدة طويلة؛ - خطر تلويث المياه الجوفية؛ - يقلص مساحات الأراضي، و يفتعل الضوضاء؛ - الاستعمال المفرط للمياه ومنافسة القطاعات الأخرى المستهلكة للمياه؛
الأماكن	**ممكن ان يتم انتاج الغاز الصخري بكل أمان** - يعتمد على تقنيات متطورة ترفع من درجة الوقاية؛ - يؤدي انتاجه الى الإسهام في استثمارات في البنى التحتية؛	**إنتاج الغاز الصخري يشكل تهديدا على البئة والأفراد** - مخاطر عدم التحكم في الحوادث المفاجئة(تسرب الاشعاعات)؛ - استعمال تكنولوجيا الحالية، في ظروف غبر تقليدية يمكن ان ينتج عنه عواقب مجهولة وطارئة
السياسة	**انتاج الغاز الصخري يقوي مكانة السياسة للبلد** - يقوي القدرة على المفاوضات الدولية للبلد؛ - يقلص من تبعية الدول المصدرة للغاز؛ - يقوي روح الاستقلالية الوطنية.	**انتاج الغاز الصخري يولد ضغوطات سياسية محلية** - قد تتسبب المعارضة في عصيان سياسي؛ - عدم وضوح المعلومات والشفافية لا يسمح بتقدير اثاره؛ - قد يخلق نزاعات وضغوطات دولية.
الاقتصاد	**انتاج الغاز الصخري ذو مردودية مالية للبلد** - عوائد الإنتاج تكمن في التعويضات أو الضرائب - استعمال شبكة الغاز المتوفرة يزيد من ربحية الاستثمار - جذب الاستثمارات الأجنبية - البنى التحتية التي تم انشاؤها ستظل تحت السلطات المحلية حتى بعد استنفاذ المورد	**انتاج الغاز الصخري مكلف ومردوديته غير مؤكدة** - الإنتاج بكميات كبيرة قد تضعف الاقتصاد المحلي على المدى الطويل؛ - تكاليف التنقيب والاستكشاف عالية بالنسبة للدولة وللمستثمرين؛ - كميات غير مؤكدة فلا يمكن إنتاجها بكفاءة.

المصدر: بتصرف من طرف الباحثة واعتمادا على:

- coulon Cécile et Monin Pierre, **« La pollution atmosphèrique induite par L'exploitation du gaz du schiste »** atelier du cerces centre d'enseignement et de recherche sur l'environnement et la société environnemental research and teachnig institute, erti, ens, école national supérieure Paris, 1er semestre 2015, p22.

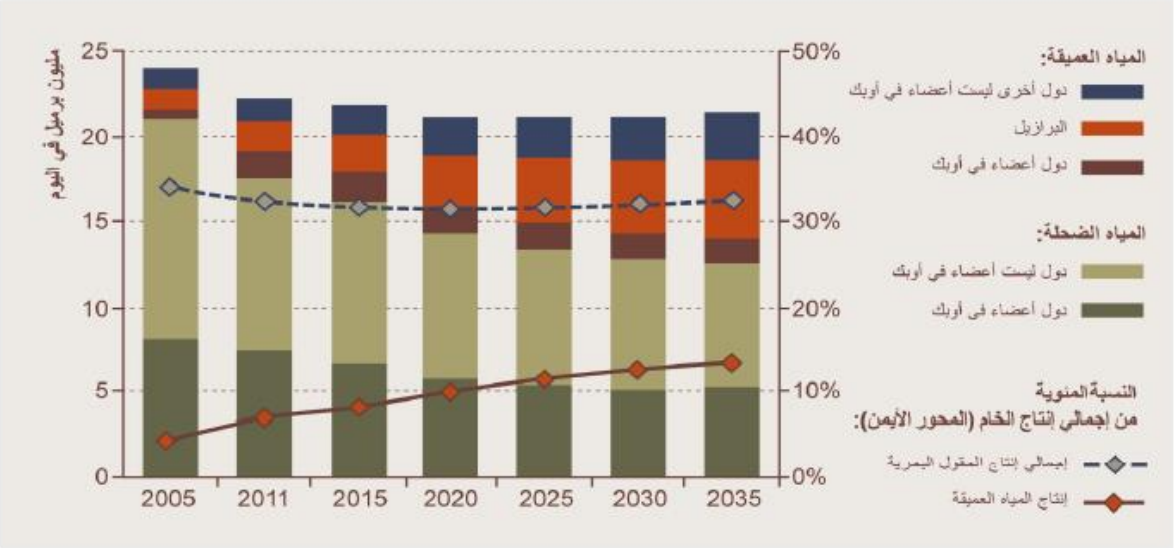
المطلب الرابع: المصادر الطاقوية غير التقليدية الأخرى

يشير العدد من المحللين إلى الدور المستقبلي الذي ستلعبه موارد الطاقة غير تقليدية، كمصدر مهم للطاقة في أجزاء كثيرة من العالم وعلى غرار الغاز والنفط الصخري لدينا (المياه العميقة، والنفط الثقيل، والنفط الرملي، والوقود الحيوي)، والتي تعتبر موارد طاقوية غير تقليدية، والغازات غير تقليدية الأخرى متمثلة في (غاز الفحم وغاز الخزان المضغوط)، والتي ستأثر على صناعة النفط خلال السنوات القادمة.[1]

أولا: المياه العميقة:

تعرف صناعة النفط منذ سنوات طويلة ان هناك موارد نفطية كبيرة تحت مياه البحار، و تقدر وكالة الطاقة الدولية حجم النفط القابل للاستخراج في الحقول البحرية بنحو 1215 مليار برميل، أو ما يمثل 45% من النفط العالمي المتبقي التقليدي القابل للاستخراج، و لقد تضاعف الإنتاج ليصبح 5 مليون برميل بين عامي 2005 و 2010، و قد شكل نسبة 6% من إجمالي إنتاج العالم من الخام في عام 2010، و لكن اتضح ان استكشاف و تطوير حقول النفط في المياه العميقة تباطأ بعد كارثة حقل (هورايزون كاكوندو) البحري في أفريل 2010 و تسرب النفط في خليج المكسيك، ومنذ ذلك كرست شركات النفط و شركات الخدمات إلى تشديد النظم و القوانين و معايير سلامة التشغيل في صناعة النفط في المياه، (البرازيل هي الأكثر تقدما في تطوير حقول المياه العميقة).

شكل رقم (04): توقعات إنتاج العالم من النفط الخام من الحقول البحرية (2005-2035)



المصدر: جدوى للاستثمار، مستقبل انتاج النفط و الغاز من المصادر غير التقليدية، ديسمبر 2013، ص18. متاح على الموقع:
http://content.argaam.com.s3-eu-west-1.amazonaws.com/cdc56476-6d544ba5b7f7ddd4e8916dd.pdf
تاريخ الاطلاع 2023/08/10.

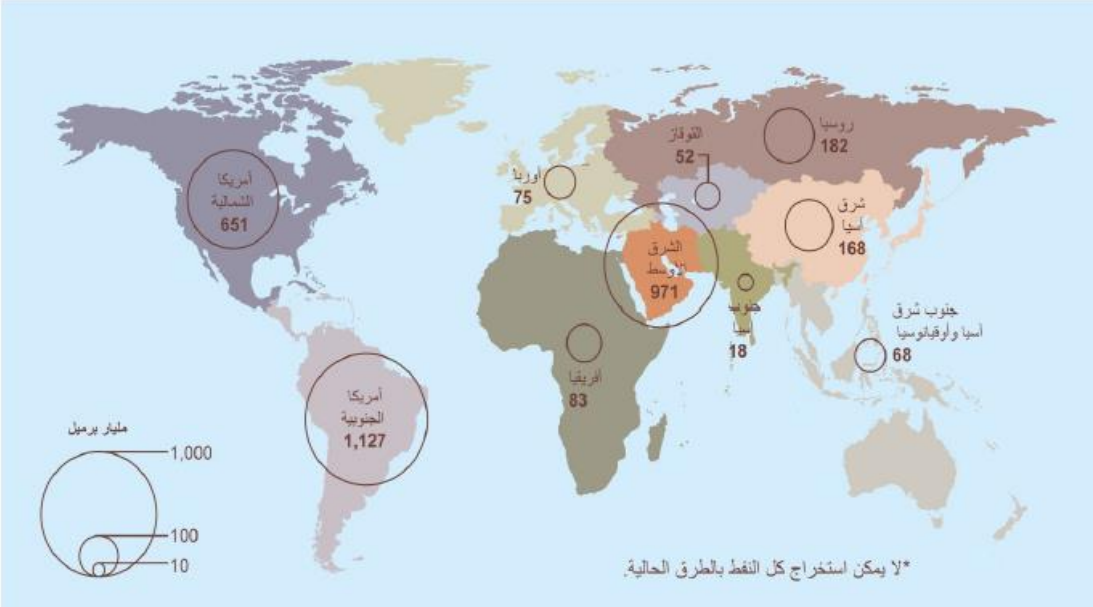
[1] جدوى للاستثمار: مستقبل انتاج النفط و الغاز من المصادر غير التقليدية، ديسمبر 2013، ص 18: على الموقع:
http://content.argaam.com.s3-eu-west-1.amazonaws.com/cdc56476-6d54-4ba5-b7f7ddd4e8916dd.pdf تاريخ الاطلاع 2023/08/10.

ثانيا: النفط الثقيل

نسبة كبير من الموارد النفطية المتبقية حول العالم و القابلة للاستخراج من الناحية التقنية هي رسوبيات تحتوي على النفط الثقيل، و يتصف النفط المستخرج من تلك الرسوبيات بانه لزج، بحيث يصعب استخراجه بالتقنيات التقليدية العادية، و قد نجحت صناعة النفط في عمليات الاستخراج، خاصة باستخدام تقنية ضخ البخار.

تقدر وكالة الطاقة الدولية حجم النفط الثقيل الذي يمكن استخراجه من الناحية التقنية حول العالم بنحو1700 مليار برميل، تشكل هذه الكمية حوالي نسبة 80% من المصادر غير التقليدية القابلة للاستخراج (بما في ذلك النفط الحجري و الرمال النفطية).[1]والشكل الموالي يبين مناطق مصادر النفط الثقيل على خريطة العام:

خريطة رقم (02): خريطة العالم توضيحية لمناطق مصادر النفط الثقيل



المصدر: جدوى للاستثمار، مستقبل انتاج النفط و الغاز من المصادر غير التقبيدية، ديسمبر 2013، ص18متاح على الموقع:
http://content.argaam.com.s3-eu-west-1.amazonaws.com/cdc56476-6d54-4ba5-b7f7ddd4e8916dd.pdf

ثالثا: النفط الرملي (Oil Sand):

تطورت في السنوات الأخيرة تقنية التنقيب عن النفط الرملي أو ما يسمى بالبتومين وهو أحد أنواع النفط غير التقليدية ويتكون من خليط من الطين والرمل والمياه والإسفلت، وأكبر دولة منتجة لهذا النوع من النفط هي كندا حيث تجاوز معدل انتاجها من النفط الرملي في عام2011 م مليوني برميل يوميا، ويقدر مجلس الطاقة الكندي احتياطيات كندا من النفط الرملي بحوالي 526 مليار برميل.

[1] المرجع السابق ، ص 30.

رابعا: الوقود الحيوي(Bio fuels)

الوقود الحيوي هو الطاقة المستمدة من الكائنات الحية سواء النباتية أو الحيوانية، وهو أحد أهم مصادر الطاقة المتجددة، على خلاف غيرها من الموارد الطبيعية غير المتجددة مثل النفط والفحم الحجري وكافة أنواع الوقود الأحفوري . وتستخدم البرازيل قصب السكر لإنتاج وقود الإيثانول كوقود حيوي، ويعود تاريخ ذلك إلى سنة 1970م، دخل الوقود الحيوي في صورة وقود سائل منتج من مواد نباتية إلى الأسواق، نتيجة لارتفاع أسعار النفط، إضافة إلى الحاجة لتأمين أمن الطاقة .ومع ذلك، تعرضت تقنية الوقود الحيوي لانتقادات بسبب آثارها الضارة على البيئة، والأمن الغذائي وكربونية التربة وأنها تسببت في ارتفاع أسعار بعض الأغذية عالميا، وتعتبر البرازيل رائدة في إنتاج هذا النوع من الطاقة وقد صنفت الوكالة الأمريكية لحماية البيئة (الوقود المنتج من قصب السكر البرازيلي بأنه وقود حيوي متطور).

5.الغازات غير التقليدية

تطلق تسمية "الغازات غير التقليدية" على بعض الأنواع من الغازات التي تمتاز بصعوبة استغلالها والى ما تتطلبه من تقنيات خاصة لتمكين استغلالها مثل تقنيتي الحفر الموجه وكلفتها العالية من جهة، والتكسير الهيدروليكي من جهة ثانية، وفضلا عن الغاز الصخري الذي يعد أهمها، هناك غازان آخران غير تقليديان هما:[1]

1.5.غاز الفحم (Coal Gas)

هو غاز طبيعي موجود في الفحم، ورغم كونه يستخرج ابتداء لتحسين الأمن في المناجم، إلا أنه أصبح يستخرج لذاته، ويدعى غاز الفحم أيضا "غاز ميثان الطبقة الفحمية" (Coal-bed methane).

2.5.غاز الخزان المضغوط: (compact tank Gas)

هو مصطلح عام يقصد به كل الغازات الطبيعية المتواجدة في تكوينات قليلة المسامية، والتي لا يمكن استغلالها اقتصاديا دون استعمال تكنولوجيا لتحفيز انسياب الغاز نحو البئر مثل تكنولوجية التكسير الهيدروليكي. ويدعى هذا الغاز أيضا بالغاز المحكم أو "الحبيس(Gaz Tight)، ويختلف هذا الغاز الحبيس عن الغاز الصخري بطريقة ضغط الصخر المسامي الذي يحتويهما :حيث يستخرج الأول بضغط الصخر المسامي رأسيا أو عموديا، بينما يستخرج الثاني بضغط أفقي، وكلا عمليتي الضغط تتم بأسلوب التكسير أو التصديع المائي.

[1] Célia Belin Chargée de mission au CAPS, Espoirs et illusions de la **"révolution du schiste"** aux Etats-Unis, avril 2013, P 14.

المبحث الثاني: الانعكاسات البيئية لاستغلال الغاز الصخري

إن عملية استغلال الغاز الصخري لها آثار خطيرة على البيئية بما في ذلك الإنسان والكائنات الحية، سواء على المدى القصير أو الطويل، وقد دفعت هذه المخاطر العديد من الفئات في المجتمع المدني المحلي والعالمي، إلى معارضة استغلال هذا المورد غير التقليدي من الطاقة، على الرغم من المنافع الاقتصادية النسبية التي يضيفها.

وفيما يلي عرض لمختلف الآثار والمشكلات البيئية المترتبة عن استغلال الغاز الصخري والمتمثلة في مشكلة تلويث المياه و الزيادة في إنبعاثات الغازات الدفيئة خاصة الميثان الذي يعتبر المتسبب الأساسي في الاحتباس الحراري والتغير المناخي على غرار ثاني أكسيد الكربون، وكذا الإخلال بصحة الإنسان والكائنات الحية ناهيك عن التلوث البصري والصوتي ومخاطر الزلزال ونوعية الحياة.

المطلب الأول: الآثار البيئية السلبية لاستغلال الغاز الصخري

في هذا المطلب يتم عرض أبرز الآثار والمشكلات المترتبة عن استغلال الغاز الصخري والمتمثلة في مشكلة المياه والتسبب في الاحتباس الحراري، وكذا الإخلال بالصحة البشرية وأحداث تلوث صوتي وبصري، والزلازل

أولا: آثار استغلال الغاز الصخري على المياه

تحتل مسألة المياه الدرجة الأولى من حيث الأخطار المحتملة التي قد تتعرض لها البيئة بشكل سيئ، لأن الماء هو أساس الحياة بالنسبة لجميع الكائنات الحية على الأرض، إذا أصيب هذا المورد بالتلوث سينجم عنه عدة تبعات خطيرة على مستوى النظام البيئي ككل، لذا سيتم التفصيل في هذا العنصر بالتفصيل كما يلي:

1.مسألة الكميات المطلوبة ومصدرها:

تشير تقارير الوكالة الدولية للطاقة إلى أن المياه المستعملة في التكسير الهيدروليكي تأتي عادة من مصادر المياه السطحية (أنهار، بحيرات، بحار) أو من آبار محلية (مياه جوفية) بالنسبة للأماكن التي تتوافر فيها، أما المناطق الأخرى، فيتم جلب المياه الضرورية إليها بواسطة الشاحنات وهو ما يولد مشاكل من نوع خاص، فالتكسير الهيدروليكي لبئر واحد من الغاز الصخري يستهلك كمية متوسطة من المياه مثال 15 ألف م^3 بواقع 30م^3 لكل شاحنة فإن جلب الكمية المطلوبة يتطلب 500 شاحنة صهريج وقد يتطلب الأمر حوالي 4000 ذهاب وإياب للشاحنات لكل بئر، أي نشاط مروري مكثف له آثار سلبية متنوعة (كزيادة التلوث الجوي بفعل احتراق وقود الديزل المنبعث من شاحنات الصهاريج وكذا ملوثات سمعية كالضوضاء).[1]

2.مسألة منافسة النشاطات الإنسانية الأخرى:

[1] Gaz de schiste, des regle d'or, sur site: consilter le 15/10/2023.
https://www.actu-environnement.com/ae/news/AIE-golden-rules-hydrocarbures-non-conventionnels-15799.php4

في المناطق الفقيرة من حيث المياه، فإن من شأن التكسير الهيدروليكي الإنقاص من مستوى المياه الجوفية والإضرار بالتنوع الإيكولوجي، وأيضا الإنقاص من كميات المياه الموجهة للاستهلاك البشري أو للنشاطات الإنتاجية، كالزراعة والصناعة.[1]

3.حماية الموارد المائية السطحية والجوفية من الناحيتين الكمية والنوعية:

لقد بينت العديد من التقارير العلمية بأن اللجوء المكثف لمصادر المياه المحلية السطحية منها والجوفية لاستعمالها في عمليات التكسير سوف يؤدي إلى تردي نوعيتها، كما أن انخفاض مستويات المياه الجوفية قد يقود إلى إحداث تغيرات كيميائية ناتجة عن نمو البكتيريا فيها، مما يؤدي إلى تغير في طعم ورائحة المياه الشروب، فضال عن ما يؤدي إليه تسرب المياه المرتجعة من عمليات التكسير من رفع حرارتها وتلويثها بمواد كيمياوية سامة ومشعة، وقد بينت العديد من الوقائع عن حقيقة تلوث المياه الصالحة للشرب القريبة من أماكن الاستغلال كتغير لونها واحتوائها على العديد من المواد السامة (كالأرسنيك) وأحيانا المشعة (كاليورانيوم) كما حدث في منطقة بنسلفانيا بأمريك[2]ا.

4.مسألة سمية المياه المستعملة وكيفية معالجتها:

لقد تم التطرق سابقا الى تقنية التكسير الهيدروليكي، ودرجة خطورة سائل التكسير المكون من مياه ورمال ومواد كيماوية، مع إمكانية تسربها إلى طبقة المياه الجوفية ذلك أن نسبة استرجاعها إلى السطح جد متفاوتة ما بين 15 % و80 % حسب الوكالة الأمريكية لحماية البيئة، إن مسألة بقاء كميات كبيرة من سائل التكسير ذي السمية المرتفعة داخل جوف الارض مسألة خطيرة، لكن ما يزيدها خطورة هو معرفة مصير السوائل المسترجعة والتي يفترض معالجتها في السطح، لكن ما يعقد من هذا الموضوع أن عمليات المعالجة مازالت في مرحلة البحث والتطوير، وقد صرحت كبرى الشركات العاملة في قطاع الخدمات البترولية مثل شركتي (Chesapeake وHalliburton)، أنها لم تستطع معالجة سوى ما نسبته 05 %من السائل المسترجع، ويعود السبب في ذلك إلى أن قانون الطاقة الأمريكي لسنة 2005 والذي اعتمدته إدارة الرئيس بوش، قد أعفى بموجب أحد بنوده الشركات المتخصصة في خدمات التكسير الهيدروليكي (ومنها شركة هاليبورتون)، من الخضوع لالتزامات هذا القانون، وقد جاء بند الاعفاء باقتراح من نائب الرئيس الأمريكي "ديك تشيني" (الذي كان يشغل إلى غاية سنة 2001 وظيفة المدير العام لشركة هاليبورتون).[3]

وكان من نتائج هذا الاعفاء أيضا والمعروف إعلاميا بثغرة هاليبورتون (Halliburton Loophole)، أنه سمح للشركات المتخصصة في خدمات التكسير الهيدروليكي إلى غاية ديسمبر 2010، بإعادة ضخ ملايين الليترات من سائل التكسير التي صعدت نحو السطح في آبار قديمة، أو تركها تتبخر في خزانات الصب (مع إمكانية تسربها إلى الطبيعة في حالة أمطار غزيرة وامتلاء أماكن التخزين) ودون الكشف عن قائمة المواد الكيماوية التي تشكلها كما كان يجري صبها في

[1] Ibid.
[2] Gaz de schiste : impacts environnementaux, sur site : consulter le22/09/2023 .https://books.openedition.org/editionscnrs/11147?lang=fr
[3] Ibid.

المحطات المحلية لمعالجة المياه ويبقى أن نشير إلى أن نسبة ضئيلة فقط من المياه التي تم معالجتها ما بين (20% و50%) يمكن استعمالها في عمليات تكسير هيدروليكي أخرى، نظرا لارتفاع نسب الملوحة بها.[1]

ثانيا: الآثار البيئية للإنبعاثات الغازية

أما فيما يخص تلوث الهواء، فإن إنتاج الغاز الصخري يؤدي إلى إصدار ملوثات جوية مثله مثل الغاز الطبيعي لكن بحجم أكبر بكثير نظرا للمجهودات الكبيرة التي يتطلبها إنتاجه كتعدد الآبار في الحقل الواحد وبالتالي تعدد آلات الحفر والمضخات عالية الضغط والمولدات الكهربائية والحركة الدؤوبة لشاحنات الصهاريج لجلب المياه المستعملة في التكسير الهيدروليكي أو لمعالجة المياه المستعملة أو لنقل الوقود المستخرج، وهي عمليات ينتج عنها إنبعاثات من المحركات العاملة بوقودي البنزين وخاصة الديزل، كغاز CO_2 والمركبات العضوية الطيارة كالبانزان.

1.انبعاثات غاز الميثان : الغاز الطبيعي يتكون بنسبة أكثر من 90% من غاز الميثان وهذا الأخير، من أهم الغازات المسببة للاحتباس الحراري بعد ثاني أكسيد الكربون، وخلافا لما يروج له فإن تسربه من الآبار ومعدات المعالجة نادر جدا، أما وجوده في المحيط فهو ناجم عن تحلل المواد العضوية ومناجم الفحم بنسبة 90% .

ثالثا: الآثار البيئية على سطح الأرض

كل الحقول البترولية سواء كانت تقليدية أو غير تقليدية (الغاز الصخري) تنتج مياها عالية الملوحة تحتوي على مواد كيمياوية يمكن ان تكون ضارة بالبيئة ، والكميات المنتجة عن حقول الغاز الصخري ضئيلة جدا بالمقارنة مع ما تنتجه الحقول التقليدية مما سمح برميها في الأنهار (ولاية بنسلفانيا في الولايات المتحدة) أو في شبكة التصريف العام وينتج عنه تلوث بيئي ، وفي الجزائر هناك قانون معالجة كل المخلفات الصناعية بما في ذلك المياه الملوثة وما يبقى عليها سوى تنفيذه بصرامة، و بالتالي فإن حقول الغاز الصخري لن يضيف إلا نسبة ضئيلة جدا من المياه الملوثة والتي يمكن معالجتها من دون أي تأثير على المحيط من خلال خلق محطات فى حقول الاستخراج خاصة لمعالجة طين الحفر والمياه المنتجة و المراجعة*.

رابعا: التلوث الصوتي والبصري:

يستغرق إعداد حقل للغاز الصخري كي يكون قابلا للاستغلال فترة زمنية تمتد من 500 إلى 1500 يوم من النشاطات المحدثة للضجيج الشديد، وخاصة في فترة حفر الآبار والتي ينتج عنها تلوث صوتي ناتج عن آلات الحفر وحركة الشاحنات الكثيفة، كما يصاحبها استعمال ضوء اصطناعي على مدار اليوم والليلة، ولمدة تتراوح ما بين شهر وشهرين، وهو ما يشكل آثار ضجيج وإزعاج لا يحتمل خاصة بالنسبة لسكان المشاتي والقرى المجاورة لحقول الاستغلال،

[1] Gaz de schiste, des règle d'or, Op-cite.

* وهى المياه التي يتم إخراجها إلى الأعلى بعد مرحلة التصديع.

وفضلا عن الضوء الاصطناعي الذي يولد تلوثا بصريا، هناك الإزعاج البصري الناتج عن استخدام منصات كبيرة لحفر الآبار والتي تخلف منظرا بشعا خاصة في المناطق الحساسة عالية القيمة زراعيا أو سكانيا.[1]

المطلب الثاني: مظاهر التلوث للغاز الصخري والجدل حول استغلاله

يعتبر الغاز الصخري من الموارد الطاقوية البديلة التي بادرت العديد من الدول على رأسها الولايات المتحدة الأمريكية بالخوض في صناعتها وعلى الرغم من حداثتها، وقلة البيانات والدراسات الميدانية، وان وجدت فهي محتكرة كبرى شركات الاستثمار، إلا أن استغلال الغاز الصخري يطرح عدة قضايا تشمل ما يلي:

أولا:التسبب في ظاهرتي الاحتباس الحراري وتلوث الهواء

هناك جدل حول التوازن العالمي للغاز الصخري من حيث الاحتباس الحراري. يشير مؤيدو الغاز الصخري إلى انخفاض كمية $CO2$ المنبعثة من احتراق الغاز الطبيعي ، مقارنة بالمنتجات المشتقة من البترول، ومن وجهة النظر هذه فإن استبدال استهلاك النفط باستهلاك الغاز الطبيعي (من الغاز الصخري أو الرواسب التقليدية) سيكون إيجابيا من حيث البصمة الكربونية*

إلا أن المعطيات العلمية والدراسات الميدانية، يتبين أن الغاز الصخري هو أيضا مضر بالمناخ، مثله مثل الفحم الذي هو أكثر مصادر الطاقة الأحفورية تلويثا، حيث يساهم في التركيز الجوي لغازات الدفيئة وبالتالي يساهم في ظاهرة الاحتباس الحراري والتأثير سلبا على نوعية الهواء محليا، فغاز الميثان (الذي هو المكون الأساسي للغاز الصخري) هو غاز احتباس حراري أقوى بـ 23 مرة من غاز CO_2 من حيث القدرة على تسخين الغلاف الجوي.[2]

ثانيا: مخاطر الزلازل:

قد يحدث التكسير الهيدروليكي زلازل صغيرة تصل إلى قوة 3 درجات على سلم ريختر، الا أن السكان لا يشعرون بها، أما الهزات الارتدادية التي قد يشعر بها السكان المجاورون لأماكن الاستغلال وبالتالي تشكل مصدر قلق لديهم، فهي الناتجة عن نشاطات إعادة ضخ المياه المستعملة الناتجة عن عمليات التكسير داخل الطبقات الجيولوجية السفلية باستعمال ضغط قوي، و لقد أثبت علماء زلازل أمريكيون وجود ارتباط بين ضخ مياه الصرف في آبار النفط المستخدمة في ولاية تكساس وبين الهزات المحلية عبر إجراء رصد بواسطة الأقمار الصناعية خلال الأعوام 2007 ، 2010 و2014 ، فضخ المياه في الآبار يزيد من قوة الضغط الهيدروديناميكي في مسامات الصخور مما يزيد من تشقق هذه الأخيرة، كما يؤدي إلى صعود سطح الأرض، وهو ما يمكن رصده بالأقمار الصناعية.[3]

---

[1] « Incidences environnementales liées à l'extraction du gaz de schiste au canada », sur site : https://www.rapports-cac.ca/wp-content/uploads/2018/10/shalegas_execsummfr.pdf تاريخ الاطلاع 2022/09/15

* **البصمة الكربونية**: هي إجمالي الغازات الدفيئة الناتجة عن الانبعاثات الصناعية أو الخدمية أو الشخصية، وقياسها يكون سعيا للحد من الآثار السلبية لتلك الانبعاثات.

[2] Xavier Pinon, Gaz et pétrole de schiste : intérêts économiques et impact sur l'environnement, sur site https://selectra.info/energie/guides/environnement/gaz-schiste تاريخ الاطلاع 2022 /10/08

[3] Incidences environnementales liées à l'extraction du gaz de schiste au canada, op,cit P 17.

إلا أن آثار هذه الهزات تبقى ضعيفة، ويمكن تقليصها أقصى ما يمكن عبر اختيار المواقع المناسبة لذلك، وكذا ضبط إجراءات المراقبة والتسيير.

ثالثا: الإضرار بالصحة*البشرية ونوعية الحياة

إن مدى تأثير استغلال الغاز الصخري على صحة السكان سيرتبط بالضرورة بمجموعة من العوامل المحلية: مثل الكثافة السكانية وقربها من أماكن الاستغلال وكذا درجة الارتباط المعيشي للسكان بهذه الأماكن، بالإضافة إلى الأوضاع البيئية العامة، إلا أن البعض يرى آثار إيجابية على الصحة البشرية في حالة استخدامه في توليد الكهرباء مثلا بدلا من الفحم، وتشير الدراسات على وجود مخاطر قد تعرض الصحة البشرية إلى الهلاك وهي:[1]

- ارتفاع الإصابات بأمراض الحساسية والسرطان في الأحواض القريبة من نشاط الاستغلال؛
- الأمراض النفسية و العقلية للسكان المحليين، بسبب الضجيج و الإنارة المتواصلة الصادرة عن أماكن الاستغلال)، وفقدان موارد ضرورية وحقوق أساسية (كالحق في بيئة نظيفة ومياه وتغذية سليمة، والحق في الأمن والانتفاع الهادئ بالملكية،
- سجل علماء الحيوانات العديد من الآثار والتصرفات غير الطبيعية الصادرة عن الحيوانات كالابتعاد عن بعض مصادر المياه وانخفاض الخصوبة أو نفوق المواشي بسبب الإصابة بسرطان الفم
- التأثير سلبا على نوعية حياة الجماعات البشرية، وفقدان ما يعرف بـ "السكينة الريفية" ، كما أبدت العديد من الشعوب كما في كندا عن مخاوفها من الانعكاسات السلبية لاستغلال الغاز الصخري على نوعية معيشتها التقليدية، وعلى حقوقه

رابعا:الآثار على الإقليم**: إن استغلال الغاز الصخري والنشاط المصاحبة له تؤدي إلى آثار سلبية عديدة على مقومات الإقليم الذي يجري فيه الاستغلال ومنها:[2]

- تشغل مساحات كبيرة من الإقليم حيث بينت التجربة الأمريكية أن متوسط كثافة آبار الغاز الصخري هي ما بين 02 إلى 04 بئر لكل كلم^2 يشغل كل منها 1.5 إلى 02 هكتار أثناء فترة الحفر والتكسير الهيدروليكي، ومن 0.4 إلى 1.2 هكتار أثناء مرحلة الاستغلال، ويضاف إلى هذه المساحات طرق الوصول أو المداخل إلى الآبار

* هي حالة من الشعور بالراحة الفيزيائية والعقلية والاجتماعية، سواء للفرد أو للمجتمع ككل، وهي تتأثر بمحددات كثيرة :
- بيئية (كنوعية الهواء والماء)
- واقتصادية اجتماعية (كالدخل والشغل)
- وثقافية (كالارتباط بأماكن جغرافية معينة)

[1] Xavier Pinon, Gaz et pétrole de schiste : intérêts économiques et impact sur l'environnement, Op-cit , p 52

** تأخذ مسألة الآثار على الإقليم بعدا خاصا بالنسبة للدول صغيرة المساحة أين تواجهها مشكلة التوازن بين النشاطات الانسانية من جهة (الزارعة، سياحة، مناطق حضرية) والحاجة إلى الغاز الصخري.

[2] Benjamin Dessus : « Que penser de l'affaire des gaz de schiste », les cahiers de Global chance, No33, France, Mars 2013, p .20 Sur site : consulter le 06/10/2023.
https://www.global-chance.org/IMG/pdf/GC33p90-100.pdf

والتي تشغل 2 هكتار/كلم^2 ، أي هناك شغل ل 04 إلى 10 %من الأراضي أثناء الحفر، وما بين 02 إلى 04 % تذهب نهائيا لنشاطات أخرى؛

- بناء منصات الآبار ومعسكرات العمل ومحطات للضغط والضخ وأخرى لمعالجة النفايات وكذا شبكة لأنابيب النقل وأحواض لتخزين المياه المستعملة وأخرى لتخزين سائل التكسير؛
- نزع الغابات وتدمير الأقاليم الزراعية والإضرار بالتنوع البيولوجي.[1]

5.الزيادة في خطوط النقل

أدى استغلال النفط الصخري إلى استعمال كم هائل من الصهاريج للنقل. هذا الأخير يثبت أنه أكثر اقتصادا من بناء خطوط الأنابيب. نظرا لأن آبار النفط الصخري لها عمر قصير، على الرغم من أن سعر المتر المكعب المنقول بالسكك الحديدية أعلى من 2 إلى 3 مرات من خط الأنابيب ، إلا أنه أكثر وسائل النقل اقتصادا.[2]

شكل رقم (6): عوامل الخطر المرتبطة بتطوير الغاز الصخري على نطاق واسع

المصدر: محمد عشاشي، إشكالية البيئة والتنمية في الجزائر : حالة التغيرات المناخية والغاز الصخري، أطروحة مقدمة لنيل شهادة دكتوراه علوم، كلية العلوم السياسية تخصص العلاقات الدولية، جامعة قسنطينة 3، 2020-2021، ص 416.

[1] Ibid,P 22.

[2] محمد عشاشي، مرجع سابق، ص 416

المطلب الثالث: الدراسة البيئية لمشروع الغاز الصخري

إن الاهتمام بالدراسات البيئية للمشروعات التنموية المختلفة أصبح في الوقت الراهن ضرورة حتمية إلى جانب الدراسات الاقتصادية التي تستهدف ضمان تحقيق المشروع لأهدافه, وفي هذا المطلب سنحاول التطرق إلى الدراسة البيئية لمشروع الغاز الصخري من خلال التطرق إلى دراسة التأثير البيئي ودراسة الخطر البيئي.

أولا: دراسة التأثير البيئي

تهدف هذه الدراسة إلى خفض أثر التلوث البيئي الذي قد يصدر عن ممارسة أي مشروع لمختلف نشاطاته وتقليل الملوثات التي تنتج عن الإنبعاثات، لذلك من الضروري قبل البدء في أي مشروع يجب إعداد قائمة متضمنة تقرير عن التوقعات البيئية المحتملة والوقاية منها قبل ان تكون واقعا وتكمن الوسيلة لتحقيق ذلك في تقييم الأثر البيئي.

1.تقييم الأثر البيئي:

يندرج مفهوم الأثر البيئي ضمن المبادئ العامة لحماية البيئة من الأضرار قبل مباشرة أي مشروع, حيث أدرج لأول مره في الولايات المتحدة الأمريكية (قانون حماية الطبيعة في افريل 1975) وهو" دراسة الآثار المحتملة لمشروع ما على البيئة الطبيعية وتعتبر هذه الدراسة وسيلة في يد متخذي القرار للفصل في الاستمرار في المشروع او إيقافه والوقوف على مدى تأثير المشروع على المجتمع والاقتصاد والبيئة".[1]

فقد عرفه مؤتمر ريودي جانيرو في البرازيل(1992) الذي يسمى(قمة الأرض) على انه " الأداة التي يجب ان تؤخذ بعين الاعتبار عند إقامة المشروعات أو النشاطات التي يمكن أن يكون لها آثار سلبية على البيئة بهدف مساعدة السلطات المختصة في اتخاذ القرارات المناسبة"[2]

كما يرى البعض بأنه "دراسة الآثار الايجابية والسلبية المحتملة للمشروع على البيئة من كافة الجوانب الصحية, الحيوية, الاقتصادية, الاجتماعية وتقديرها بالنفقات والعوائق الاقتصادية والتبعات كمعيار للاختيار بين البدائل المطروحة"

2.أهداف تقييم الأثر البيئي :

يهدف التقييم البيئي للمشروعات إلى حماية البيئة من خلال دراسة وتحليل المنافع الاقتصادية المتوقعة من المشروع, وما يترتب عنها من آثار بيئية ومن بين هذه الأهداف نذكر أهمها[3]:

- مساعدة أصحاب صنع القرار على تطوير المشاريع التي تمتثل للمتطلبات البيئية؛
- تحقيق التوازن في البيئة والتنمية من اجل الوصول إلى التنمية المستدامة من خلال الحد من التلوث البيئي؛
- الحفاظ على التنوع البيولوجي والزام المنشات الصناعية بالمعايير البيئية المحلية والدولية؛

[1] حمزة بالي، إلياس شاهد،**" دراسة التقييم البيني في الجزائر- دراسة تحليلية قانونية- "**، مجلة العلوم القانونية السياسية، المجلد 08، العدد 02، ص 86.
[2] ممدوح سلامة مرسي احمد، **"الادارة البينية لتقييم الاثر البيني للمشروعات"**، مقال منشور في مجلة اسيوط للدراسات البيئية، العدد 32، 2008، ص36.
[3] حمزة بالي، مرجع نفسه.

- تحقيق القدر اللازم من الرقابة البيئية الدائمة على المشروعات التنموية، مما يضمن عدم انحرافها عن المتطلبات البيئية التي تكفل نجاحها واستمراريتها؛[1]
- مكافحة أنواع التلوث ومحاولة تخفيف الإنبعاثات المختلفة عن طريق إشراك خبراء مختصين علماء الجيولوجيا والكيمياء، والزراعة والتربة والاقتصاد وعلوم البيئة والمياه ، وكذلك خبراء الغابات والتصحر وكل ما يتناسب وحجم المشكلة البيئية.

3.تقييم الأثر البيئي للمشاريع المتعلقة بالمحروقات

تتضمن عملية الأثر البيئي لأي مشروع(بغض النظر اذا كان نفطيا او غازيا او غيره) وصفا كاملا للمشروع وأهدافه, والوضع البيئي الحالي الذي قد يتأثر بنشاط المشروع, وتتم عملية دراسة تقييم الاثر البيئي للمشروع من خلال عدة مراحل أساسية:

1.3.وصف المشروع المقترح : يجب تسجيل بعض التفاصيل عن المشروع كالموقع, والحجم والعمر المتوقع لمكوناته والمواقع المختلفة المرتبطة بالمشروع والطرق ووسائل النقل وخطوط الأنابيب، إضافة الى ذلك يحتاج وصف المشروع المقترح إلى:

- إجراء تخطيط عام لاستخدام المعدات والآلات في المواقع المرتبطة بالمشروع, بالإضافة إلى المناطق المجاورة المتوقع أن تتأثر بيئيا؛
- إعداد خرائط لتوضيح الاستخدام الحالي للأراضي.
- كذلك وصف المواد اللازمة للمشروع(نوعها، كمياتها، خصائصها)
- مصادر الطاقة اللازمة للمشروع والقوى البشرية للمشروع, والاهم من ذلك تقديم وصف للحقول النفطية أو الغازية (الحجم, العمق, المساحة, تراكيب ونسبة المياه, نوع الغاز, نوع النفط).

كما يتضمن وصف المشروع أيضا إعداد مواقع الحفارات والإنتاج والوحدات المساعدة للنقل والإمداد والأنابيب والمواد الكيميائية والمياه, وتحديد الإنبعاثات الملوثة للهواء والتبخر والتسرب مع تحديد أنواع التلوث.

2.3. تصنيف المشروع: يجب تصنيف تقييم الآثار البيئية للمشروع المقترح إذا كان يحتاج إلى التقييم بصورة كاملة أو جزئية أو متوسطة, وهذا يعرف بالتصنيف البيئي الذي يحدد ثلاث فئات أساسية للتقييم وهي:[2]

- **القائمة البيضاء** (أ): تشمل المشروعات ذات الآثار القليلة أو الضعيفة, ويجب على صاحب المشروع استيفاء نموذج التصنيف(أ)
- **القائمة الرمادية (ب)**: تشمل المشروعات التي تحدث آثار هامة, ويجب استنتاج نموذج التصنيف(ب) ويلزم إجراء دراسة تقييم الأثر البيئي جزئيا من قبل صاحب المشروع .

[1] ممدوح سلامة، مرجع نفسه.
[2] مهيدي لحول، الضابط البيئي لاستغلال الغاز الصخري، أطروحة دكتوراه علوم، جامعة ابن خلدون تيارت، كلية الحقوق والعلوم السياسية، تخصص قانون بيئي، 2019، ص 356.

- **القائمة السوداء (ج)**: تشمل هذه القائمة المشروعات التي تحدث آثار خطيرة على البيئة, ولابد بالقيام بدراسة كاملة للتأثير البيئي لهذه المشروعات, وتصنف معظم المشروعات النفطية والغازية ضمن هذه القائمة(ج) كونها تشكل تهديدا خطيرا على البيئة.

3.3. وصف البيئة المحيطة : تشمل على بيانات تتعلق بالمميزات البيئية للمنطقة قيد الدراسة ويجب ان تأخذ بالاعتبار النقاط الآتية :

- **البيئة الطبيعية** :تشمل الطبقات الجيولوجية وخصائص العمق والطبقات الحاملة للمياه والرواسب والقدرة على المحافظة على نوعية معايير المياه اللازمة، فضلا عن تحديد المصادر في المنطقة وكيفية تخفيض آثارها السلبية؛
- **البيئة الحيوانية والنباتية** :أهمية وصف الثروات الحيوانية والنباتية التي قد تتأثر بإقامة المشروع ويعد هذا الإجراء في غاية الأهمية خاصة عند ممارسة الأنشطة النفطية والغازية لخطورتها على النظام البيئي ككل؛
- **البيئة الاجتماعية والثقافية** :لابد أن تتضمن هذه الدراسة خصائص سكان المنطقة وتأثيرها على ممارسة المشروع النفطي(مدى حاجه السوق لليد العاملة) كذلك توفير الخدمات ووسائل الترفيه والصحة العامة والمواقع ذات الأهمية التجارية والأثرية والعادات والتقاليد.

4.3. تحديد الاعتبارات القانونية : يجب تحديد مدى ملائمة هذا المشروع لخطط التنمية والإدارة المحلية ولإيجاد توازن حقيقي من الاعتبارات الاقتصادية وحماية البيئة.

5.3. تحديد الآثار المتوقعة للمشروع المقترح : يجب تحديد كل التغيرات التي سوف تحدث بسبب المشروع ونذكر أهمها:

- آثار المخلفات الصلبة وملوثات الهواء؛
- مخاطر التسربات الكبيرة؛
- المخاطر بسبب حوادث حقول الاستكشاف والمخاطر الناتجة عن الحوادث المحتملة مثل حوادث الحرائق والتدفق بسبب تسرب الغاز وطرق مواجهتها.

6.3. تحليل ودراسة بدائل المشروع المقترح :ضرورة استعراض وتوفير كل البدائل لإنشاء وتنفيذ المشروع وتشمل البدائل على:[1]

- بديل عدم تنفيذ المشروع؛
- وسائل بديله لمجابهة متطلبات إنتاج النفط أو الغاز؛
- بدائل التصميم والتخطيط وطرق الإنشاء؛
- التكاليف الإستثمارية ومصاريف التشغيل؛

[1] المرجع السابق، ص ص 356-358.

- وصف بمقارنة البدائل بالنسبة للآثار البيئية المحتملة كما يجب توضيح الآثار التي يمكن تجنبها والتي يمكن تخفيف حدتها إلى الدرجة الممكنة وتحديد كمية التكلفة والعائد لكل بديل.

7.3.إعداد خطة لإدارة تخفيف الآثار السلبية :يجب وضع خطة بديلة لتلبية حاجات تحسين النظام الرصد والإدارة البيئية, ويترتب على هذه الخطة بعض التغييرات في التصميم أو التخطيط بما تقتضيه حماية البيئة.

8.3. إعداد خطة المتابعة(خطة الرصد البيئي): تحتوي هذه الخطة على إجراءات محددة لوسائل المراقبة البيئية كتخزين المعلومات ثم تحليلها وإجراءات الطوارئ.

9.3.التنسيق بين الهيئات :يجب التنسيق بين الهيئات الحكومية وغير الحكومية والجماعات المتأثرة ومشاركة سكان المنطقة في عملية صنع القرار أمر ضروري من أجل نجاح المشروع والحفاظ على البيئة.

10.3. تقرير التقييم البيئي :يجب أن يتضمن جميع النتائج المهمة بالنسبة للمشروع سواء أكانت آثار سلبية أو ايجابية وتوصيات التخفيف كذلك برامج الرصد المفتوح للمتابعة والمراقبة.

نستخلص فيما سبق مدى أهمية عملية تقييم الأثر البيئي للمشروعات النفطية أو الغازية في الوقاية من التلوث لذا يجب مراعاة هذا الإجراء بكل جوانبه حتى يحقق الهدف مشروعات التي تؤثر بشكل سلبي على البيئة خاصة المشروعات الصناعية النفطية.

ثانيا:دراسة الخطر كآلية لحماية البيئة من آثار استغلال الغاز الصخري

1. مفهوم دراسة الخطر:

دراسة الخطر هي إحصاء وجود الأخطار والحوادث التي تنجر عن استغلال مشروع ما مصنف، وقبل تسليم أي رخصة للمشروعات المصنفة يجب أن تسبقها دراسة تتعلق بالأخطار والانعكاسات المحتملة للمشروع خاصة تلك المتعلقة بالأنظمة البيئية والموارد الطبيعي، وتهدف دراسة الخطر إلى تحديد المخاطر المباشرة وغير المباشرة التي يمكن أن يتسبب فيها نشاط المؤسسات التي تعمل في مجال المحروقات على الصحراء والممتلكات البيئية كما تسمح الدراسة بضبط التدابير التقنية للتقليص من احتمال وقوع الحوادث وتخفيف آثارها، كما يتضمن مخطط التسيير البيئي وصفا لتدابير الوقاية وتسير المخاطر البيئية المرتبطة بنشاطات قطاع المحروقات ويكون إجباريا وذلك طبقا للتشريع والتنظيم المعمول بها في مجال البيئة.[1]

2. إجراءات دراسة الخطر: بداية تتم عملية دراسة الخطر لأي مشروع بعرض عام للمشروع ثم وصف الأماكن المحيطة للمشروع والتي قد تتضرر في حالة وقوع الحوادث ويتم ذلك عبر:[2]

- المعطيات الفيزيائية والجيولوجية؛

[1] مهيدي لحول، مرجع سابق، ص 368.
[2] مرجع نفسه، ص 369.

- المعطيات المناخية والشروط الطبيعية(مدى التعرض للزلازل)؛
- المعطيات المتعلقة بالسكن والسكان ونقاط الماء والالتقاط؛
- النشاطات الاقتصادية وطرق المواصلات.

كما تتضمن دراسة الخطر على ما يلي:

- وصف المشروع ومختلف منشآته (الموقع، الحجم...) بيان استخدام الخرائط(المخطط الإجمالي, مخطط الوضعية، مخطط الحركة)؛
- تحديد جميع العوامل المتسببة في المخاطر الناجمة عن الإستغلال.

هذا الإجراء يتم بموازات الجوانب الداخلية ولا يجب إهمال العوامل الخارجية التي قد تتعرض لها المنطقة كما تتم تحديد الأحداث الطارئة الممكن حدوثها ومنحها ترقيما حتى يتم تصنيف درجة خطورتها.

ثالثا: إجراءات الحد من الآثار البيئية

في فترة ندرة الموارد الأحفورية، فإن اختيار أو عدم استغلال الموارد غير المتجددة للغاز الصخري يتطلب معايير سياسية وصناعية ومجتمعية وبيئية. ولكن قبل أي عملية تشغيلية واسعة النطاق، سيكون من الضروري تنفيذ سلسلة من التدابير، إن لم يكن تجنب هذه الآثار، على الأقل السيطرة عليه.[1]

- تقييم تكاليف المياه والطاقة لاستغلال الغاز الصخري ومقارنة تدفقات غازات الدفيئة المنبعثة مقارنة بأنواع الوقود الأحفوري الأخرى، تطوير عملية معالجة النفايات السائلة قبل بدء التشغيل؛
- نشر قائمة المنتجات المحقونة أثناء التكسير الهيدروليكي، تركيبة السوائل التي يتم تصريفها في البيئة؛
- الحد من تدهور المناظر الطبيعية (التعدي على العديد من المواقع وإنشاء طرق الوصول اللازمة، والبحيرات المهجورة، والنقل خلال مراحل الاستغلال)؛
- تحديد تأثير تشغيل عدد كبير من مواقع الحفر على التنوع البيولوجي؛
- مراعاة وقياس الزلازل للمنطقة المستغلة.

إن انخفاض مستوى المعرفة بالآثار المتوسطة والطويلة الأجل لهذا الاستغلال، وما يرتبط به من مخاطر بيئية وصناعية، يؤدي إلى وقف استغلاله، وبالتالي تستلزم الحاجة إلى معرفة جديدة حول هذا المورد واستغلاله، كبناء موقع تجريبي مخصص للبحوث، ومفتوح للمجتمع الأكاديمي، سيجعل من الممكن توحيد التخصصات اللازمة لفهم أفضل للعمليات الجوفية والسطحية المرتبطة بإنتاج الغازات غير التقليدية.

المطلب الرابع: تطبيق مبادئ التنمية المستدامة على الاستثمار في الغاز الصخري

[1] Francois Renard, Gaz de schiste : impacts environnementaux, sur site : consulter le12/04/2023 https://books.openedition.org/editionscnrs/11147?lang=fr#tocfrom1n3

يتوجه العالم الآن إلى السعي في تحقيق مبادئ التنمية المستدامة من خلال البحث على استخدامات ومصادر بديلة أنظف للطاقة، الا أن الغاز الصخري هو بديل ولكن لا يراعي التدابير البيئة مثله مثل مصادر الطاقة الأحفورية، بل أكثر منهم من ناحية طريقة استغلاله (تقنية التكسير الهيدروليكي)، وهذا ما شاهدناه في الفقرات السابقة، لذا سيتم في هذا المطلب التطرق إلى هذا المورد وما تقتضيه التنمية المستدامة.

أولا:الغاز الصخري والقضايا المطروحة في ظل متطلبات التنمية المستدامة

ان التوجه الجديد نحو التنمية المستدامة يفرض على العالم بأسره تخفيض استنزاف موارده الطبيعية التي لا تتجدد وخاصة الموارد الطاقوية الأحفورية، وخاصة في ظل مؤشرات توحي بالوصول إلى الذروة.

1.التناقض مع نظرية الذروة (النفط والغاز):

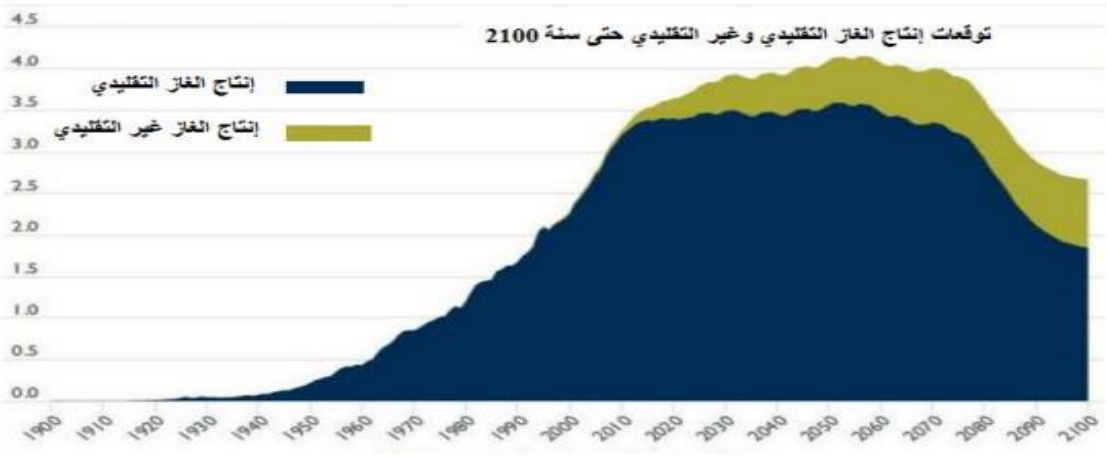
هذه النظرية مفادها أن العالم تجاوز الإنتاج الأقصى من النفط والغاز، وان الإمدادات في تناقص مستمر مع الزيادة المستمرة من الاستهلاك الطاقوي، وتعود نظرية قمة إنتاج النفط أو ذروة النفط الى أعمال عالم الجيولوجيا "ماريون كينج هوبرت" في الخمسينات من القرن الماضي، وقد تم تقدير وصول إلى قمة الإنتاج في حدود2037،[1] فالنفط والغاز الصخريين ينقض هذه النظرية.

لقد عملت الولايات المتحدة الأمريكية على استخراج النفط والغاز بتقنيات وطرق جديدة، تمثلت في ظهور ثروة الغاز والنفط الصخريين التي تدوم احتياطاتهم إلى مئة سنة قادمة حسب رأي الخبراء، [2] وبالتالي استطاعت أن توقف إعتماداتها على وارداتها من النفط والغاز، وأصبحت الولايات المتحدة الأمريكية ينظر إليها الآن على المدى المتوسط والبعيد على أهمها المساهم الكبير في متطلبات الأسواق العالمية بإنتاجها الغاز والنفط الصخريين، وهذا ما يتنافى مع نظرية الذروة، والشكل الآتي يوضح توقعات الغاز الطبيعي والغاز الصخري حتى سنة 2100.

الشكل رقم (07): توقعات الغاز التقليدي والغاز الصخري (غير التقليدي) الى غاية سنة 2100

[1] ذروة النفط، على الموقع: https://ar.m.wikipedia.org تاريخ الاطلاع 20 سبتمبر 2022

[2] la production de gaz de schiste dans le monde.sur site :consulter le 12/05/2023.
https://www.planetoscope.com/Source-d-energie/1460-la-production-mondiale-de-gaz-de-schiste.html



Source: la production de gaz de schiste dans le monde.sur site :
https://www.planetoscope.com/Source-d-energie/1460-la-production-mondiale-de-gaz-de-schiste.html

2.علاقة الغاز الصخري بأبعاد التنمية المستدامة

ان الغاز الصخري علاقة بأبعاد التنمية المستدامة المتمثلة في البعد البيئي والاقتصادي والاجتماعي وهذا ما يلخصه الجدول الآتي:

جدول رقم(07): علاقة الغاز الصخري بأبعاد التنمية المستدامة

ابعاد التنمية المستدامة	علاقة استغلال الغاز الصخري على ابعاد التنمية
البعد البيئي	**المسائل المرتبطة بالموارد المائية**: استهلاك المياه بكميات كبيرة، تلوث المياه الجوفية بالواد الكيميائية (سائل التكسير السامة والمشعة) **الغلاف الجوي**: تسرب غاز الميثان مسبب لظاهرة البيت الزجاجي[1]، وهو اقوى من CO_2
البعد الاقتصادي	**غير مجدي اقتصاديا**: ارتفاع تكلفة الاستغلال،استعمال تقنيات مكلفة، مع انعدام البنى التحتية،مدة حياة الحقول غير تقليدية قصيرة بالنسبة للحقول التقليدية
البعد الاجتماعي	**تخوف في أوساط المجتمع**: تاثير على الوضع الصحي للمواطنين، وبالتالي رفض مشروع الاستغلال

المصدر : من إعداد الباحثة اعتمادا على الفقرات السابقة.

ثانيا: التناقض مع التوجه نحو الاستثمار في الطاقات المتجددة المستدامة

يتوجه العالم الآن إلى السعي في تحقيق مبادئ التنمية المستدامة من خلال البحث على استخدامات ومصادر بديلة أنظف للطاقة، وتخفيف استغلال الطاقات الأحفورية (التقليدية) والتي سببت الكثير من المشاكل البيئية، والتي أثرت على جميع الكائنات الحية بما فيها الإنسان، وعلى النظام البيئي ككل، من جراء الإنبعاثات الغازات الدفيئة، والمخلفات الصناعية للعديد من الأنشطة والتي لها أثر كبير على التلوث البيئي (الهواء، التربة، المياه).[2]

[1] سفيان خلوفي، «**الغاز الصخري والتنمية المستدامة: تعارض ام تكامل**»، الملتقى الوطني حول تحديات تحقيق الأمن الطاقوي، كلية الحقوق والعلوم السياسية قسم الحقوق وجمعية الكوكب الأخضر، جامعة الحاج لخضر، باتنة، الجزائر، يومي 2018/03/02.
[2] احمد طرطار، طارق الراشي ,مرجع سابق، ص15

وفي خضم هذه التوجهات العالمية نحو الطاقات البديلة للطاقات الأحفورية، ظهر الغاز الصخري كمصدر جديد وبديل للطاقة ومع إفرازات جديدة لعملية استغلاله وآثاره السلبية على البيئة كما تطرقنا إليها سابقا، فأصبح لديه درجة من الأولويات للاستثمار بدل من الطاقات المتجددة.

لذا من البديهي التوجه نحو الاستثمار في الطاقات المتجددة بكل أنواعها، للاستجابة إلى متطلبات الأسواق العالمية المتزايدة مع الحفاظ على البيئة، وتجنب التكاليف الباهظة في استغلال الغاز الصخري الذي يتطلب تقنيات ذات تكنولوجيا فائقة التطور في مجال الحفر الأفقي والتكسير الهيدروليكي، إضافة لأثاره السلبية على البيئة

المبحث الثلث: تكاليف الآثار الخارجية والكفاءة الاقتصادية للغاز الصخري

ترتبط الآثار الخارجية للأننشطة الإقتصادية ارتباطا وثيقا بمدى زيادة آثار التلوث البيئي نتيجة لمزاولة المشاريع خاصة منها الطاقوية،كما تسمح تكاليف التأثيرات الخارجية للمشاريع بتقييم وتحليل العائد وقياس التكلفة، لقد أصبحت

الأنشطة الاقتصادية اليوم تقيم بالمقام الأول بمدى أثرها على البيئة، وذلك بإحتساب تكلفتها البيئية (الضرر الذي يلحق بالبيئة نتيجة مزاولة النشاط) لذا سنحاول في هذا المبحث التطرق إلى مفهوم الآثار الخارجية وأنواعها وطرق تقييمها، وتكاليف الآثار الخارجية لاستغلال الغاز الصخري، مع كفاءته الاقتصادية.

المطلب الأول: تكاليف الآثار الخارجية

مما لا شك فيه أن للنشاطات الإنتاجية تأثيرات متبادلة بينها وبين النشاطات الاستهلاكية، لكن على العموم يهتم التحليل الاقتصادي بالعلاقات المباشرة بين المتعاملين حيث يمكن تقييمها من خلال السوق، بينما تبرز المؤثرات الخارجية علاقات خفية تحدث آثار غير هينة لكنها لا تخضع العرض والطلب.

أولا: مفهوم الآثار الخارجية

لقد أصبحت المشروعات مجبرة على مواجهة أبعاد جديدة تدفعها إلى تحمل مسؤوليات أوسع باتجاه المحيط، نظرا لما ترسله من مؤثرات خارجية أو ما يمكن أن تستقبله.

1.تعريف الآثار الخارجية

لقد مر مصطلح المؤثرات الخارجية بمراحل ساهمت النظرية الاقتصادية في تطويره، ويتمثل في:[1]

- لقد انتقل مفهوم مصطلح اقتصاديات الوفرة عند مارشال إلى التفريق بين الوفرات الخارجية السوقية والوفرات التكنولوجية (Viner) سنة 1931، إلى تعريف مختصر لدى (Meade James) سنة 1952، ثم في سنة 1973 عدل في التعريف ليصبح شاملا حيث يقيم فيه هذه الآثار إلى فوائض بمثابة أثار ايجابية أو تكاليف عند حدوث أثار سلبية، تتدخل فيها أو لا تدخل إرادة المتلقي أو المستفيد، وتكون عبر سوق أو لا تكون.
- وتعرف الآثار الخارجية، بأنها آثار الأنشطة لوحدة اقتصادية معينة على رفاهية وحدة اقتصادية أخرى، والتي لم يتم أخذها في الاعتبار من خلال ميكانيكية نظام السوق، والآثار الخارجية قد تكون سلبية (أضرار أو تكاليف)، وقد تكون ايجابية (فوائد أو منافع) ، وقد تقع الآثار الخارجية بين المؤسسات وبعضها البعض، أو بين المؤسسات والأفراد، أو بين الأفراد وبعضهم البعض.

و عليه تتميز الآثار الخارجية بخاصية مزدوجة فهي تتميز بعدم المجاراة، حيث يولد النشاط الإنتاجي أو الاستهلاكي لا محالة فائضا او تكلفة إضافية، وهي أيضا تتميز بالتلقائية، بحيث أن منتجها و كذلك مستهلكها لا يدفع ثمنا ولا يتقاضى تعويضا.

في الحقيقة انه من الناحية الشكلية عند وجود الآثار الخارجية تؤثر دالة الإنتاج او الاستهلاك لعون اقتصادي معين جزئيا او كليا على دالة استهلاك او إنتاج عون اقتصادي أخر دون ان يساهم هذا الأخير في اتخاذ القرار.

فإذا كانت دالة انتاج المؤسسة A على نحو: $Q_a = Fa\ (X1, X2, \ldots. Xn\ )$

فقد تكون دالة انتاج المؤسسة B على نحو: $Q_b = Gb\ (Y1, Y2, \ldots. Yn\ .\ Uj)$

[1] محمد فرحي، إشكالية تقييم المؤثرات الخارجية و مسؤولية العدالة الاجتماعية، المؤتمر العلمي الدولي حول سلوك المؤسسة الاقتصادية في ظل رهانات التنمية المستدامة والعدالة الاجتماعية ، ورقلة ، 2012 ، ص 06.على الموقع: تاريخ الإطلاع 2024/01/15.
https://ibir-api.hbku.edu.qa/node/21660

حيث:

- Xi: عوامل انتاج المؤسسة A
- Yi : عوامل انتاج المؤسسة

بينما يكون عامل Uj مؤثر خارجي منتج في المؤسسة A ومرسل باتجاه المؤسسة B، وكذلك الحال بالنسبة لنشاطات الاستهلاك.

وعليه تظهر المؤثرات الخارجية للنشاطات الاقتصادية عندما يؤثر نشاط ما في مستويات الإنتاج لنشاطات أخرى دون تحمل تكلفة أو اخذ سعر مقابل، و قد تكون نتيجة هذا المؤثر منفعة لا تدفع النشاطات المستفيدة منها مقابلا لذلك، كما قد تكون تكلفة لا تتقاضى النشاطات المتلقية لها مقابلا للتعويض.

2. أنواع الآثار الخارجية

يمكن تصنيف الآثار الخارجية إلى أنواع عدة، بحسب وجهة النظر إليها او المؤشر المعتمد لذلك وتتمثل في:[1]

- حسب المؤشر الاقتصادي يمكن التفريق بين الآثار الإنتاجية والآثار الإستهلاكية؛
- حسب مؤشر طبيعة الأثر المولد يمكن التفريق بين الآثار الإيجابية و الآثار السلبية؛
- بالنظر إلى مجال الأثر يمكن التفريق بين الآثار التقنية و هي التي لها انعكاسات مباشرة على دالة الإنتاج والمؤثرات المالية وهي التي تنعكس مباشرة على دالة التكلفة او السعر؛

اما المؤثرات التكنولوجية فهي التي تعمل على تغيير التركيبة الإجمالية للعناصر الإنتاج، بالتالي تعطي تغييرا فعليا لنوعية ومستوى الإنتاج الفردي لكل مؤسسة، كما هو الحال كذلك بالنسبة لمكتسبات التطور العلمي

إن الابتكارات التكنولوجية لا تسمح للمؤسسات المتعاملة بها بالاستفادة من منتجاتها فحسب، لكنها تعمل على نشر ثقافة ومعرفة جديدة في المجتمع بأكمله.

ثالثا: انعكاسات الآثار الخارجية على التوازن العام

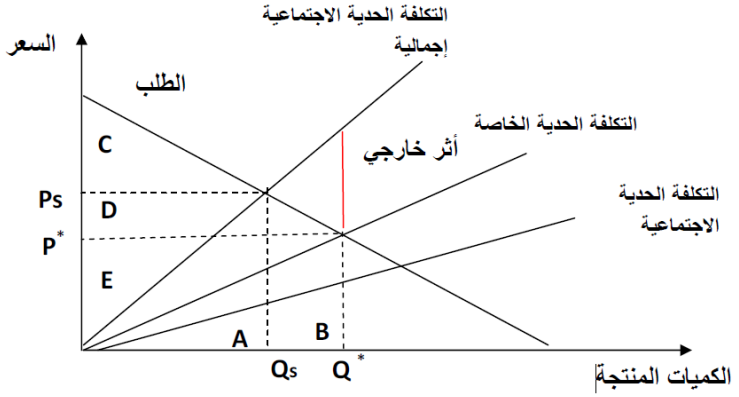
ومن أجل معرفة وتوضيح مفهوم الآثار الخارجية، سوف نعطي مثال لذلك، حيث نفرض أن نشاط مؤسسة صناعية يتم برمي فضلات صناعية، والنفايات الخطيرة في النهر بدلا من التخلص منها بالطرق العلمية، فكلما زاد إنتاج المؤسسة الصناعية: إزادت كمية الفضلات والنفايات الإضافية المرمية في النهر، فإن جزءا من تكلفة الإنتاج الكلية، ستنتقل إلى أعضاء آخرين بالمجتمع، مثلا الذين تعودوا على اصطياد الأسماك بالنهر، فمن خلال استهلاك هذه الأسماك سيعرض صحة المجتمع للخطر، ويجب على المجتمع استعمال مصادر مائية أخرى بخلاف هذا النهر، مما يحمل المجتمع تكاليف إضافية أخرى، وربما تكون تكلفتها أعلى ونوعيتها أقل، بالإضافة إلى ذلك فإن أعضاء المجتمع الذين يستعملون

[1] المرجع السابق، ص 07.

هذا النهر كمصدر للمياه يجب أن تنفق أموال باهظة من أجل تنظيفه وجعله صالحا للشرب، لذا فإن سكان هذا المجتمع سيتحملون تكلفة إضافية لاستهلاك الماء وعلى هذا الأساس فإن:[1]

- **التكلفة الخاصة** :هي تكلفة التي تشمل مجموع التكاليف الخاصة من أجل إنتاج وحدة واحدة من السلع والتي تسمى محاسبياً تكلفة الإنتاج وهي تساوي تكلفة الشراء زائد مصاريف الإنتاج.
- **التكلفة الاجتماعية** :وهي تشمل الانعكاسات البيئية لإنتاج السلع الموجهة إلى الأسواق(الاستهلاك)
- **إجمالي التكاليف الاجتماعية** :ومن ثم يصبح من الممكن إضافة دالتي التكلفة الخاصة والتكلفة الاجتماعية إلى بعضهما البعض لتحديد إجمالي التكاليف الاجتماعية للإنتاج، ويمكن أن يظهر من الشكل أن التكاليف الاجتماعية أعلى من التكاليف الخاصة، مما يشير إلى أن إجمالي التكاليف الاجتماعية للإنتاج أعلى من التكاليف الخاصة لوحدها، وهو ما يوضحه الشكل الموالي:[2]

الشكل رقم (08): إدخال التكاليف الاجتماعية في تقدير الآثار الخارجي



المصدر: محمد فرحي، إشكالية تقييم المؤثرات الخارجية و مسؤولية العدالة الاجتماعية، المؤتمر العلمي الدولي حول سلوك المؤسسة الاقتصادية في ظل رهانات التنمية المستدامة والعدالة الاجتماعية ، ورقلة ، 2012، ص 07، على الموقع: تاريخ الإطلاع 2024/01/15.
https://ibir-api.hbku.edu.qa/node/21660

وعليه فإن منحنى إجمالي التكاليف الحدية الاجتماعية يكون أعلى من منحنى التكاليف الحدية الخاصة، إن التكاليف الحدية الخاصة لا تعكس جميع التكاليف للمجتمع، وفي هذه الحالة تكون إجمالي التكاليف الحدية الاجتماعية أعلى من منحنى التكاليف الحدية الخاصة، فقد تكون الآثار الخارجية سالبة أو إجابية في الحالات الآتية:

- **الآثار الخارجية سالبة**: في حالة إجمالي المنفعة الحدية الاجتماعية أقل من لمنفعة الحدية الخاصة
- **الآثار الخارجية الايجابية**: في حالة إجمالي المنافع الحدية الاجتماعية تفوق المنافع الحدية الخاصة
- **الآثار الخارجية الايجابية والسلبية معا** :في هذه الحالة يتم التعادل بين المنفعة الحدية الخاصة والتكلفة الحدية الخاصة، فإننا سنحصل على المستوى الأمثل للإنتاج متساوي لان Qp=Qs ويصبح التدخل في نطاق السوق

[1] محمد فرحي، مرجع سابق، ص 08.
[2] مرجع نفسه.

غير ضروري لتصحيح توزيع الموارد في هذه الحالة، بالرغم من الانتقادات التي تطرح لهذا النوع من الأشكال حيث لا يمكن بالضرورة أن يتساوي الأثرين السلبي والايجابي.

رابعا: طرق تقييم الآثار البيئية للآثار الخارجية

يتم تقييم الأضرار البيئية للنشاط الاقتصادي عن طريق أسلوب تحليل المنافع /التكاليف، أي المقارنة بين المنافع المتولدة عن النشاطات الإنتاجية أو الاستهلاكية و التكاليف البيئية أخذا في الاعتبار للمتغيرات البيئية وتنوعها، لكن اختلاف المجالات التي تطالها المؤثرات الخارجية و أشكال التأثر بها يبرز مشكلات وحدات قياس التكاليف والمنافع.

1.المقاربة بطريقة التفضيلات المستوحات: هي عبارة عن محاولة تحديد ردود أفعال الأفراد و المؤسسات استجابة الى الآثار البيئية، ومن أهم أساليبها :أسلوب أسعار المتعة، و أسلوب تحويل السلوك.[1]

- أما أسلوب أسعار المتعة فقد سمي كذلك لأنه يقر باستعداد الفرد لدفع مقابل اكبر للاستفادة والتمتع ببيئة جيدة، فالبيوت في البيئة النظيفة ذات أسعار أعلى من تلك المعرضة للتلوث؛
- بينما يشير أسلوب تغيير السلوك إلى انه عند توقع أثار سلبية يمكن للأفراد تجنبها عن طريق اتخاذ تدابير وقائية مثل استبدال أماكن الإقامة، إعادة طلاء الأبنية أو استخدام الزجاج المضاعف لتخفيف الضوضاء بحيث تكون تكاليف مثل هذه التدابير اقل من تكاليف الضرر البيئي.

2. المقاربة بطريقة التفضيل المفصح عنه: فهي تسعي إلى تقييم ردود أفعال المستفيدين او المتلقين للمؤثرات الخارجية من خلال الاستفسار المباشر، وقد استخدمت لأول مرة سنة 1963 وهي تقوم على إجراء استقصاء من اجل تجميع المعلومات حول المبلغ النقدي الذي يرغب الأشخاص بدفعه لدعم الجهود الرامية إلى تحسين الظروف البيئية أو المحافظة عليها.[2]

تتسم هذه الطريقة بأنها تسمح بالمشاركة الشعبية في حماية البيئة وفي اتخاذ القرارات الهادفة إلى تحسين النوعية البيئية، ويشع استخدامها في الدول المتقدمة بينما يصعب تطبيقها في الدول النامية حيث تنعدم التقارير المحددة للخصائص البيئية ويضعف الاهتمام بالبيئة عموما ومواصلة تقييم المشاريع على أساس الأسلوب التقليدي

المطلب الثاني: الضرر البيئي وقياس التكاليف البيئية للنشاط الاقتصادي

يشير مصطلح الضرر عن خروج حدث عن ما هو متوقع منه أو مخطط له، بفعل فاعل أي يفترض وجود سبب مباشر لحدوث الضرر ومن الناحية الاقتصادية يعبر عن التغيرات السلبية لخواص المحيط الطبيعي من جراء النشاط البشري سواء أحدث بطريقة مباشرة أو غير مباشرة ويلقى مفهوم الضرر أهميته ضمن اقتصاد البيئة لأنه يساهم في القياس النقدي

[1] نجم عبود نجم، **البعد الأخضر للأعمال المسؤولية البيئية لرجال الأعمال**، مؤسسة الوراق للنشر والتوزيع، الأردن، الطبعة الأولى،2008 ،ص.89.
[2] مرجع نفسه.

للأضرار البيئية، بمعنى يمكن من تقدير التكلفة البيئية الناجمة عن تلك الأضرار و سنوضح التكاليف البيئية من خلال النقاط الآتية:[1]

أولا: التكاليف البيئية ومعايير قياس التلوث البيئي:

1.التكاليف البيئية:

يقصد بها المصروفات والالتزامات النقدية التي تصرف على كل ما من شأنه أن يؤدي للمحافظة على النظام البيئي من معدات وغيره، وما يثبت التزام المؤسسات بالمعايير الخاصة بحماية البيئة وتحسينها.كما تختلف أنماط التكاليف البيئية من حيث النظم الايكولوجية، والتي نلخصها في المظاهر التالية:

- **تكاليف تدهور نوعية البيئة**، تتمثل أساسا في انخفاض إنتاجية الأراضي وتجاوز قدرة النظام الحيوي على إنتاج مواد بيولوجية نافعة واستيعاب النفايات الناتجة عن الأنشطة البشرية، بالإضافة لاستمرار عمليات استنزاف الموارد.
- **تكاليف اختلال توازن البيئة** :تكمن من خلال انخفاض أعداد من الكائنات الحية أو انقراض البعض منها، ونشير في هذا الصدد إلى اختلال المعادلة بين البصمة البيئية والسعة البيولوجية المتاحة، والعلاقة بين المفهومين تظهر من خلال العلاقة التالية:

البصمة البيئية – السعة البيولوجية = العجز البيئي.

البصمة البيئية: تشمل وتلخص مجمل مساحات الأراضي والمياه التي خصصتها كل دولة لإنتاج جميع الموارد التي تستهلكها ولاستيعاب جميع النفايات التي تنتجها .

السعة البيولوجية: أي القدرة الإستعابية للوسط، وتشير إلى المساحة من الأرض التي يمكن استغلالها بدون إحداث ضرر نهائي لا يمكن تصليحه في عناصرها الأساسية .

والحالة المثلى تستوجب أن تكون السعة البيولوجية مساوية للبصمة البيئية وذلك للمحافظة على التوازن، وفي حالة تجاوزت البصمة البيئية السعة البيولوجية المتاحة يعتبر هناك عجز في الموارد الطبيعية لهذه الدولة .

- **تكاليف تلوث البيئة** :حيث يصعب تحديد التكاليف المرتبطة بالتلوث سبب وجود آثار خارجية سلبية على البيئة، وفي هذا الصدد لا بد من التمييز بين تكاليف تلوث البيئة أو الأضرار الخارجية لتلوث البيئة التي تتحملها البشرية من جراء التلوث الحاصل .والتكاليف التي يتحمل المجتمع سواء كان أفراد أو حكومة أو شركات لمنع حدوث التلوث الناتج عن نشاط إنتاجي أو استهلاكي.

2.معايير قياس التلوث البيئي:

من أجل الوقوف على آثار التلوث ومدى خطورته، وجب توفر معايير لقياس درجة التلوث للعناصر التي يتألف منها النظام البيئي ككل، وهو ما يجعل هيئات المكلفة بهذه المهمة تستعين بمعايير لقياس درجة التلوث، وذلك باستعمال وسائل متنوعة للرقابة، وهذا بهدف وضع نسب معينة ومناسبة من التلوث البيئي، ولن يتم ذلك إلا بإيجاد معايير

[1] منور أوسرير، محمد حمو، **الاقتصاد البيئي**، دار الخلدونية للنشر والتوزيع، الطبعة الأولى،2010، الجزائر، ص 54.

موضوعية لقياس درجة التلوث، للحد منه بصفة نهائية أو مؤقتة من أجل حماية البيئة، وهذه المعايير يمكن إجمالها كالآتي:[1]

- **معيار الوسط البيئي:** ويتمثل في أخذ عينة من الوسط المعرض للملوثات كالهواء والمياه لتحليلها، وقياس درجة تلوثها ثم مقارنتها بالدرجة المسموح بها علميا؛
- **مقياس انبعاث الملوثات:** وهو تحديد كمية الملوثات المنبعثة من المصانع والسيارات خلال فترة زمنية معينة، ومقارنتها كذلك بالكمية المسموح بها؛
- **معيار توفر شروط التشغيل:** ويعني قياس مدى ت وفر بعض الوسائل، لمعالجة ما نشأ من التلوث مثل وجوب وضع بعض الأجهزة في بعض المصانع للتقليل من انبعاث التلوث؛
- **مقياس السلع المنتجة:** ويعني قياس الملوثات التي تحتويها بعض السلع على أساس الخصائص الكيماوية، والفيزيائية المكونة لها) مثل الأصباغ والمواد المحفظة (وتحديد الحد الأقصى المسموح به صحيا.

ثانيا: أضرار التلوث

لا شك في أن التلوث البيئي تنجم عنه أضرار عديدة تأخذ صورا مختلفة مثل(تزايد حالات الوفاة وتزايد حدوث و انتشار الأمراض...)، و أضرار أخرى غير محددة بشكل واضح، نتيجة الآثار السلبية للتلوث التي تلحق بجميع مكونات البيئة(الإنسان، الحيوان، النبات، المواد...الخ)، لهذا فإنه يتوجب التخفيض من مستويات التلوث البيئي لتخفيض هذه الأضرار أو على الأقل الحد منها.

1. تبويب أضرار التلوث

يمكن تبويب أضرار التلوث تبعا لمجموعة من الأسس على النحو التالي:[2]

1.1.تبويب أضرار التلوث وفقا لنوع الضرر:

تنقسم أضرار التلوث من حيث أنواع الضرر إلى:

- **أضرار مادية:** وتتمثل في الأضرار التي يمكن تقييمها و التعبير عنها مباشرة بوحدات نقدية، ومثال ذلك الضرر الذي ينجم عنه الاستبدال المبكر للأصول المادية الخاصة بالمشروع أو المجتمع، وتكاليف الحماية الإضافية أو تكاليف الصيانة المتزايدة للمواد، و التغير في ناتج المحاصيل الزراعية.
- **أضرار ليس لها قيمة سوقية:** وتتجلى في الآثار الضارة التي يمكن تمييزها و تؤدي إلى حدوث أضرار مادية ولكنها لا تنعكس بالكامل في سلوك السوق، و مثال ذلك المعاناة النفسية للأفراد من الآثار السلبية للتلوث وإفساد المظهر الجمالي للبيئة.

[1] ثامر البكري، أحمد نزار النوري، **التسويق الأخضر**، دار اليازوري للنشر والتوزيع، الأردن،2007 .ص 258.

[2] منور أوسرير، محمد حمو، مرجع سابق. ص 55.

- **أضرار لا يتم قياسها بوحدات نقدية و ليس لها قيمة معروفة:** ومثالها تلك الأضرار التي يعاني منها الأفراد المصابون بالتهاب الشعب الهوائية، حيث يتطلب قياس هذه الأضرار إجراء دراسة تحليلية معمقة للحصول على المعلومات المرتبطة بالإصابة، كما أنه يصعب تحديد تكلفة فعلية لهذه الأضرار.

2.1.تبويب أضرار التلوث وفقا لإمكانية قياس تكلفتها:

تنقسم أضرار التلوث حسب إمكانية قياس تكلفتها إلى مجموعتين و هما:

1.2.1.المجموعة الأولى :و تضم الأضرار التي يمكن قياسها و التعبير عنها بوحدات نقدية، و تنقسم بدورها تبعاً لما إذا كان حدوثها قد تم بصورة مباشرة إلى نوعين:

1.1.2.1.أضرار مباشرة قابلة للقياس النقدي أو الاقتصادي :و تتكون هذه الأضرار من جميع التكاليف المباشرة التي يتحملها المجتمع بسبب حدوث التلوث، و من أمثلتها[1]:

- تكاليف الأضرار الصحية التي يتحملها المجتمع و الناجمة أساسا من تلوث البيئة؛
- قيمة المواد و الطاقة التي تنبعث أثناء العملية الإنتاجية و تسبب تلوثا للبيئة؛
- انخفاض الإنتاجية لعنصر العمل من جرّ اء مرض العمال بسبب التلوث؛
- تكاليف معالجة التلوث.

2.1.2.1.أضرار غير مباشرة قابلة للقياس الكمي أو الاقتصادي :و تشتمل على جميع الأضرار التي تنشأ بطريقة غير مباشرة نتيجة لوقوع التلوث، و يمكن قياسها كميا أو التعبير عنها بوحدات نقدية، ومثالها:

- تكاليف تفادي آثار التلوث، كتكاليف بناء تجمعات سكنية في مناطق ذات نوعية بيئية عالية.
- تكاليف الفرص البديلة للاستثمارات التي توجه إلى حماية البيئة و مكافحة التلوث.

2.2.1.المجموعة الثانية :و تحتوي على الأضرار التي يصعب أو يستحيل قياسها كميا ا أو التعبير عنها بوحدات نقدية، ومثال ذلك:

- الأضرار المصاحبة لمرض الإنسان من جراء التلوث مثل المعاناة أو الألم سواء كان بدنياً أو نفسياً؛
- التلف المادي الذي يَلحق بالتماثيل الأثرية و الذي لا يُمكن تقديره بمال.

3.2. تبويب أضرار التلوث وفقاً لنوع العنصر المعرض للتلوث:

تنقسم أضرار التلوث وفقا لهذا التبويب:

1.3.2.أضرار الصحة البشرية :و تشتمل هذه الأعراض على:

- التكاليف الاقتصادية (الخسائر المالية) لفقدان أو تدهور الصحة البشرية بسبب التلوث، وحالات الإصابة بأمراض أضرار التلوث، وكذا التكاليف المتزايدة للرعاية الصحية بما في ذلك تكاليف البحوث اللازمة لتفادي الآثار الصحية للتلوث.

[1] مرجع سابق.

- التكاليف الاجتماعية الناتجة عن التغيرات السلبية في نوعية البيئة، كالأضرار التي تلحق بالأفراد المتأثرين بالتلوث، إضافة إلى الأضرار الصحية المختلفة التي تنشأ من الضوضاء.

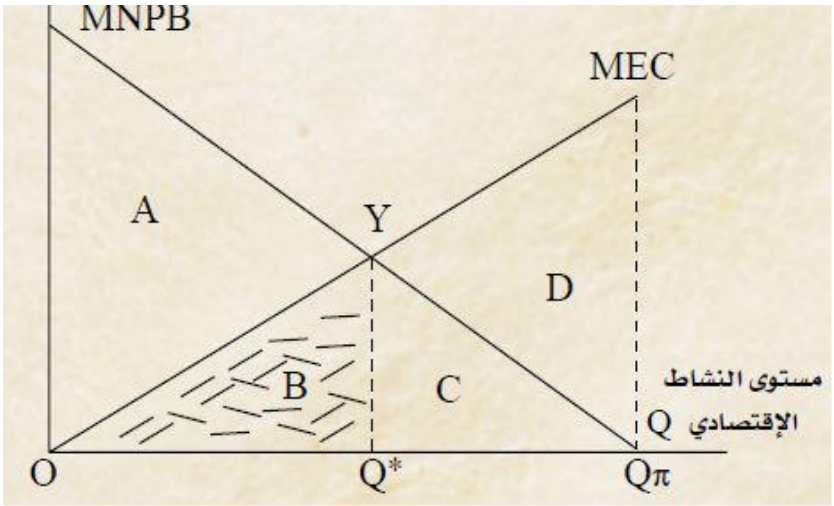
2.3.2.أضرار النباتات: و تتمثل هذه الأضرار في الخسائر المالية الناجمة عن تعرض النبات للتلوث، وتتمثل في:[1]

- **أضرار الموارد الطبيعية:** تتكون من التكاليف الاقتصادية للأضرار التي تلحق بالتربة أو المياه، و كذا فقدان التمتع بالنواحي الجمالية و المنافع الإستجمامية للبيئة.
- **أضرار المواد:** تتركز في الآثار الضارة التي تلحق بالمواد نتيجة التآكل والتغيُّر في اللون، و تشتمل على التكاليف الاقتصادية لأضرار المواد مثل انخفاض مدة حياة المادة، و تناقص إنتاجية أو منفعة المادة، و حتمية تصميم مادة بديلة مقاومة للتلوث، و تكاليف الحماية و الصيانة الإضافية المطلوبة بسبب التلوث.
- **أضرار الطقس والمناخ:** تتمثل هذه الأضرار في التكاليف الاقتصادية، التي تتضمن الخسائر التي تلحق بالمحاصيل الزراعية نتيجة تزايد أو تناقص سقوط المطر، وكذا تزايد الحوادث بسبب الرؤية المنخفضة التي يرجع سببها إلى تلوث الهواء بالجزيئات العالقة.

ثالثا: المفهوم الاقتصادي للمستوى الأمثل للتلوث:

يوضح الشكل التالي الحد الأمثل للتلوث أو الأثر الخارجي لنفرض مثلا مصنعا أو مؤسسة اقتصادية تصدر تلوثا، نعرف صافي الأرباح الخاصة الحدية للملوث، و التكاليف الخارجية الحدية(التكلفة الاجتماعية الحدية)، و (التكلفة الحدية للأثر الخارجي)، و q^* مستوى الإنتاج الأمثل.

الشكل رقم (11): المستوى الأمثل للتلوث



المصدر: نجم عبود نجم، البعد الأخضر للأعمال المسؤولية البيئية لرجال الأعمال، مؤسسة الوراق للنشر والتوزيع، الأردن، الطبعة الأولى،2008 ،ص90.

1.قياس تكاليف التلوث المثلى:

[1] ثامر البكري، أحمد نزار النوري، مرجع سابق، ص 259.

لمعرفة الحد الأمثل للتلوث الناشئ عن وحدة اقتصادية ينبغي أولا قياس التلوث أو الضرر البيئي، ثم معرفة معادلة الربح الخاص بالوحدة الاقتصادية (مصدر التلوث) وبالتالي معرفة معادلة حساب التكاليف الخارجية، وما نعنيه بحساب هنا هو الحساب النقدي أو القيمة المالية، لأنها الآلية المستخدمة عامة لقياس الأرباح والخسائر في الرفاه والمنفعة.

ويمكن الحصول على منحنى التكاليف الحدية MNPB بطرح التكاليف الحدية من سعر المنتج P.

$$MNPB = P - MEC$$

عند نقطة للإنتاج الأمثل تكون التكاليف الحدية مساوية للأرباح الحدية، بمعنى آخر، عند مستوى الإنتاج، Q^* نحصل على $MNPB = P - MEC$

أي أن صافي الأرباح الحدية يساوي التكلفة الحدية للأثر الخارجي، وبذلك يتحدد المستوى الأمثل للتلوث أو الحد الأمثل للأثر الخارجي عند التقاء منحنى الأرباح الصافية الحدية للمشروع الملوث بمنحنى التكلفة الحدية للأثر الخارجي أي حين يكون $MNPB = MEC$.

وبما أن المنحنيان حديان، فإن المساحة تحتهما هي بالحجم لإجمالي، فالمساحة التي تحت منحنى MNPB هي مجموع الربح الصافي للوحدة الاقتصادية (مصدر التلوث)، أما المساحة تحت المنحنى MEC فهي مجموع التكلفة الخارجية (تكلفة التلوث أو الأثر الخارجي).[1]

B: المستوى الأمثل للأثر الخارجي أو المردود البيئي للمشروع؛

المساحة A+B : المستوى الأمثل للأرباح الخاصة الصافية للجهة الملوثة؛

المساحة A : المستوى الأمثل للأرباح الاجتماعية الصافية؛

المساحة C+D: مستوى الأثر الخارجي غير الأمثل والذي يحتاج لإزالته إلى قوانين الردع والإذعان؛

المساحة C: مستوى الأرباح الصافية غير المضمونة اجتماعيا؛

$Q\ \pi$: مستوى النشاط الاقتصادي المدر لأعلى أرباح خاصة.

المطلب الثالث: الطاقة ضمن النموذج الايكولوجي _ الاقتصادي

يرتبط نمط استخدام المصادر الطاقوية بصورة مباشرة مع الأبعاد الاقتصادية، الاجتماعية والايكولوجية للعملية التنموية، الأمر الذي يتطلب الاعتماد على التحليل الاقتصادي لاستغلال هذه الموارد سواءا التقليدية الناضبة منها، أو المتجددة من خلال الوقوف على نموذج إدارتها بما يحقق الكفاءة الاقتصادية، والنجاعة البيئية.

أولا: أهمية التحليل الاقتصادي للموارد الطاقوية:

تكتسي دراسة الموارد الطاقوية في إطار النموذج البيئي، الاقتصادي (اقتصاديات الموارد) أهمية بالغة، يمكن معاجلتها من خلال ما يلي [2]:

[1] أسامة حسين شعبان، الأخطار و الكوارث البيئية، دار الفجر للنشر و التوزيع، مصر، 2013. ص89.

[2] براجي صباح، مرجع سابق، ص 33

- ضرورة المحافظة على الموارد المتاحة واستغلالها استغلالا أمثلا؛
- تجنب الأزمات الاقتصادية، وتقديم المسار الصحيح للتخطيط البيئي والاقتصادي على المدى البعيد؛
- عدم القدرة على تصحيح أخطاء استخدام الموارد أي عدم القدرة على الإسترجاع؛
- حالة عدم التأكد المصاحبة لقضايا ومشكلات الموارد والبيئة يحتم دراستها لإستغلالها بشكل أمثل؛
- استشراف الاستدامة الاقتصادية للمجتمعات تعتمد على كفاءة استغلال الموارد المتاحة، والتوزيع الزماني المكاني والقطاعي لاستثمارها، فضلا عن أهمية تفعيل جهود البحث عن البدائل، خاصة إذا تعلق الامر بالموارد التقليدية الناضبة التي تمثل المتغير الاستراتيجي في دوال التنمية والرفاه البشري؛
- ظهور أزمات عالمية (كأزمة الطاقة والغذاء والتلوث البيئي...) والتي تعد نتائج منطقية لعدم الاستغلال المستدام؛
- التزايد السكاني والضغط على قاعدة الموارد الطاقوية؛ يفرض دراسة وتحليل أنماط الإنتاج والاستهلاك وأساليب ترشيد استخدامها وسبل المحافظة على رفاهية الأجيال الحالية والمستقبلية؛
- الآثار الخارجية لاستخدام الموارد، والتي تتميز بالآثار السلبية على الرفاه البشري إذا لم يتم تصحيحها بالسياسات الاقتصادية الملائمة؛
- العالقة التبادلية بين البيئة والنشاط الاقتصادي، بحيث يؤثر كل منهما على الآخر؛
- نمط إستهلاك الطاقة في إطار متطلبات النشاط الاقتصادي، يخلف آثار بيئية خطيرة على الإنسان والبيئة مما يستدعي خلق نموذج يحقق الأهداف الاقتصادية ويستجيب للمتطلبات البيئية.

ثانيا: النموذج الأساسي في الموارد الطاقوية الناضبة " نموذج هارولد هوتلنج" :

يعرف فيشر (1981) الاحتياطات بأنها الكميات المعروفة من المورد الممكن الربح من وراء استخراجها وبيعها بالأسعار السائدة في السوق، كما يوضح بروبست (1966) أن هناك إحتياطات غير اقتصادية يمكن أن تصبح اقتصادية عن طريق تغير الظروف الاقتصادية أو تغيري التقنيات المستخدمة في الاستخراج، ويفرق بين النضوب الجيولوجي والنضوب الاقتصادي، حيث ينصرف الأول إلى استخراج كامل الاحتياطي الموجود، بينما يعين النضوب الاقتصادي عدم ربحية للاستمرار في الاستخراج، ويخضع المخزون المتبقي لتأثير مجلة من العوامل أهمها معدل الاستخراج والاكتشافات الجديدة التي تعتبر متغير خارجي لا علاقة له بمعدل الاستخراج الحالي، وانطلاقا من عرض مفهوم الاحتياطات، يبرز تساؤل جوهري حول نمط الاستخراج الذي يعظم المكاسب عبر الأجيال ، أي الكفاءة في توزيع المورد الناضب عبر الزمن بما يستجيب للمتغيرات البيئية والاجتماعية لتحقيق رفاهية الأجيال الحالية والمستقبلية.

1.مفهوم الاستنزاف الأمثل للموارد الطاقوية الناضبة:

الاستنزاف الأمثل للموارد الطاقوية الناضبة يعين الاستخدام الكفء، ونمط الاستغلال الذي يعظم القيمة الحالية لصافي الموارد، مع خصم الفوائد التي تتحقق للفترات أو الأجيال المستقبلية، لان استخراج واستهلاك وحدات من المورد الناضب في الوقت الحالي ينطوي على تكلفة فرصة بديلة، تتمثل في القيمة التي يمكن الحصول عليها في الفترة المستقبلية، مما يحتم أخذ تكلفة الفرصة البديلة في الحسبان عند تحديد كيفية توزيع الموارد عرب الزمن، حيث يحدد السعر من خلال

التكاليف الحالية للإنتاج وتكلفة الفرصة البديلة، وهذا ما يمثل الشرط الأول للاستنزاف الأمثل، في حين يصف الشرط الثاني للاستنزاف الأمثل سلوك تكلفة الفرصة البديلة عبر الزمن.

2.نموذخ هارولد هوتلنيج

يعمل هذا النموذج على مشكلة الإنتاج مع الحفاظ على الموارد، من خلال ما يلي:[1]

1.2.الإطار العام لنموذج التحكم الأمثل إن قضية نمط الانتاج (للاستهلاك) في إطار تخفيض العرض ومشكلة الحفاظ على الموارد وما أثاره غاري (Gary) حول تحديد معدل الخصم في المستقبل مع احترام الإستخدام الحالي للموارد، قاد الإحصائي والرياضي هارولد هوتلينج (1973-1985) إلى إثارة القضية الاقتصادية التي نشرت في 1931حول حساب المتغيرات لقيادة الاستخدام الأمثل للموارد الناضبة ، حيث يقدم هوتلينج نموذجه من خلال تعظيم دالة الهدف الموالية:

$$Max \sum_{t=1}^{T} \pi_t = \sum_{t=1}^{T} \frac{TR - TC_t}{(1+r)^{t-1}}$$

تحت القيد T.S :

- قيد ديناميكية المخزون: مجموع ما يتم استخراجه خلال الفترات الزمنية المختلفة لا يتجاوز كمية المخزون الابتدائي ، وفق ما توضحه العلاقة الموالية:

$$\sum_{t=1}^{T} R_t \leq S_o$$

- قيد عدم السلبية: مستوى أو معدل الاستخراج لأي مدة يكون موجب أو معدوم لكل الفترات في المدى التخطيطي، ويعطى وفق العلاقة:

$$R_t \geq 0$$

حيث:

مجموع القيم الحالية لعائد أو ربح استخراج لمورد خلال المدى الزمني التخطيطيt.

TR_T: الإيراد الكلي لاستخراج الموارد

TC_t: .تكلفة الاستخراج.

r: معدل الخصم الإجتماعي

يعتبر نموذج هوتلينج أول تحليل رياضي متكامل في مجال الإستغلال الأمثل للموارد القابلة للنضوب من جهة نظم المخطط الاجتماعي، وأحد أهم افتراضات هذا النموذج أن المنتج لهذا المورد محتكر للسوق وهذا لا يتوفر حاليا الا في حالة المخطط الاجتماعي.

[1] مرجع سابق، ص 34.

2.2.الحالة العامة لنموذج هارولد هوتلينج

الحالة العامة لنموذج هوتلينج، تكون عندما لا يتم تحديد المدى الزمني لاستغلال المورد القابل للنضوب (مجال زمني مفتوح)، بافتراض أن هناك مورد قابل للنضوب ذو دالة طلب خطية ، وفق الصيغة التالية[1] :

$$P_T = a - b\,R_t$$

حيث:

- P_t : سعر المورد في المدة t
- R الكمية المستخرجة من المورد

ويرتكز النموذج على قاعدة تتمثل في أن سعر المورد القابل للنضوب يتزايد عبر الزمن تبعا لمعدل الخصم ويتم التعبير عن ذلك من خلال العلاقة :

وانطلاقا من دالة الطلب للمورد الناضب يمكن الحصول على المنافع الإجمالية، المعبر عنها من خلال العلاقة :

$$TB_t = \int_0^{R_t} (a_{bR_t})dR$$

$$TB_t = aR_{t-} {}^{b}/_{2} R_t^2$$

أي : دالة المنافع الاجمالية للمورد الناضب ، وإذا كانت التكاليف الحدية MC لإستخراج المورد ثابتة عند C، يمكن الحصول على التكاليف الكلية TMt كما يلي

$$TCt = C\,Rt \qquad MCt = C$$

أما المخزون الموجود من المورد هو والمدى الزمني لاستغلال المورد هو T، وعليه يكون التوزيع الأمثل للمورد (نموذج التحكم الأمثل) خلال T انطلاقا من تعظيم دالة الهدف* الموالية

$$Max \sum_{t=1}^{T} \frac{\left(aR_{t-} {}^{b}/_{2} R_t^2 - CR_t\right)}{(1+r)^{t-1}}$$

يعد نموذج هوتليج أحد النماذج الهامة التي أكدت على أهمية الاستغلال الرشيد للموارد غير المتجددة عبر الزمن، والتي تحتاج إلى نمط إستغلال مستدام، مثل موارد الطاقة التقليدية، ولكن الأهم من ذلك هو كيفية ترشيد استثمار عوائد هذه الموارد وتثمينها لتنويع الخيارات الطاقوية المتاحة، وتنويع الاقتصاد خاصة في البلدان النامية والعربية تحديدا التي تعتمد نموذجا للتنمية يرتكز على إيرادات الموارد التقليدية للطاقة.

[1] المرجع السابق.

* يعالج نموذج التحكم الأمثل وفق عدة منهجيات رياضية مختلفة مثل: طريقة لاجرانج، البرمجة الحركية، المعدلات التفاضلية أو عن طريق البرمجيات المختلفة مثل FORTRAN , BASIC VISUAL .

المطلب الرابع: الكفاءة الاقتصادية للغاز الصخري

تهدف المشاريع الصناعية إلى تخفيض تكاليف الإنتاج للحد الأدنى، كما تعتمد قاعدة الكفاءة هذه على زيادة كمية الإنتاج لسلعة ما دون أن يصاحبها انخفاض في إنتاج سلعة أخرى، ويبلغ الإنتاج أقصى حد له إذا كانت زيادة سلعة ما غير مصحوبة بخفض إنتاج سلعة أخرى، فهنا يكون الإنتاج كفؤ حسب قاعدة التناسب.[1]

إن مقارنة الخصائص الفيزيائية للآبار التقليدية وآبار الغاز الصخري لا يبدو أنها في صالح هذه الأخيرة إذ أن عمق وصعوبات الحفر تكون أكبر منها في الآبار التقليدية من جهة أخرى يجب حفر العديد من الآبار من أجل إنتاج نفس الكمية الكلية من الغاز الطبيعي وبافتراض تكاليف حفر متساوية فإن تكاليف الإنتاج تكون أعلى بكثير للغاز الصخري منها في الغاز التقليدي.[2]

أولا:تكاليف إنتاج الغاز الصخري:

إن تكاليف الإنتاج تعد من الموضوعات الأساسية في الدراسات الاقتصادية، حيث إن كل القرارات الإنتاجية تتوقف أساسا على حجم تكاليف الإنتاج، كما أن حجم الإنتاج يرتبط إرتباطا وثيقا وعكسيا بقيمة تكاليف الإنتاج إذ أنها تعد عاملا أساسيا في تحديد صافي الإيرادات.[3]

من بين أهم المشاكل التي تعترض صناعة وإستخراج الغاز الصخري هي مشكلة التكلفة، إذ تعتبر جد مرتفعة إذا ما قورنت بتقنيات الاستخراج التقليدية، وتعتبر تقنية التكسير الهيدروليكي جد مكلفة وتفتقر إلى التنافسية نظرا لصعوبة وتعقيد التكنولوجيا المستخدمة فعلى سبيل المثال تقدر تكلفة حفر بئر صخري في بولندا أكثر بثلاث أضعاف من تكلفة حفر بئر مماثل في الولايات المتحدة الأمريكية.[4]

إن التحولات التي طرأت على شمال أمريكا من إنتاجها للكهرباء إعتمادا على الفحم إلى إمكانياتها الكبيرة من الغاز الصخري قد غير من سوق وقود النقل، ومن قواعد العرض والطلب العالميين على الغاز، مما أدى إلى انخفاض أسعار هذا الأخير في الولايات المتحدة الأمريكية من 13 دولار سنة 2008 إلى ما دون 5 دولار أمريكي عام 2010، ومع أن تراجع الإقتصاد العالمي كان أحد أسباب انخفاض أسعار الغاز، إلا أنه لا يمكن إنكار تنامي استخراج الغاز الصخري، الذي اجتاح سوق الغاز الطبيعي في نفس الفترة الزمنية وكمحاولة منهم للاندفاع نحو إستغلال الغاز الصخري تسبب المنتجون له في إغراق الأسواق من إمدادات الغاز الطبيعي الشئ الذي أثرى مخزون الغاز الطبيعي والذي وصل إلى مستويات قياسية آنذاك.

قدرت وكالة الطاقة الدولية تكاليف إنتاج الغاز غير التقليدي مقارنة مع الأنواع الأخرى من الغاز التقليدي كما يوضحه الشكل رقم (15) تكاليف إنتاج بعض أنواع الغاز.

---

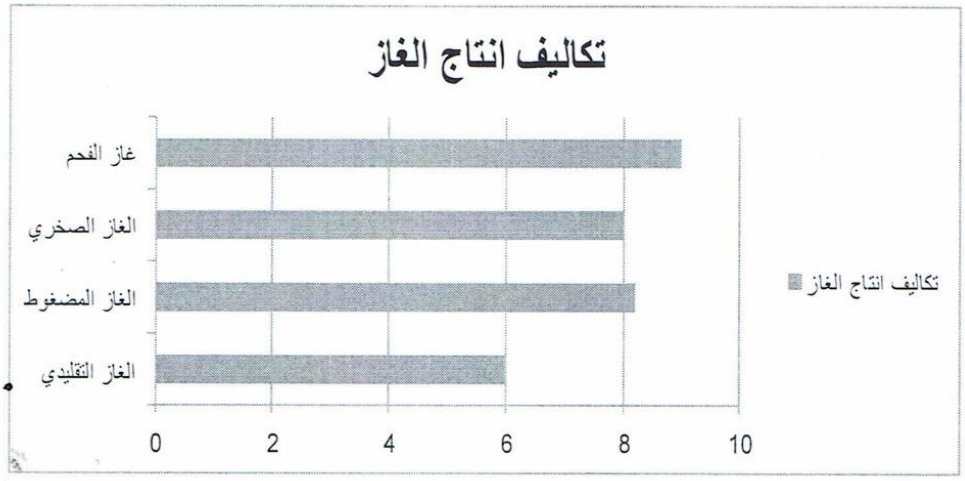
[1] Benjamin Dessus op cite, 08

[2] Ibid.

[3] وائل زكي، **الكفاءة الاقتصادية لإنتاج البرتقال في سورية**، مجلة جامعة دمشق للعلوم الزراعية، العـدد 01 المجلد 29 جامعة دمشق، سوريا، 2013، ص 380.

[4] مرجع نفسه.

الشكل رقم (12): تكاليف إنتاج الغازات التقليدية وغير التقليدية



المصدر: نوال صياد، صبري مقيمع، إستغلال الغاز الصخري بين الضوابط البيئية والاجتماعية والكفاءة الاقتصادية، ألفا للوثائق، البوابة الشمالية للجامعة الأردنية، عمان الأردن ،الطبعة الأولى، 2020. ص 198.

نلاحظ من خلال الشكل السابق أن الغاز غير التقليدي، الغاز المضغوط، الغاز الصخري وغاز الفحم، تتراوح تكاليف إنتاجهم ما بين 7.2 دولار و 9 دولار، وعلى عكس النفط فإن الغاز يواجه صعوبة نقله، لذا يتوجب بناء بنى تحتية ضخمة (أنابيب لنقل الغاز) وهو ما ينتج عنه تكاليف إضافية ، ولقد كانت هناك إختلافات كبيرة لأسعار الغاز في مختلف مناطق الإستهلاك ومن بينها:[1]

1.1.منطقة أوروبا: تتميز أوروبا بموارد غازية جد محدودة، وتقوم بتغطية حاجياتها المتزايدة من الغاز عن طريق الإستيراد عبر الأنابيب من روسيا، النرويج و الجزائر.

2.1.منطقة اليابان: تعتبر اليابان من أكبر مستهلكي الغاز في المنطقة الآسيوية، ، كما أنها تتواجد في منطقة معزولة عن مناطق الإنتاج لذلك يتم اللجوء إلى تمويل احتياجاتهما من الغاز الطبيعي بالإستيراد من ماليزيا، أسترليا، أندونسيا، الشرق الأوسط وروسيا، وبأسعار شراء أكثر ارتفاعا، والملاحظ بالنسبة لأوروبا واليابان فإن أسعار الشراء عادة ما تكون مثبتة بعقود طويلة الأجل.

3.1.منطقة الولايات المتحدة الأمريكية: عند انخفاض إنتاج الغاز التقليدي في سنة 2000 قامت الولايات المتحدة الأمريكية إلى تكثيف وارداتها من الغاز الطبيعي، لتغطية كل احتياجاتها الطاقوية، مما أدى إلى زيادة أسعار الغاز، إلا أن الثورة الغير مسبوقة التي أحدثها إكتشاف الغاز الصخري في الولايات المتحدة الأمريكية قلب الموازين، إذ أصبحت من مستورد مهم للغاز الطبيعي إلى متحكم في الأسعار.

ثانيا: تكاليف الآثار الخارجية للغاز الصخري

ويمكن تصنيف تكاليف الآثار الخارجية للغاز الصخري إلى قسمين هما:

[1] نوال صياد، صبري مقيمع، مرجع سبق ذكره، ص 96.

1.تكاليف الصحة المرتبطة بإنتاج الغاز الصخري:

من الصعب تقدير التكاليف الصحية الناجمة عن تلوث الهواء الناجم عن استخراج الغاز الصخري، لأنه من المرجح أن تنشأ ظروف صحية غير معروفة، خاصة وأن الناس لا يتعرضون لنفس المستوى من المخاطر. وحتى نتمكن من تحديد التكلفة النقدية لتلوث الهواء ومن يتحملها، فان التكلفة الإجمالية لاستخراج الغاز الصخري لها اثر على ارتفاع أسعار التأمين الصحي، فعلى سبيل المثال، في حالة الولايات المتحدة، يعد التأمين الصحي أكبر تكلفة اجتماعية، مما يعني أن المجتمع هو الذي يتحمل هذه التكاليف، مما يعني وجود تكاليف خارجية سلبية، هذه التكاليف المتزايدة يتحملها السكان الذين يعيشون بالقرب من آبار الغاز الصخري والذين يتحملون هذه التكاليف الصحية دون تعويض نقدي من شركات الغاز الطبيعي مع تدهور صحتهم بسبب استخراج الغاز الصخري في المنطقة. غالبا ما تقع آبار الإنتاج في مناطق نائية ذات كثافة سكانية أقل، مما دفع الشركات التي تنتج الغاز الصخري إلى اعتبار هذه المخاطر الصحية تكاد تكون معدومة ولا تسبب أي قلق.[1]

2. تكاليف تدهور الأراضي والعقارات نتيجة استغلال الغاز الصخري:

ان تدهور قيمة العقارات والأراضي المرتبطة بإستغلال الغاز الصخري، تعتبر تكلفة ثانية يمكن ملاحظتها، (على مستوى الأماكن المحيطة بأماكن الاستغلال)، وإذا كان هذا التدهور غير مرتبط بمشكل التلوث الهوائي مباشرة، فإن تركيز الآبار حول أراضي الإستغلال و إن كان ضروريا للحفاظ على المردودية والتي تمثل السبب الرئيسي في الإنتاج، فإن هذا التدهور يشكل تكاليف، يتحملها الساكنين قرب مناطق الاستغلال.

كما أن السكان القاطنين قرب أماكن الاستغلال يعانون من مشكلة انهيار أسعار ممتلكاتهم (العقارات المبنية وغير المبنية)، وبالرغم من عدم توفر معلومات موثقة أكاديميا، إلا أن قيمة المباني و التي تعتبر عقارا، يفترض أن يتزايد سعره وقيمته باستمرار، إلا أنه يحدث العكس، وبالتالي يتكبدون وحدهم خسائر هذا التدهور، بالرغم من أن هذه الخسارة لم يتم تعويضها من قبل الشركات المتسببة في الضرر للمتضررين، لذلك تمثل هذه الخسارة كذلك آثار خارجية سلبية.[2]

ثانيا : التكلفة الكاملة لاستغلال الغاز الصخري

في ظل طبيعة حاجة النفط الصخري لرؤوس أموال ضخمة، يتحتم وضع تقديرات دقيقة لكل من التكلفة الكاملة والتكلفة لأي مشروع قبل الدخول في مشاريع حفر جديدة. وتشمل التكلفة الكاملة جميع النفقات اللازمة لأي مشروع معين من مشاريع إنتاج النفط غير التقليدي، وتتضمن هذه التكلفة نفقات الحصول على الموقع وإعداده، وذلك مثل شراء أو استئجار الأرض وإجراء الاختبارات الزلزالية كذلك تشمل التكلفة الكاملة احتساب معدل العائد الداخلي المناسب والضرائب، إن وجدت. أما التكلفة التشغيلية، فتعني التكلفة الحدية للأعمال الحفر والإنتاج من بئر إضافية، بعد أن يكون قد تم تقدير تكاليف الأرض والتكاليف الثابتة.[3] كما يوضحه الجدول رقم (08)

[1] Coulon Cécile et Monin Pierre, op cite, p13.
[2] Ibid, p14.
[3] فهد تركي، أسد خان، **النفط الصخري الأمريكي عند نقطة الانعطاف**، جدوى الاستثمار، أكتوبر 2015، ص 06.

جدول رقم (08): التكلفة الكلية والتكلفة التشغيلية لإنتاج النفط والغاز من المصادر غير التقليدية

تكلفة كلية	التكلفة الثابتة	تكلفة امتلاك الأرض والحصول على الموقع وتطويره
	امتلاك الأرض	تكلفة الحصول على الأرض للقيام بأعمال التنقيب عن النفط و الغاز
	تكاليف الحصول على الموقع وتطويره	تكلفة الأعمال الجيولوجية والجيوفيزيائية، والحصول على التراخيص وتكاليف حفر آبار الاستكشاف، تشييد البنية التحتية التي تمكن من الوصول إلى الأماكن البعيدة.
		تكلفة الحصول على المرافق الإنتاجية وتشييدها وتركيبها وحفر آبار التطوير
	التكلفة التشغيلية	استبعاد تكلفة امتلاك الأرض والحصول على الموقع وتطويره
تكلفة تشغيلية	تشغيل وصيانة البئر	تكاليف تشغيل البئر، بما في ذلك تشغيل نظام الضخ والرفع الاصطناعي.
	تكاليف النقل	تكلفة نقل المنتجات إلى السوق تختلف من شركة إلى أخرى، حسب البنية التحتية المتوفرة لصناعة النفط والغاز.
	الضرائب	على الشركة أن تدفع إما ضريبة إنتاج أو حصة معينة للولاية المضيفة، هذه الحصة إما أن تكون نسبة مئوية ثابتة من الدخل أو مشاركة في الإنتاج
	معدل عائد داخلي	معدل عائد مناسب بعد دفع الضرائب

المصدر: فهد تركي، أسد خان، **النفط الصخري الأمريكي عند نقطة الانعطاف**، جدوى الاستثمار، أكتوبر 2015، ص 06.

بمجرد حفر البئر والبدء في الإنتاج تصبح التكلفة التشغيلية (السعر المناسب للإبقاء على الإنتاج مستمرا) أكثر أهمية، يجب أن يكون سعر المنبع (سعر النفط عند فوهة البئر) مساويا لـ أو أكثر من السعر اللازم للإبقاء على البئر عاملة، حتى تستطيع الشركة الاستمرار في تشغيل بئر محفورة ومكتملة، رغم عدم وجود مقياس دقيق لسعر النفط عند فوهة البئر، كما أن التكلفة الكاملة لشركة ما أقل من تكلفة شركة أخرى، نتيجة لقدوم أحدهما قبل الأخرى، وذلك من خلال انخفاض تكلفة الموقع.*

ويزداد موضوع السعر التعادلي تعقيدا بسبب هيكل تكلفة الغاز غير التقليدي، التي تعتبر على أساس تكلفة البرميل الواحد، منخفضة بدرجة كبيرة عن النفط، وتقوم معظم الشركات العاملة في قطاع المصادر غير التقليدية على إنتاج النفط والغاز معا، ويقدر خبراء صناعة النفط والغاز تكلفة إنتاج الغاز غير التقليدي بنحو 03 إلى 05 دولارات لكل مليون وحدة حرارية بريطانية، أو ما يعادل نحو 18 إلى 30 دولار للبرميل الواحد من المكافئ النفطي، لذا فإن السعر التعادلي لأي تكوين صخري ينتج النفط والغاز معا، يكون أقل من السعر التعادلي للتكوين الصخري الذي ينتج

* وفقا لادارة الموارد المعدنية في داكوتا الشمالية، يتراوح السعر التعادلي للتكلفة الكاملة بين 30 دولار إلى 75 دولار للبرميل في مختلف أجزاء حقل باكين، بينما قد تنخفض التكلفة التشغيلية إلى مستوى 15 دولار للبرميل في ذلك الحقل، ولعله من الأنسب النظر إلى التكاليف التشغيلية في المدى القصير، لأنها تعكس تكلفة الآبار الإضافية حيث يتم استبعاد التكاليف الثابتة، أما بالنسبة للمدى الطويل، فإن النظر إلى التكاليف الكلية يكون أنسب لأن زيادة الإنتاج تتطلب امتلاك المزيد من المساحات.

فقط النفط. جميع تكوينات النفط النفط الصخري الرئيسية الثالث (بيرميان، باكين، إيجل فورد)، تحتوي على احتياطيات من الغاز والنفط الصخري.

ثالثا: مقارنة بين الكفاءة الإقتصادية للغاز التقليدي والغاز الصخري:

سيتم التطرق هذا الجزء إلى دراسة مبسطة لتكاليف إنتاج الغاز الصخري (غير التقليدي) والغاز الطبيعي (التقليدي) من خلال تكاليف الاستثمار و الجانب الإقتصادي، ومردودية الغاز الصخري.

1.تكاليف إستثمار الغاز الصخري والغاز التقليدي:

يمكن إعطاء لمحة عن طريق حساب مقاربي بسيط والذي يضم مقارنة تكاليف الإنتاج لبئر غاز تقليدي مع بئر غاز صخري، ينتجان كميات اجمالية pi_1 و pi_2 متراكمة من الغاز الطبيعي خلال مدة الاستغلال وذلك فيما يلي:[1]

- **المشروع الأول:** الخاص بالغاز التقليدي يتطلب إستثمار أولي I_1, وينتج خلال مدة 40 سنة كما يوضحه الشكل رقم (13)
- **المشروع الثاني:** الخاص بالغاز الصخري, يتطلب إستثمار أولي I_2 , وينتج خلال مدة 6 سنوات. فاذا كان المستثمر لا يبدي أي تفصيل للحاضر مقارنة بالمستقبل, فان التحكيم الذي سيحققه، سيكون من خلال مقارنة القيم. $I^2/Pi2$ و $I^1/Pi1$ كما يوضحه الشكل (14).

كما أن المستثمر يبدي تفضيلا للحاضر مثلما هو الحال دائما, مقارنة بالمستقبل، باستعمال في حسابات المردودية معدل تحيين موجبا(تمثل معدل القروض الممنوح في البنوك), فإن الحساب يصبح أكثر تعقيدا, واختبار معدل تحيين X, يرجع باعتبار ان الانتاج المحقق في السنة n يكون باستعمال المعامل $\frac{1}{(1+x)n}$

لذا تكلفة الاستثمار :

$$C_1=I_1/\Sigma^6_1 \ /(1+x)^n$$

$$C_2=I_2/\ \Sigma^{40}_{11}/(1+x)^n$$

فلو افترضنا أن معدل التحيين هو10%, فان القيمة المتراكمة الحالية لإنتاج الغاز الصخري تصل الى83% من الإنتاج الفيزيائي الإجمالي P_{i1}, في حين تبلغ نفسها في انتاج غاز الآبار التقليدية 26% فقط من نفس هذا الإنتاج P_1 أي: $C_1=I_1/0.26 \quad C_2=I_2/0.83$

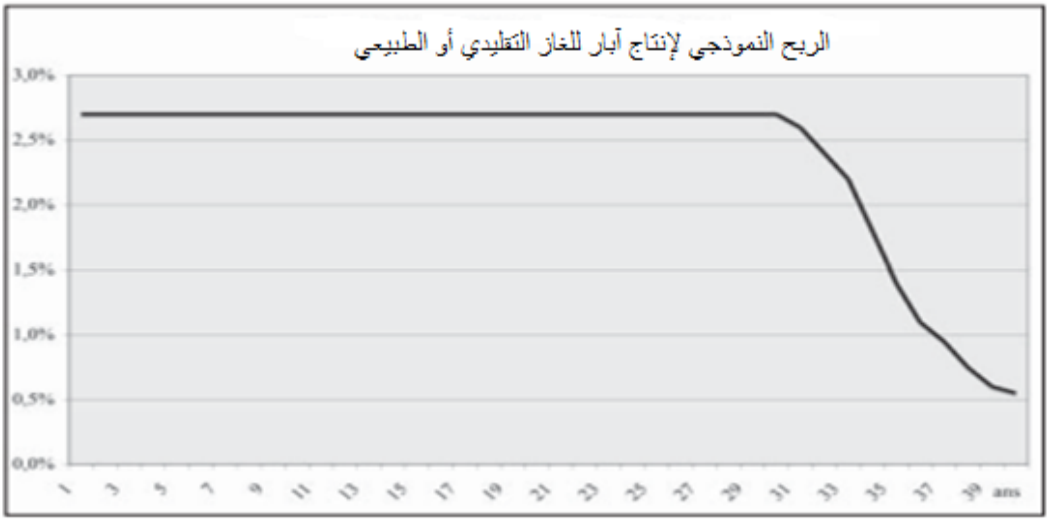
2.الجانب الإقتصادي للغاز الصخري:

لقد صاحب اكتشاف وتطور صناعة الغاز الصخري في الولايات المتحدة الأمريكية إنخفاض ملحوظ لأسعار الغاز في الأسواق العالمية، وكان لظاهرة فائض الإنتاج مقارنة مع الطلب على الغاز تداعيات عديدة كأزمات انخفاض قيمة العقارات، إن هذه الظاهرة للإنتاج أدت بالمنتجين للغاز الصخري إلى بيع منتوجاتهم بأسعار تقل عن تكاليف الإنتاج،

[1] Benjamin Dessus op cite, 09

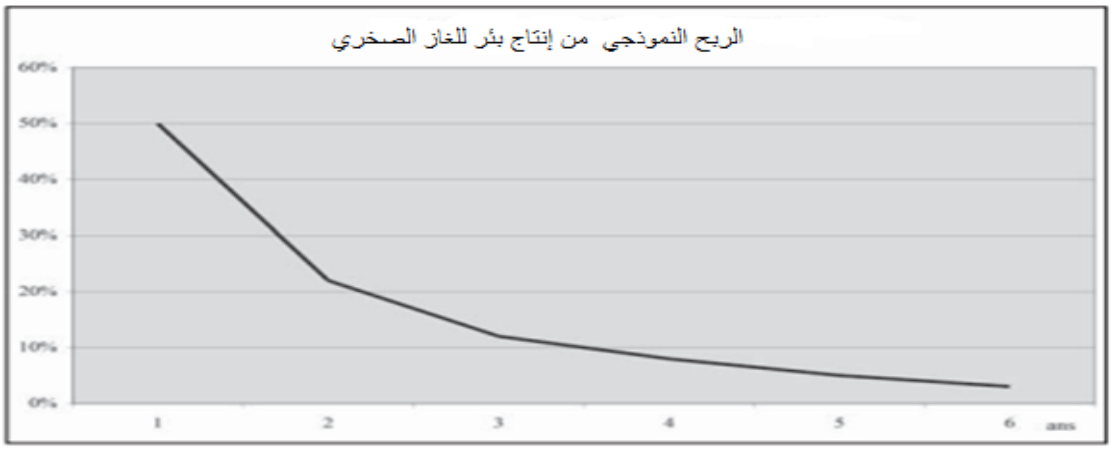
وما يفسر هذا التطور هو الخصائص المميزة لصناعة الغاز الصخري، و التي تختلف كثيرا عن مثيلتها في الغاز التقليدي[1] وهذا ما يفسره الشكل رقم (13) و (14)

شكل رقم (13): نوع إنتاج بئر غاز تقليدي لمدة حياة 40 سنة (% في السنة إنتاج إجمالي)



Source: Benjamin Dessus: « Ce que penser de l'affaire des gaz de schiste »,op-cit, p4.

شكل رقم (14): إنتاج بئر غاز صخري (في السنة إنتاج إجمالي)

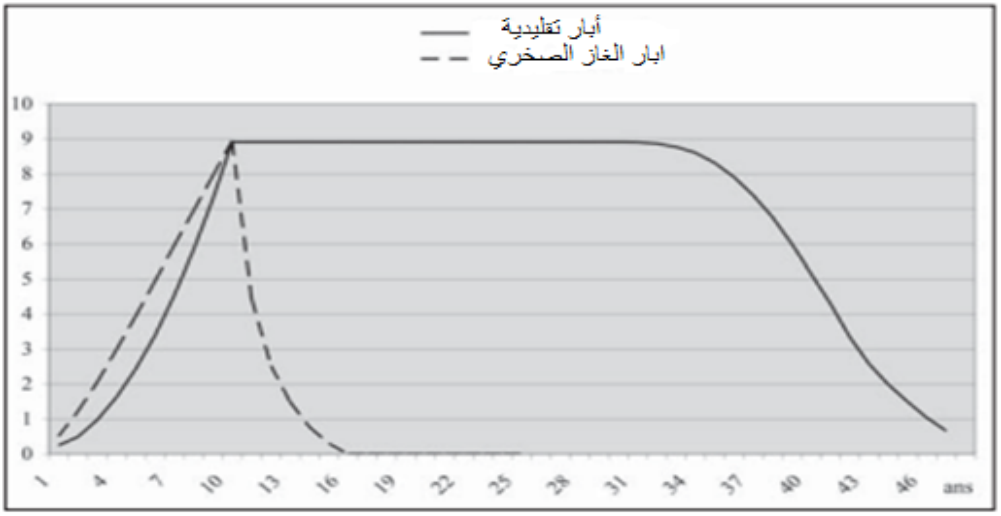


Source: Benjamin Dessus: « Ce que penser de l'affaire des gaz de schiste » op cit, p4.

هذا الاختلاف في متوسط العمر التشغيلي للآبار له عواقب مهمة،ويمكن ملاحظة ذلك من خلال مقارنة، على سبيل المثال، فوائد برنامجين للحفر، أحدهما مع آبار الغاز الصخري والآخر مع الآبار التقليدية التي تؤدي إلى نفس إنتاج الغاز الطبيعي في غضون 10 سنوات. في المثال الموضح في الشكل 15 ، ويفترض كلتا الاستراتيجيتين زيادة خطية في عدد الآبار على مدى هذه السنوات الى 10 من أجل الحصول على نفس الإنتاج في السنة الحادية عشرة.[2]

[1] Benjamin Dessus: « Ce que penser de l'affaire des gaz de schiste »,op-cit, p3 .
[2] Ibid.

الشكل رقم (15): خطط الإنتاج من برنامجين للحفر لمدة 10 سنوات لإنتاج 9 وحدات عشوائية من الغاز الصخري.



Source: Benjamin Dessus: « Ce que penser de l'affaire des gaz de schiste » op cit, p5.

يظهر في هذا الشكل مظهرين مختلفتين تماما الغاز الصخري والغاز الطبيعي، ففي حالة آبار الغاز التقليدية ، اذا توقف الحفر بعد 10 سنوات ليس له عواقب كبيرة إلا بعد 25 عاما عندما يبدأ الإنتاج في الانخفاض، فبعد 30 عاما من انتهاء برنامج الحفر، لا يزال الإنتاج 50٪ من الإنتاج الأولي، و يختلف الوضع تماما في حالة برنامج التنقيب عن الغاز الصخري ، فبعد عامين من انتهاء برنامج الحفر، انخفض الإنتاج بالفعل بعامين ويصبح هامشيا بعد 4 أو 5 سنوات.

إذا كان إنتاج الغاز الصخري يحافظ على أقصى مستوى له، فيجب أن يستمر الحفر بمعدل قريب من معدل العام الأخير من البرنامج، و خلاف على ذلك قد ينهار الإنتاج فجأة في العام التالي، ففي الولايات المتحدة ، سجل نمو الإنتاج في حدود 50٪ سنويا على مدى السنوات الخمس الماضية ، وسيكون الإنتاج المستقبلي حساسا جدا لسلوك الاستثمار قصير الأجل للمصنعين ، والذي قد يتغير بسرعة كبيرة اعتمادا على الطاقة والوضع المالي.

كما أن التمركز الجغرافي للآبار يسمح بإستخدام أمثل لمعدات الحفر والتكسير*، وتكاليف الحفر التي عادة ما تكون أكبر من تكاليف الآبار التقليدية، مع أن التكسير الهيدروليكي يعتبر أقل تكلفة منه في استخراج الغاز المائي، لأن تكاليف هذه الأخيرة تكون بالضرورة أكبر من تكاليف الحفر الأرضية.

* وحسب مكتب الدراسات الأمريكية، تتراوح تكاليف الإستثمار في الولايات المتحدة الأمريكية ما بين 3 الى12 مليون دولار بمتوسط 6,6 مليون دولار للبئر الواحد منها 32% لعملية الحفر، 56 لعملية التكسير الهيدروليكي 12% للمعدات ونقل الغاز.

خلاصة الفصل

يعد موضوع الاستثمار في الغاز الصخري واحد من أهم المواضيع الإستراتيجية التي طرحت على الساحة الدولية في العقد الأخير من الزمن، كون هذا المورد يتواجد بكميات وفيرة في مختلف أنحاء العالم على رأسهم الولايات المتحدة الأمريكية، إضافة إلى دوره الكبير قي دعم الإمدادات العالمية للطاقة، لذا أصبح الغاز الصخري يشكل احد الرهانات الكبيرة في تحديد الموارد العالمية للغاز والتي قدرتها الوكالة العالمية للطاقة بحوالي نصف موارد الغاز التقليدي، وحسب نفس المصدر تحتل الجزائر المرتبة الثالثة عالميا من حيث حجم الاحتياطات القابلة للاستخراج على غرار الصين الأرجنتين وغيرها، من جهة شكل الغاز الصخري تخوف وجدل كبير حول الآثار البيئية التي قد تنجم من جراء استخراجه باستخدام تقنية التكسير الهيدروليكي والتي لها أثر سلبي على تلوث المياه الجوفية، وتأثير انبعاث الغازات الدفيئة، ناهيك عن احتمال أن تتسبب عملية التكسير الهيدروليكي المتكررة للنشاط الزلزالي في المناطق القريبة من أماكن التنقيب.

وبناءا على المعطيات النظرية والعلمية التي تم التطرق إليها في هذا الفصل تم التوصل إلى جملة من النتائج تتمثل في:

- يتبين أن الغاز الصخري هو أيضا مضر بالمناخ، مثله مثل باقي مصادر الطاقة الأحفورية الأخرى، حيث يساهم في التركيز الجوي لغازات الدفيئة والتأثير سلبا على نوعية الهواء محليا، فغاز الميثان (الذي هو المكون الأساسي للغاز الصخري) هو غاز احتباس حراري أقوى بـ 23 مرة من غاز CO_2 من حيث القدرة على تسخين الغلاف الجوي
- إن الاستثمار في مجال الغاز الصخري مرهون بالتحكم بثلاثة جوانب أساسية تتمثل في التحكم بتكنولوجيا تقنية التكسير الهيدروليكي(احتواء التلوث الناجم عن عملية التصديع)، وتحقيق الكفاءة الاقتصادية (تخفيض تكاليف الحفر، والإنتاج وكذا تقليل المؤثرات الخارجية للتلوث)، ومراعاة الجانب الاجتماعي والصحي للقاطنين قرب مناطق الحفر.
- إن التكاليف الاقتصادية لتقنية التكسير المستخدمة في التنقيب عن الغاز الصخري، وتأثيراتها المحتملة على البيئة مقارنة بمحدودية العوائد المالية للاستثمار في هذا المجال، تجعل من دراسة الجدوى الاقتصادية بان هذا عدم اللجوء إلى هذا الخيار ضرورة ملحة.

الفصل الثالث: دراسة التجربة الأمريكية لاستغلال الغاز الصخري وتجارب دولية أخرى

المبحث الأول: دراسة التجربة الأمريكية لاستغلال الغاز الصخري

المبحث الثاني: أثر استغلال الغاز الصخري على سوق الطاقة العالمي

المبحث الثالث: دراسة تجارب بعض الدول المنتجة للغاز الصخري

تمهيد

شهدت الولايات المتحدة ثورة في مجال الطاقة خلال العقديين الماضيين تزامنا مع ظهور الغاز والنفط الصخريين أو ما يطلق عليهما بـ "النفط والغاز غير التقليديين"، مما يجعلها أكبر منتج للنفط والغاز في العالم، ولقد قامت هذه الثورة بفضل اثنين من الابتكارات التكنولوجية الرئيسية، التكسير الهيدروليكي والحفر الأفقي لاستخراج الغاز والنفط من طبقات صخرية منخفضة النفاذية (طريقة غير تقليدية)، فقد تم تغيير موازين اقتصاديات الطاقة خاصة على أسواق الطاقة العالمية، هذا من جهة ومن جهة أخرى تتعارض هذه الثروة تماما مع التنمية الأكثر استدامة التي لم تأخذ في الحسبان العواقب البيئية، وسنحاول في هذا الفصل التركيز على الغاز الصخري الذي يعتبر أساس الدراسة في دولة الولايات المتحدة الأمريكية من خلال ثلاثة مباحث تتمثل في:

المبحث الأول: تجربة الولايات المتحدة الأمريكية في استغلال الغاز الصخري

المبحث الثاني: أثر استغلال الغاز الصخري على سوق الطاقة العالمي

المبحث الثالث: دراسة تجارب بعض الدول المنتجة الغاز الصخري

المبحث الأول: تجربة الولايات المتحدة الأمريكية في استغلال الغاز الصخري

لدراسة تجربة الولايات المتحدة الأمريكية لاستغلال الغاز الصخري يتعين التطرق الى أربعة نقاط أساسية تتمثل في واقع الغاز الصخري في الولايات المتحدة الأمريكي من حيث مراحل ظهوره أماكن تواجده واستغلاله وانعكاساته على المستوى الداخلي والخارجي، كذا إجراء مقارنة إنتاجية الآبار التقليدية وغير التقليدية، وتقييم موارد الغاز الصخري، وتقييم المخاطر البيئية المرتبطة به.

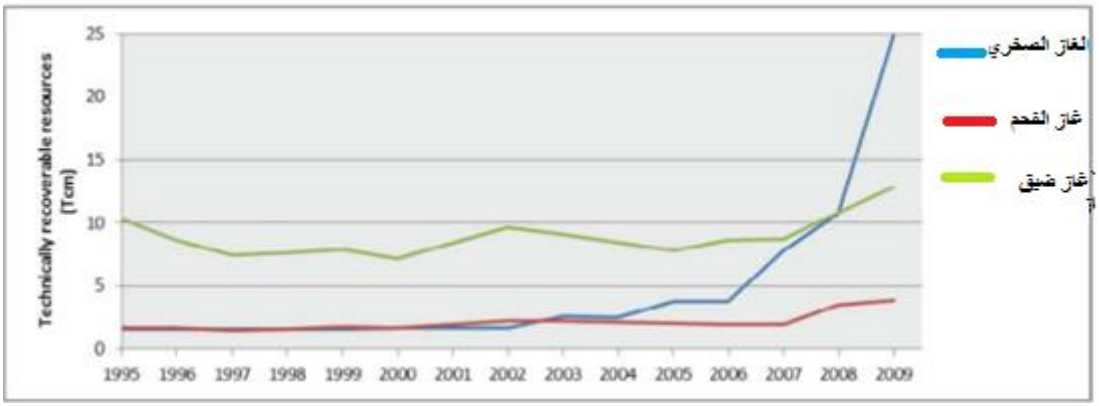
المطلب الأول: واقع الغاز الصخري في الولايات المتحدة الأمريكي

تعتبر مرحلة اكتشاف واستغلال الغاز الصخري نقطة تحول بالنسبة لدولة الولايات المتحدة الأمريكية في اعادة تغيير سياساتها الطاقوية التي كانت تعتمد على الإمدادات الخارجية للموارد الطاقوية خاصة الغاز الطبيعي فقد أصبحت الآن تسير نحو الاكتفاء الذاتي بفضل استغلال هذا المورد.

أولا: احتياطات الغاز الصخري في الولايات المتحدة الأمريكية:

تمتلك الوم أ أكبر موارد الغاز الصخري القابلة للاسترداد* تقنيا في العالم، إلى جانب الرغبة القوية في إنعاش الاقتصاد والحاجة المتزايدة للطاقة، وخلال العقدين الماضيين كرست مجهوداتها نحو استكشاف واستغلال الغاز الصخري، وتظهر الإحصائيات الدولية بوضوح هذه التوجه الجديدة من التنقيب والاستكشاف، لأنه مع كل تقرير سنوي لوكالة الطاقة الدولية، تستمر احتياطيات الغاز غير التقليدية في الزيادة،[1] والشكل الآتي يوضح ذلك:

الشكل رقم(01): تقديرات الموارد المتبقية القابلة للاسترداد من الغازات غير التقليدية في الولايات المتحدة الأمريكية



Source: Michel Meyer, Les gaz de schistes - Définition, état des lieux et perspectives, SIG – Février 2013, sur site : https://www.rts.ch/emissions/geopolitis/divers/4756191.html/BINARY/Dossier-gaz-de-schiste-SIG.pdf

* **الموارد القابلة للاسترداد**: هي موارد الغاز الطبيعي التي تعطي حافزا اقتصاديا للإنتاج حيث أن كلفة استخراجها تكون منخفضة بشكل يسمح لشركات الغاز الطبيعي بربح عائدات مالية مناسبة باعتبار ظروف السوق آنذاك. لكن من المهم أيضا أن نعلم أن الموارد غير المجدية اقتصاديا يمكن أن تصبح في وقت ما في المستقبل مجدية إذا ما انخفضت تكاليف التقانة المستعملة لإنتاجها أو إذا ما تغيرت خاصيات سوق الغاز بشكل يمكن الشركات من تأمين عائدات معقولة باستثمارها في استخراج هذه الموارد.

[1] Michel Meyer, Les gaz de schistes - Définition, état des lieux et perspectives, SIG – Février 2013, sur site : https://www.rts.ch/emissions/geopolitis/divers/4756191.html/BINARY/Dossier-gaz-de-schiste-SIG.pdf

أعقبت هذه الموجة الاستكشافية زيادة حادة في استغلال وإنتاج الغاز غير التقليدي، مما يشير إلى أنه بحلول عام 2030، لا يمكن للولايات المتحدة أن تكون مستقلة في مجال الطاقة فحسب بل ستصبح أيضا أكبر منتج للغاز في العالم،[1] ومثال على ذلك خريطة توضيحية لتطوير الآبار في تكساس (الولايات المتحدة الأمريكية) من سنة (1997الى2009) التي توضح الزيادة في عدد الآبار الأفقية (باللون الأحمر)، **انظر الملحق رقم (01) رقم (02)** حيث تتحدث الصور عن نفسها لوصف مدى التأثير المكاني لدورة النفط في السهل الزراعي في (تكساس ونيو مكسيكو)، سوف تصبح المساحات المستغلة على هذا النحو، أراضي قاحلة، مساحات النفايات غير صالحة للاستعمال لأي نشاط آخر.

ثانيا:المراحل التاريخية لظهور الغاز الصخري في الولايات المتحدة الأمريكية

بدأت محاولات استخراج الغاز الصخري في عام 1821، وفي عام 1949 طورت شركة هاليبرتون تقنية التكسير الهيدروليكي، لكنها كانت أقل كفاءة من الغاز الطبيعي التقليدي، ومع ارتفاع أسعار الغاز الطبيعي في عام 2000، أصبحت تقنية التكسير الهيدروليكي أكثر جاذبية، وقد أدت عملية دمج التكسير الهيدروليكي مع الحفر الأفقي إلى ثورة في إنتاج الغاز الصخري.

الجدول رقم(01): تاريخ ظهور الغاز الصخري وأهم خطوات استغلاله في الولايات المتحدة الأمريكية

السنة	الخطوات
1821	أول بئر تجاري للغاز الصخري تم حفره في ولاية نيويورك الامريكية
1860	تم القيام بعملية النيتروجليسيرين في بئر إنتاج النفط في ولاية بنسلفانيا الامريكية
1949	قادت شركة هاليبرتون أول عملية تصديع هيدروليكي في ولاية أوكلاهوما، وتكساس لشركة ستات أويل (أصبحت أماكو لاحقا) باستعمال مادة النابالم والرمل
1980	بدأ استعمال تكنولوجيا التصديع في آبار الغاز في ولاية ميتشيغان
1981	جورج ميتشال قام بحفر أول بئر في صخور بارنت، باستعمال تكنولوجيا تقليدية
1986	قام ميتشال بتطبيق تقنية التصديع في حقول بارنت
1996	التقدم التكنولوجي سمح بالحفر لمسافات أعمق، وآبار أعمق أفقيا وعموديا في حقول بارنت
2003	شركة ديفون الأمريكية قامت بشراء وامتلاك شركة ميتشال، وجمعت بين تقنية التصديع والحفر الأفقي في حقول بارنت، وهنا كانت بداية ثورة الغاز الصخري.
2004	تطور الغاز الصخري في (فايت فيل، هاينس فيل)، وبداية انتشار التصديع الهيدروليكي بشكل أوسع
2005	شركة رانج ريسورس بدأت باستخراج الغاز الصخري

المصدر: من اعداد الباحثة اعتمادا على: نوال صياد، صبري مقيمح، المرجع السابق، ص 221.

[1] Ibid.

يتضح أن تاريخ الغاز الصخري في الولايات المتحدة أخذ منعطفا جديدا في تسعينيات القرن العشرين وهذا في الجنوب الشرقي وخاصة في مقاطعة تكساس، ويعود الفضل الى الشركات الصغيرة المستقلة التي كرست امكانياتها في استخرج هذا المورد، فكانت البداية من تطبيق تقنيات التكسير الهيدروليكي في سنة 1986 ثم تقنيات الحفر الأفقي في سنة 1992.

ثالثا: أماكن تواجد النفط والغاز الصخري في الولايات المتحدة الأمريكية

يتضح من خلال المعلومات التي وردت في العديد من الدراسات انه يمكن أن يتواجد النفط الصخري في نفس مكان تواجد الغاز الصخري، كما الحال في حقل بيرميان الذي يقع في غرب تيكساس.

1.أماكن تواجده

تحتل الولايات المتحدة الأمريكية المرتبة الثانية بعد روسيا من حيث حجم إحتياطات النفط الصخري، والمرتبة الرابعة بعد الصين والارجنتين والجزائر حسب تقديرات وكالة ادارة معلومات الطاقة الامريكية (EIA)،[1] تمثل هذه الهيدروكربونات غير التقليدية الآن أكثر من 60٪ من إنتاج النفط 70٪ من إنتاج الغاز الطبيعي، في عام 2020 حسب تقديرات (EIA*)، هذا الازدهار له تأثير واضح على مزيج الطاقة في الولايات المتحدة.[2]

لقد بدأ إنتاج الغاز من التكوينات الصخرية في الولايات المتحدة في وقت مبكر ونما بوتيرة أسرع من إنتاج النفط من تكوينات النفط الحجري في منتصف 2012، فقد بلغ عدد حقول استخراج الغاز الصخري النشطة في الولايات المتحدة نحو 30 حقلا، وأصبح الغاز الصخري يشكل حاليا 40% من إجمالي إنتاج الغاز الأمريكي.[3]

إن أكبر ثلاثة حقول للغاز الصخري هم: هانسفيل وبارنيت (كلاهما من تيكساس)، ومارسيلوس (من غرب فرجينيا وبنسلفانيا ونيويورك واوهايو) بالاضافة الى حقل فايتفيل(أركنساس) وايجل فورد، وودفورد (اوكلاهوما)، أما بالنسبة للنفط الصخري والغاز الصخري معا نجد حوض بيرمين ويقع غرب تكساس وجنوب شرق نيو مكسيكو، و حوض باكن ويقع في ولايتي داكوتا الشمالية ومونتانا، حيث تجاوز انتاج كل حوض المليون برميل يوميا بنهاية عام 2014م.[4]

---

[1] جمال قاسم حسن، مرجع سابق، ص 09

[*] **ادارة معلومات الطاقة الأمريكية (EIA):** هي وكالة مستقلة لإحصائيات الطاقة ضمن وزارة الطاقة الأمريكية، أنشأها الكونغرس الأمريكي سنة 1977 لتوفير معطيات وتحاليل مستقلة عن السلطة السياسية حول مواضيع الطاقة وتفاعلاتها مع الاقتصاد والبيئة، للمزيد أنظر www.wikipedia/eia

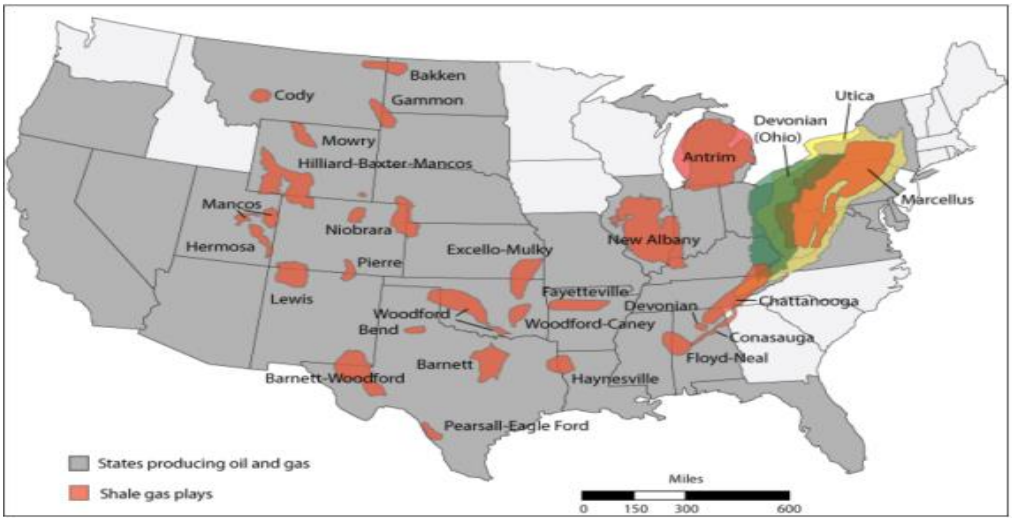
[2] https://geoconfluences.ens-lyon.fr/images/img-ress-eau-energie-matiere/img-carroue1/etats-unis-gaz-petrole-3000px.png/image_view_fullscreenتاريخ.2023/11/08 الاطلاع

[3] فهد التركي وبيير لاروج، **مستقبل إنتاج النفط والغاز من المصادر غير التقليدية**، مرجع سابق ص 21.

[4] أحمد بن محمد السياري، نظرة عامة على أهم مصادر الطاقة غير التقليدية، حويلية 2015، مؤسسة النقد العربي السعودي، جويلية 2015 ص 06.

تبين الخريطة الآتية مختلف أحواض الغاز الصخري كما حددتها إدارة معلومات الطاقة الأمريكية

خريطة رقم (01): أحواض الغاز الصخري في الولايات المتحدة الأمريكية



Source: Oil Sands, Gas and Oil Shales, Energy Business Reports,Sur site: https://www.domainmarket.com/search?searchInput=Oil+Sands%2C+Gas+and+Oil+Shales&type=c&search=true

وفيما يلي نبرز أهم الأحواض لاستغلال الغاز والنفط الصخري في الولايات المتحدة الأمريكية:

- **حقل بيرميان:** شهد هذا الحقل حفر أول بئر عام 1925م، أدت تقنية الحفر الأفقي والتكسير الهيدروليكي إلى إطلاق احتياطيات النفط الضخمة في الحقل وكانت أكثرا المواقع إنتاجا، في منتصف عام 2015 أصبح أكبر حقل للنفط غير التقليدي، وبلغ إنتاجه02 مليون برميل يوميا، تعادل 35 % من إجمالي إنتاج الولايات المتحدة من النفط الخام غير التقليدي، بالإضافة الى إنتاج 6.3 مليار قدم مكعب من الغاز، جزء كبير منه يعتبر غاز غير مصاحب للنفط،[1] وفي عام 2021 أصبح من أكبر مناطق إنتاج الهيدروكربونات في العالم فقد كان إنتاجه لوحده (55.1 مليون برميل) قريبا من إنتاج كندا ويتجاوز بكثير إنتاج العراق أو الصين أو الإمارات العربية المتحدة.[2]
- **حقل إيجل فورد** :هو ثاني أكبر حقل للنفط الصخري في الولايات المتحدة، في منتصف عام 2015، بلغ إجمالي إنتاج النفط الخام من هذا الحقل 1.6 مليون برميل في اليوم .كذلك، ينتج الحقل كمية كبيرة من الغاز المصاحب، تبلغ 07 مليار قدم مكعب.[3]
- **حقل باكين:** هو أول حقل للنفط الصخري تم تطويره بمستوى كبير في الولايات المتحدة، كان هذا الحقل هو الثالث من حيث حجم الانتاج في منتصف عام 2015، وقد بلغ إجمالي إنتاجه 1.2 مليون برميل يوميا، من

[1] فهد تركي، أسد خان، «**النفط الصخري الأمريكي عند نقطة الانعطاف**»، مرجع سابق، ص 06.

[2] Exploitation responsable du schiste Accroître la base de connaissances sur le pétrole et le gaz de schiste au Canada,p 18,,sur site:https://naturalresources.canada.ca/sites/nrcan/files/www/pdf/publications/emmc/Shale_Resour_f.pdf?_gl=1*23msh3*_ga*NjU2ODI5ODk1LjE2OTcyNDI4MTk.*_ga_C2N57Y7DX5*MTY5NzI4NTc4NS40LjEuMTY5NzI4NzAwNC4wLjAuMA.2023/12/10 تاريخ الاطلاع

[3] فهد تركي، أسد خان، «**النفط الصخري الأمريكي عند نقطة الانعطاف**»، مرجع سابق، ص 07.

الخام الخفيف الحلو، و1.5 مليار قدم مكعب من الغاز، رغم أن هيئة خط أنابيب داكوتا الشمالية تقول أن ثلث هذه الكمية يحرق بسبب ضعف البنيات التحتية لخط الأنابيب.[1]

إن التطور في فهم الخصائص الجيولوجية للحقل والتطور التقنيات الحفر والتكسير سيؤدي الى تحسين في اقتصاديات إنتاج الغاز الصخري لذلك يتوقع تواصل النمو في إنتاج الغاز الصخري على المدى الطويل في جميع الحقول حتى لو استقرت أسعار الغاز في حدود 3 إلى 4 دولارات للمليون وحده حرارية بريطانية[2]

وفيما يلي يتم التطرق إلى عدد الآبار الواجب إضافتها سنويا لتعويض التراجع في حجم الإنتاج المتناقص، كون يتميز بئر الغاز الصخري بقصر مدة الإنتاج التي تصاحبها الكميات المرتفعة في الإنتاج، والذي سوف نتطرق إلى هذا العنصر بالتفصيل في الفقرات اللاحقة، ونظرا لشح المصادر التي تعتبر حكرا على الشركات المنتجة للغاز الصخري، لم يتم العثور على نتائج حديثة، فقد تم الاستدلال بنتائج تلخصت في عام 2012 حول عدة حقول حسب ما يوضحه الجدول الآتي:[3]

جدول رقم (02): التطورات في عدد الآبار لعدة حقول منتجة للغاز الصخري في الو م أ في سنة 2012.

الحقل	الآبار الواجب إضافتها سنوياً لتعويض التراجع	عدد الآبار التي أضيفت	عدد الحفارات أكتوبر 2012	التوقعات المستقبلية
هانسفيل	774	810	80	تراجع
بارنيت	1507	1112	42	تراجع
مارسيلوز	561	1244	110	نمو
فاتفيل	707	679	15	تراجع
ايجل فورد	945	1983	274	نمو
وود فورد	222	170	61	تراجع
جرانيت واش	239	205	/	تراجع
باكين	699	500	186	نمو
نيوبرارا	1111	1178	60	ثبات

المصدر: فهد التركي وبيير لاروج، **مستقبل إنتاج النفط والغاز من المصادر غير التقليدية**، جدوى للاستثمار (المملكة العربية السعودية)، ديسمبر 2013، ص 23. على الموقع: تاريخ الاطلاع 2023/10/05.
http://content.argaam.com.s3-eu-west-1.amazonaws.com/cdc56476-6d54-4ba5-b7f1-7ddd4e8916dd.pdf

[1] المرجع لسابق.
[2] فهد التركي وبيير لاروج، **«مستقبل إنتاج النفط والغاز من المصادر غير التقليدية»**، مرجع سابق، ص 23.
[3] مرجع نفسه.

يبين هذا الجدول أن معظم الآبار للغاز الصخري قد تسجل تراجع في الكميات المنتجة مستقبلا، فهي ترتبط بحجم عدد الآبار الواجب إضافتها والتي تعتمد بدورها عل عدد الحفارات المتوفرة في مكان الحفر، وهذا ما توضحه حقول باكين ومارسيلوز وايجل فورد، وهذا الفضل يرجع الى عدد الآبار التي أضيفت بشكل كبير وعدد الحفارات التي تقوم بعملها، مقارنة بالآبار المتبقية حيث كانت الزيادة في عدد الآبار غير مجدية وهذا راجع في نقص عدد الحفارات أما في حقل نيوبرارا قد يحافظ على ثباته معتمد على العدد الهائل من الآبار التي أضيفت، إذن للحفاظ على إنتاجية الآبار يجب توفير الحفارات في الوقت اللازم والمكان اللازم مع إمكانية توسيع في عدد الآبار الواجب إضافتها.

رابعا: مقارنة إنتاجية الآبار التقليدية وغير التقليدية

تختلف الآبار التقليدية عن الآبار غير التقليدية من خلال طريقة الحفر فالأولى طريقة الحفر تكون عمودية ولا تتعدى الألف متر، والثانية يكون الحفر فيها بطريقة عمودية قد تصل إلى 5000 متر، ثم بعد ذلك يكون الحفر أفقي (أو الموجه)،باستخدام تقنية التكسير الهيدروليكي، وبهذا قد تحتوي بئر واحدة (غير تقليدية) على عدة رؤوس حفر متعددة الأذرع في مكان واحد، بالإضافة إلى بعض الفروق الأخرى والتي تتلخص فيما يلي:[1]

- في الآبار التقليدية تنتج الموارد(النفط والغاز) بسهولة في ظل الظروف الاقتصادية والتقنية الحالية، دون الحاجة إلى تكنولوجيا مبتكرة، على عكس الموارد غير التقليدية، يكون المورد شديد التركيز في شكل جيوب من السوائل، غازية أو سائلة، موجودة في الصخور الرسوبية القابلة للاستغلال بسهولة نسبيا، في البئر العمودي (الرأسي) الكلاسيكي.
- أما في الآبار غير التقليدية تكون الهيدروكربونات محتجزة على شكل فقاعات متناهية الصغر متناثرة بالكامل في صخر رسوبي (الصخر الزيتي، الحجر الرملي، الحجر الجيري)، عند الحجم الجيولوجي المتساوي ، تختلف درجة وجود وتركيز الهيدروكربونات في النظامين التقليدي (المكثف) وغير التقليدي (واسع جدا) وبالتالي فإن العلاقة في الحفر الأفقي والرأسي تختلف أيضا في للاستغلال.[2]

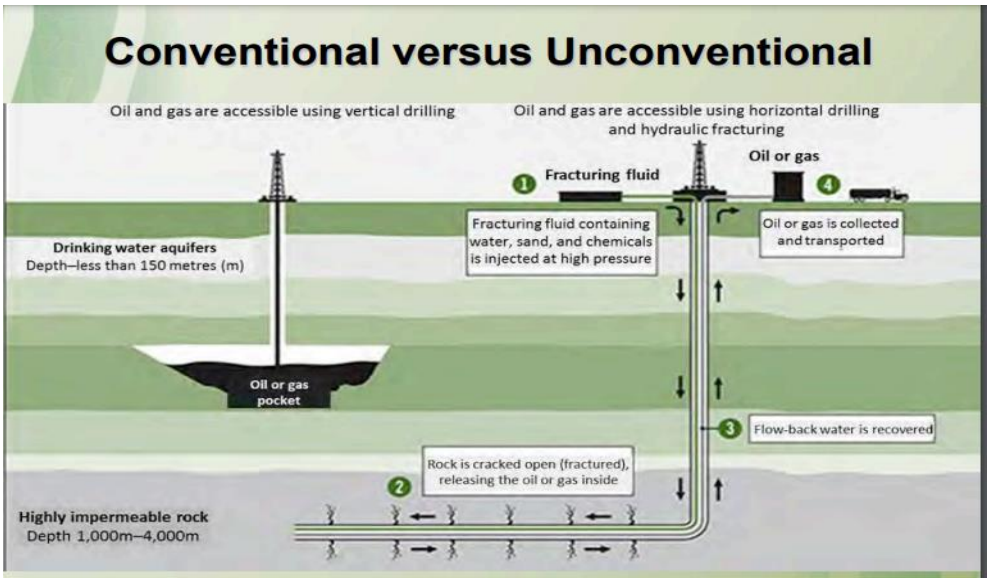
ان المفهوم قد يتطور ويمكن أن يصبح المورد غير التقليدي تقليديا إذا أصبح استغلاله هو القاعدة، كما كان الحال بالنسبة للحفر في مياه البحر وغير تقليدية فيما مضى وشائعة اليوم.

والشكل الآتي يوضح ذلك من خلال مخطط توضيحي للآبار التقليدية والغير التقليدية

[1] نوال صياد، صبري مقيمح، مرجع سابق، ص 68.

[2] Laurent Carroué, **« La révolution du gaz et du pétrole de schiste aux États-Unis : enjeux technologiques, territoriaux et géostratégiques »**, Géoconfluences, juin 2022. Sur site : https://geoconfluences.ens-lyon.fr/informations-scientifiques/dossiersthematiques/geographie-critique-des-ressources/articles/gaz-et-petrole-de-schiste-etats-unis consulter le 05/09/2023.

الشكل رقم (03): مخطط توضيحي للآبار التقليدية والغير التقليدية



Source: Faouzi Aloulou, Senior Economist Office of Petroleum, Natural Gas and Biofuels Analysis, For Chatham House Annual Conference on Middle East and North Africa Energy London, U.K., January 27th 2015

تعتمد الآبار غير التقليدية على تقنية التكسير الهيدروليكي التي تم تطويرها فقط بين عامي 1980 و 1990 من قبل شركة صغيرة جورج ميتشل مهندس نفط، في حقل Barnett Shale of Texas ، قبل أن تنتشر بسرعة في عالم النفط، وتهدف عملية التكسير إلى سحق خزان الصخور من أجل إطلاق الهيدروكربونات المحتبسة محليًا عن طريق حقن الماء بإضافة قيمة عالية من الضغط، على سبيل المثال 300 بار على عمق 2500 متر.[1]

ويتطلب ذلك إنشاء العديد من الكسور الدقيقة، ثم الحفاظ عليها مما يجعل الصخور مسامية للسماح للهيدروكربونات بالوصول إلى بئر ضخ عن طريق هجرة السوائل، لذلك يتم ضخ الماء المخون بالمواد المضافة(المواد الكيميائية والرمل والعوامل الداعمة الأخرى) لإبقاء الممرات مفتوحة، ومن ثم تداول وتدفق الهيدروكربونات إلى آبار الاسترداد، لذلك يجب علينا التمييز بوضوح بين نوعين من الآبار وتحديد أولوياتهما: آبار الضخ ، بئر الإنتاج، وآبار الحقن، وهي أكثر عددًا بكثير، ومن أجل الحد من آثار الحفر، غالبا ما يتم تجميع رؤوس الآبار معا في موقع مركزي يمكن أن يجاور عدة عشرات من الآبار.[2]

[1] Faouzi Aloulou, Senior Economist Office of Petroleum, Natural Gas and Biofuels Analysis, For Chatham House Annual Conference on Middle East and North Africa Energy London, U.K., January 27th 2015.
[2] Laurent Carroué, Op cite.

المطلب الثاني: انعكاسات استغلال الغاز الصخري في الولايات المتحدة الأمريكية

انطلقت عمليات استكشاف واستغلال الغاز الصخري بشكل جدي في شمال أمريكا على مدى السنوات القليلة الماضية، مما نتج عنه تحول المنطقة من مستورد للغاز إلى مكتفية ذاتيا وقد تصدر الغاز مستقبلا، ونتيجة لذلك تم إحداث تغيير على مختلف الأصعدة سواء داخل الولايات المتحدة أو خارجها وتتمثل في ما يلي:

أولا. تغيير خريطة البنية التحتية:

لقد مكن استغلال أحواض الغاز التقليدي من تطوير بنية أساسية تتكون من خطوط أنابيب و أنظمة تخزين و محطات معالجة وشبكة توزيع للاستغلال التجاري، و تستخدم البنية حاليا لإنتاج قسم كبير من الغاز الصخري، ومع ذلك فإن قسما كبيرا من احتياطي الغاز الصخري يكمن خارج شبكة خطوط الأنابيب الموجودة و يستلزم استثمار رؤوس أموال ضخمة لإنشاء البنية الأساسية الضرورية لإستغلاله، وبحسب جمعية الغـــاز الطبيعي بين الـــدول الأمريـــكية، يتوقع أن تستثـمر133 إلى 210 بليون دولار خلال العشرين سنة المقبلة لمعالجة الغاز الناتج عن الطفل الصفحي و تكوينات الغاز المحكم.[1]

ثانيا: بالنسبة لملاك الأراضي:

الاستفادة من خلال الإيجارات والإتاوات التي تدفعها شركات النفط والغاز، وبالتالي فإن المصالح الخاصة تساهم في الضغط من أجل تطوير هذه الصناعة.

ثالثا:على مستوى سعر الغاز الطبيعي:

إن الإستغلال الهائل لاحتياطيات الغاز الصخري ساهم في انخفاض حاد في أسعار الغاز الطبيعي في الولايات المتحدة في عام 2012، وقد انخفض متوسط السعر الفوري للغاز الطبيعي إلى 2.77 دولار لكل مليون وحدة حرارية بريطانية ، وهو أدنى سعر منذ عام 1999 (بين عامي 2000 و 2008)، كان متوسط السعر حوالي 6.73 دولار لكل مليون وحدة حرارية بريطانية، ثم إرتفع سعره في عام 2013 ليستقر عند حوالي 3.74 دولار لكل مليون وحدة حرارية بريطانية، فقد أصبح الغاز الطبيعي كمورد رخيص.

رابعا: بالنسبة لخفض فواتير الطاقة:

إن استغلال الغاز الصخري في الولايات المتحدة يقلل من تكلفة الإنتاج للشركات الأمريكية، مما يجعلها أكثر قدرة على المنافسة في التجارة الدولية، وهذه المكاسب في القدرة التنافسية هي السبب في تنشيط الصادرات فضلا عن انتعاش القطاعات المتدهورة في الولايات المتحدة، ولا سيما الصناعات الكيميائية والبتروكيماوية، التي تستهلك طاقة عالية جدا، وصناعة الصلب، التي يستفيد إنتاجها من طفرة الحفر في كثير من الأحيان بمساعدة الاستثمار الأجنبي المباشر إلى إعادة التصنيع في الولايات المتحدة.

[1] دراسة موارد الطاقة، «**نظرة مركزة على الغاز الصخري**»، مرجع سابق، ص 16.

خامسا. بالنسبة للمداخيل الجبائية:

من المتوقع ان يجلب إنتاج الغاز الصخري في السنوات القليلة القادمة 28.6 مليار دولار من الضرائب على الأسر والشركات، بما في ذلك 239 مليون دولار من الإتاوات الفيدرالية، كما سيساعد في دعم النمو في الولايات المتحدة، ستساهم صناعة الغاز الصخري بمبلغ 120 مليار دولار في الناتج المحلي الإجمالي للولايات المتحدة.[1]

سادسا: زيادة المداخيل:

لقد ساهم استغلال الغاز الصخري بالولايات المتحدة الأمريكية في تحقيق مداخيل بلغت 76مليار دولار عام 2010 مع المساهمة في خلق 600 ألف وظيفة في نفس التاريخ، ويقدر ارتفاع هذه الأرقام إلى 118 مليار دولار كمداخيل و870 ألف منصب شغل عام 2015.[2]

لا ننكر ان ثورة الغاز الصخري تقدم فوائد اقتصادية لا يمكن إنكارها للولايات المتحدة، من حيث خلق فرص العمل، وإعادة التصنيع، والدخل، ومع ذلك، فإن هذه المكاسب غير المتوقعة الجديدة تثير تساؤلات حول مستقبل الطاقة الخضراء التي قد تتعارض مع المواقف العالمية المناشدة للحفاظ على البيئة.

المطلب الثالث: تقييم موارد الغاز الصخري وخصائصه الرئيسية في الولايات المتحدة

سيتم التطرق في هذا العنصر إلى تحليل إنتاج آبار الغاز الصخري، والى منحنيات التناقص في إنتاجه، مع معدل إنتاج حقول الولايات المتحدة الأمريكية من خلال ما يلي:

أولا: إنتاج الغاز الصخري:

تكاليف التنقيب عن الغاز الصخري وإنتاجه في أمريكا تنافسية للغاية، نظرا للنشاط المكثف لعدة عقود، والعديد من شركات خدمات الحفر بشكل أساسي موجودة في مواقع بها معدات وأفراد ذوو خبرة، لقد كان ما يقارب 1770 منصة حفر نشطة في الولايات المتحدة في عام 2014، تشمل الشركات النشطة: توتال، فالوريك ، نيكسانز، سانت جوبان ، إيمريس إلخ ، لها وجود قوي في الولايات المتحدة واستثمرت بالفعل أكثر من 3.5 مليون دولار في الهيدروكربونات الصخرية.[3] زاد الإنتاج السنوي للغاز الصخري في الولايات المتحدة أربعة أضعاف، من 60 إلى 244 مليار متر مكعب، والشكل رقم (04) يوضح ذلك، في عام 2010 تمثل الولايات المتحدة أكبر منتج للغاز الصخري في العالم، حيث تمثل 20.4٪ من الإنتاج العالمي في عام 2012 مقارنة ب 18.5٪ في عام 2007،[4] أحواض الغاز

[1] Célia Belin, op cite,P 18

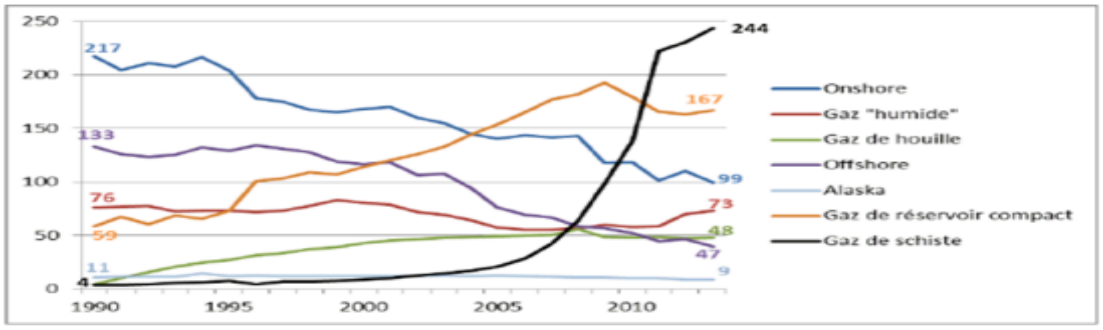
[2] Stefan Lechtenböhmer, **Incidences de l'extraction de gaz de schiste et de pétrole de schistes bitumineux sur l'environnement et la santé humaine**, direction générale des politiques internes département thématique a: politiques économiques et scientifiques,2011, p 43. Sur site : http://www.europarl.europa.eu/activities/committees/studies.do?language=FR

[3] Report of Economics & Statistics Department**, Shale Gas and New Petrochemicals Investment : Benefits for the Economy, Jobs, and US Manufacturing**. American Chemistry Council, March 2011 , p 14.

[4] Brahimi Meriem, Benlaib Boubakeur, op cite, P 274.

الصخري الكبيرة هي محور الاهتمام ، ولكن هناك عدد صغير فقط قيد الإنتاج بالفعل ، ولا يزال الآخرون قيد التقييم.
يوضح الرسم البياني التالي إنتاج الولايات المتحدة حسب الفئة بين عامي 1990 و 2013

الشكل رقم (04): إنتاج الولايات المتحدة حسب الفئة بين عامي 1990 و 2013



Source:Brahimi Meriem, Benlaib Boubakeur, **Impact du gaz de schiste sur la cointégration entre les prix du gaz naturel et du pétrole brut,** Revue d'excellence pour la recherche en économie et en gestion, Vol 05 , N° 02, 2021, P 275.

ثانيا: تحليل إنتاج آبار الغاز الصخري في الولايات المتحدة الأمريكية:

1.خصائص معدل إنتاج آبار الغاز الصخري

لكل حقل وحوض رسوبي خصائصه الجيولوجية والتكتونية والجيوفيزيائية معينة*، من حيث الانتاجية فهناك تفاوت كبير حتى بين أجزاء الحقل الواحد، هذه الخصائص ضرورية لزيادة انتاج الغاز الصخري في المدى الطويل في الولايات المتحدة، وفيما يلي الخصائص المشتركة لمختلف آبار الغاز:

- حجم هائل من الغاز الصخري المستخرج مقارنة مع الغاز التقليدي المستخرج.
- يتكون حوض بيرميان بأغلبية ساحقة من النفط، بينما يهيمن الغاز إلى حد كبير في حوض مارسيلوس (بنسلفانيا ، فيرجينيا الغربية)، وبالمثل يحتل حوض بيرميان مكانا استثنائيا، لأنه إسفنجة** حقيقية بسبب تراكب العديد من طبقات المصدر المحتملة على عمق آلاف الأمتار، بينما في الأحواض الأخرى، ينخفض عدد الطبقات بشكل كبير.[1]
- يتم الوصول إلى الحد الأقصى للعائد بعد وقت قصير نسبيا من بدء العمليات، ثم يميل إلى الانخفاض بسرعة، مع انخفاض بنسبة 50 في المائة بحلول نهاية السنة الأولى، ويمكن أن يصل الانخفاض إلى 60-90 في المائة، يحدث انخفاض آخر على مدى السنوات الأربع المقبلة، مما يؤدي إلى الحد الأدنى من مستويات الإنتاج بعد السنة الخامسة، ومع ذلك يمكن للباقي تزويد البئر لمدة عشرين عاما تقريبا، تعتمد إمكانات إنتاج الرواسب اعتمادا كبيرا على وجود مناطق غنية بشكل خاص ولكنها نادرة، تعرف باسم البقع الحلوة تتميز هذه على وجه الخصوص بسمك طبقة الأساس.

* بعض الخصائص الرئيسية للغاز الصخري الأمريكي، تشمل المساحة المغطاة، وعمق وسمك الصخر الزيتي، وإجمالي محتوى الكربون العضوي (TOC)، يتم استخدام محتوى الكربون العضوي الكلي ومسامية الصخور لقياس محتوى الغاز في الصخر الزيتي.
** أي قاعدة تكوين صخرية هائلة

[1] Brahimi Meriem, Benlaib Boubakeur,op cit, p256.

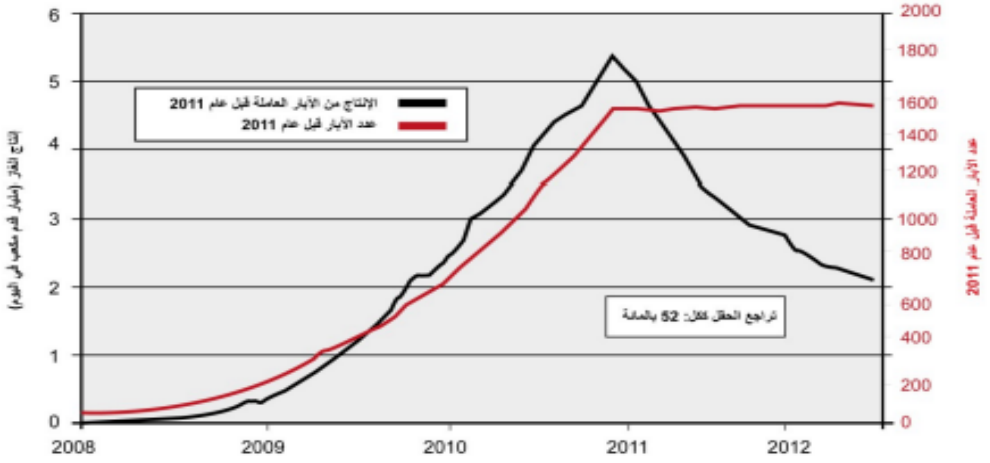
من الملاحظ أن الحجم الإجمالي المتاح من الغاز الصخري لا تزال متواضعة إذا ما قارناها بآبار الغاز التقليدي على المدى المتوسط والطويل، لكن في الأشهر الاولى الأمر مختلف، ومثال على ذلك الآبار العمودية المحفورة في التكوينات الصخرية لحقل بارنت Barrnet الأمريكي تنتج عادة 700.000 متر مكعب للشهر الواحد خلال أول شهر كامل من الإستغلال، لينخفض الإنتاج بعده إلى معادل يقارب 400.000 متر مكعب شهريا للآبار الحديثة، في حين أن معدلات الإنتاج في الآبار الأفقية لحقول بارنت من الغاز الصخري فيبلغ حوالي 1,4 مليون متر مكعب شهريا.[1]

ثالثا: منحنيات التناقص في إنتاج الغاز الصخري

في الوقت الذي تشكل فيه حقول الغاز التقليدي انخفاض سنوي بنسب مئوية قليلة، فإن انخفاض إنتاج الغاز الصخري، *يكون بنسب مئوية مرتفعة شهريا، وبتحليل تاريخ العديد من مواقع استغلال الغاز الصخري الأمريكية، يتجلى لنا انخفاض معدلات الإنتاج بشكل أكبر منه في الآبار التقليدية، إذ يصل انخفاض إنتاج الغاز الصخري عادة من 50-60% فأكثر خلال السنة الأولى، وأوضحت التجارب أن الإنخفاض قد يصل إلى حدود 85% في العام الأول و40% في العام الثاني وهكذا.

على سبيل المثال، تراجع الإنتاج من بئر هانسفيل بمتوسط 68% في السنة الأولى، ثم بنسبة 50% في السنوات، الثانية، الثالثة ،الرابعة، هذا الأمر يؤدي إلى تراجع الإنتاج بصورة حادة ما لم يتواصل الحفر الآبار كما يتضح في الرسم البياني الآتي:[2]

الشكل رقم (05): تراجع الإنتاج في الآبار التي تم حفرها(حقل هانسفيل) قبل عام 2011



المصدر: فهد التركي وبيير لاروج، **مستقبل إنتاج النفط والغاز من المصادر غير التقليدية**، جدوى للاستثمار (المملكة العربية السعودية)، ديسمبر 2013، ص 24.

[1]Stefan Lechtenböhmer, op cit, 43.

* ان الضغط الأولي بعد عملية التكسير الهيدروليكي أعلى بكثير من الطبيعي للبئر، إلا أنه وبعد التكسير يتناقص هذا الضغط، مما يؤدي إلى تفريغ المياه المستعملة والتي تحتوي على جميع المكونات المشتقة ملوثة بذلك الغاز الطبيعي نفسه، وهذا راجع أساسا إلى التدفق الكبير للغاز مقارنة مع مع حجم البئر، الشيء الذي ينتج عنه انخفاض سريع للضغط بعدها، يليه انخفاض للإنتاج كذلك

[2] فهد التركي وبيير لاروج، **«مستقبل إنتاج النفط والغاز من المصادر غير التقليدية»**، مرجع سابق، ص 23.

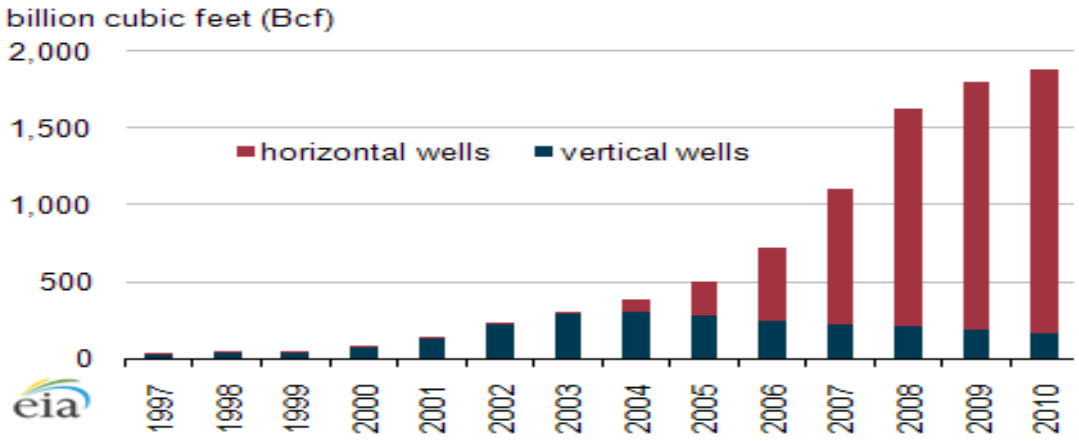
نلاحظ أن زيادة عدد الآبار في هذا الحقل منذ عام 2008 إلى غاية 2011، رافقته زيادة معتبرة لحجم الانتاج من الغاز الصخري، لكن ومع مطلع 2011 انخفض الانتاج بشكل مفاجئ رغم ثبات نسبي لعدد آبار الاستغلال، وهو ما يفسر التراجع الكبير لمستويات انتاج الغاز الصخري في أوائل سنوات الانتاج، بمعنى انخفاظ متوسط الانتاج للبئر الواحدة، والذي يستدعي حفر المزيد من الآبار لتعويض النقص المتسارع في الانتاج، وعليه فان إنتاج الغاز الصخري في الولايات المتحدة الأمريكية سيعتمد على حفر الآبار الجاذبة بصورة متواصلة في الحقول الصخرية القائمة وهذا الأمر يعتمد بدوره على:[1]

- ايجاد واستغلال مناطق غنية فعلا بالغاز ووسائل الغاز الطبيعي؛
- الاستفادة من البنية التحتية القوية من خطوط الانابيب لنقل الغاز وسوائل الغاز الطبيعي الى مراكز المعالجة والتكرير؛
- أسعار الغاز تكون مرتفعة بدرجة كافية، بحيث تبرر حفر آبار معروف أن عمرها قصير.

رابعا: معدل انتاج حقول الغاز الصخري في الو م أ

انطلاقا من سنة 1997 نما الحفر في بارنيت بسرعة، في البداية في شكل آبار عمودية، ومنذ سنة 2003 ، زاد عدد الآبار الأفقية المنتجة (الأعمدة الحمراء في الشكل البياني) بشكل كبير ، متجاوزا الآبار العمودية في عام 2007 ويمثل حوالي 70٪ من الآبار المنتجة في بارنيت خلال عام 2010، والشكل الآتي يبين ذلك:[2]

الشكل رقم(06): حقل بارنات الحفر الأفقي والعمودي إحصائيات



المصدر: وكالة معلومات إدارة الطاقة الأمريكية على الموقع:https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=2170

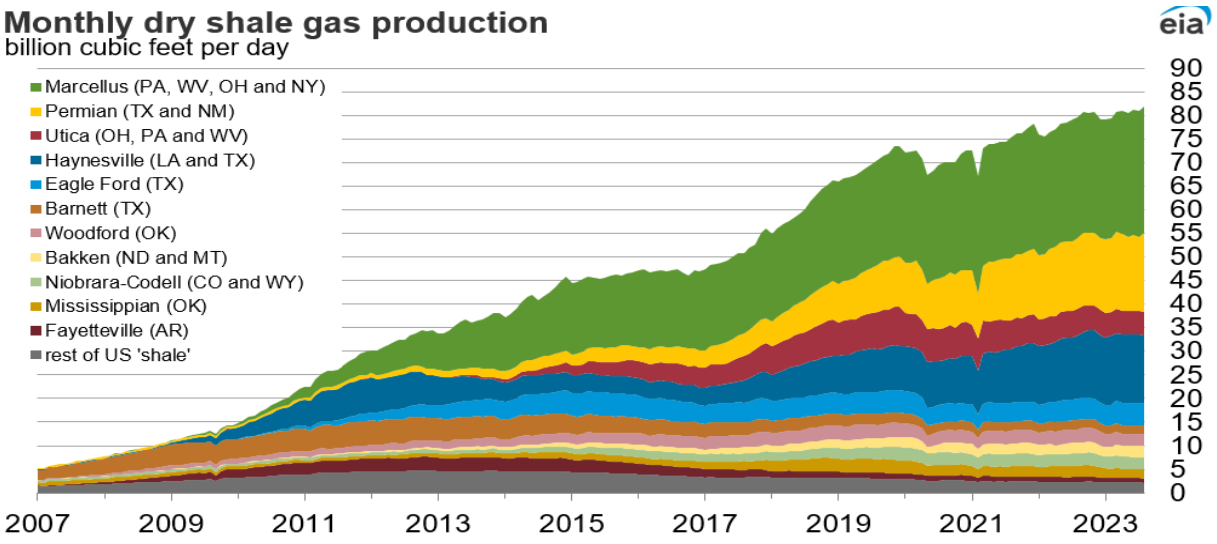
لقد شهد نمو إنتاج الغاز الصخري في الولايات المتحدة بسرعة كبيرة: خلال الفترة 2000-2006، سجل متوسط زيادة بنسبة 17٪ سنويا. من عام 2006 ، عندما تطور استغلال الغاز الصخري في تكوينات أخرى، انفجر الإنتاج: خلال الفترة 2006-2010، كان متوسط الزيادة في الإنتاج 48 ٪ سنويا.وفي عام 2009، شكل إنتاج

[1] مرجع سابق، ص 24.
[2] وكالة إدارة معلومات الطاقة الأمريكية، مرجع سابق.

الغاز الصخري ما يقرب من 93 مليار متر مكعب ، أو 14 ٪ من إجمالي إمدادات الغاز الطبيعي في الولايات المتحدة.[1]

تتوقع اداره معلومات الطاقه الأمريكية ان يرتفع انتاج الغاز الصخري الامريكي الى35.2 مليار قدم مكعب في اليوم عام 2025 والى45.8 قدم مكعب في اليوم عام 2040(50% من اجمالي إنتاج الغاز في الولايات المتحدة)[2] ويبين الشكل الموالي حجم إنتاج الغاز الصخري وحصة الشركات المنتجة في الولايات المتحدة الأمريكية خلال الفترة ما بين (2007-2023)، لكل حقل على حدة ونلاحظ التطور الكبير والحجم الهائل من الإنتاج خاصة في حوض مارسيلوس و بريميان، وفي اوهايو وهاينسفيل، وكانت الفترة مابين 2011الى 2015 هي النقطة الفاصلة في دفع بقوة عجلة انتاج الغاز الصخري إلى غاية سنة 2023 التي تعبر عن أعلى نسب من حيث الإنتاج، كما هو مبين بوضوح في الرسم البياني:[3]

الشكل رقم (07): إنتاج الغاز الصخري وحصة الشركات المنتجة في الولايات المتحدة الأمريكية خلال الفترة ما بين (2007-2023) بمليون برميل يوميا



المصدر: وكالة إدارة معلومات الطاقة الأمريكية على الموقع: تاريخ الاطلاع 2023/11/05
https://www.eia.gov/naturalgas/weekly/img/202309_monthly_dry_shale.png

دون أن ننسى حجم الاستثمار الأجنبي المشترك في الو م أ، فيما يخص الغاز الصخري الممتد من سنة 2008 إلى غاية 2015،[4] الذي ساهم في زيادة الانتاج من أهم الشركات الاجنبية المستثمرة مع الشركات الأمريكية نذكر: النرويج (Stateoil hydro) ، والهند شركة (Relance) ، وبرطانيا شركة (Britsh gaz) و(Brihsh

[1] Rahmouni sofiane, **Etude des impacts environnementaux de gaz de schiste**, présenté pour l'obtention du diplome de magister en hygiene et securite industrielle option : gestion des risques, Université El-Hadj Lakhdar-Batna Institut d'Hygiène et Sécurité Industrielle Laboratoire de Recherche en Prévention Industrielle (LRPI), 2015, P08

[2] **http://content.argaam.com.s3-eu-west-1.amazonaws.com/cdc56476-6d54-4ba5-b7f1-7ddd4e8916dd.pdf**

[3] وكالة إدارة معلومات الطاقة الأمريكية على الموقع: تاريخ الاطلاع 2023/11/05
https://www.eia.gov/naturalgas/weekly/img/202309_monthly_dry_shale.png

[4] Faouzi Aloulou, op cite

Petroleum) ، وفرسا شركة (Total) ، الصين شركة (CNOOC) و(Sinopec)، اليبان بشركة (Mitsul) و (Oskca gaz)، أندونيسيا شركة (Saca energy)، جنوب كوريا شركة (SK E&S) مع الشركات الأمريكية: (Anadarko ، EXCO ، Chesapeak ، Carrizo ,Atlas ، Marathon SM Energy، Hant oil، Cabot oil and gas، Plooner, Swift Energy ، Devon).

لقد نجحت العديد من الشركات، في البقاء بفضل التوجه للمديونية وشراهة معدلات الفائدة التي تقارب الصفر التي يمنحها البنك المركزي، بنك الاحتياطي الفيدرالي، من أجل دعم الاقتصاد الامريكي، وهكذا تضاعفت ديون المنتجين الأمريكيين ثلاث مرات بين عامي 2005 و 2015 لتصل إلى 200 مليار دولار، وأدت صدمة جائحة كوفيد 19 في عام 2020 إلى كارثة اقتصادية ومالية مع العديد من حالات الإفلاس لصالح أقوى الشركات في عام 2022، ثم أدى ارتفاع الأسعار بعد غزو أوكرانيا إلى فتح آفاق جديدة.[1]

المطلب الرابع: تقييم المخاطر البيئية المحتملة المرتبطة بإنتاج الغاز الصخري في الولايات المتحدة الأمريكية

إن عملية استغلال الغاز الصخري الكثير تثير الكثير من التساؤلات البيئية خاصة في ظل الجدل الكبير حول الآثار البيئية لعملية التكسير الهيدروليكي، في الواقع يصعب الوصول إلى الهيدروكربونات غير التقليدية في معظمها وتتطلب "تحفيز الصخور" لإطلاقها، مما يعني وجود بصمة صناعية ثقيلة وملوثة، وعلى وجه التحديد فإن هذه تقنية هي التي تسبب أكبر قدر من القلق ، وتتمثل هذه المخاطر في:

1.المخاطر المرتبطة بالمياه

تكمن المخاطر المرتبطة بالمياه من خلال الكميات الكبيرة من المياه المستخدمة في التكسير الهيدروليكي، فضلا عن مخاطر تلوث المياه الجوفية والمياه السطحية، وقد برزت هذه المشكلة بشكل خاص في المناطق الريفية، حيث الزراعة هي المصدر الرئيسي لاستخراج المياه، و يمكن أن يؤدي استغلال الغاز الصخري الى الضغط على هذا المورد(المياه) والتأثير على تكاليف الإنتاج الزراعي، وينبغي أن تؤخذ هذه المسألة في الاعتبار بوجه خاص في المناطق التي يحتمل أن يواجه فيها الأمن الغذائي تحديا.

إن إدارة المياه (من حيث الكمية والنوعية) ذات أهمية قصوى، خاصة عندما تكون الموارد المائية محدودة. يجب تنفيذ جميع التدابير اللازمة، وفقا للمبدأ الحيطة، ولقد بينت دراسة قامت بها وكالة حماية البيئة الأمريكية في سنة 2016، على وجود 3,900 شبكة توزيع مياه بئر تكسير هيدروليكي واحد على الأقل على بعد ميل واحد (1.6 كم)، بين عامي 2000 و 2013.[2]

1.1.مخاطر تلوث المياه الجوفية

ان المواد الكيميائية المستخدمة في سوائل التكسير الهيدروليكي يمكن ان تكون المكون الأكثر ضررا بالبيئة، وقد تلوث طبقات المياه الجوفية ومن المرجح أن يكون له آثار كبيرة على مياه الشرب، ووفقا للعديد من المصادر، فإن خطر

[1] Laurent Carroué, op cit.
[2] Ibid.

تلوث طبقات المياه الجوفية بعمليات التكسير الهيدروليكي ضئيل مقارنة بعدد العمليات المنفذة، والسبب في ذلك هو أن التكسير الهيدروليكي يحدث عادة على عمق عدة كيلومترات، في حين أن طبقات المياه الجوفية تقترب من السطح (بين 100 و 500 متر)، والجدول الموالي يعطي مثالا على مواقع الأحواض في ولاية بنسلفانيا بالولايات المتحدة الأمريكية وفقا لتقريرا لوكالة حماية البيئة الأمريكية عام 2016.[1]

جدول رقم (03): المسافة من التكوينات الغازية الصخرية إلى المياه الجوفية للخزانات الأمريكية الرئيسية (بالأمتار)

الأحواض	العمق الى غاية موقع التكسير	عمق الطبقات الجوفية
بارنيت(Barnett)	2590-1981	366
فايتفيل(Faytteville)	2134-305	152
هايانسفيل(haynesville)	4115-3200	122
مارسيلوس(Marcellus)	2590-1220	259
وودفورد(Woodford)	3353-1829	122

Source : Gaz de schiste, Conférence des Nations Unies sur le commerce et le développement, (CNUCED), N°09, 2018, sur site : https://unctad.org/fr/system/files/official-document/suc2017d10_fr.pdf

رغم ما بينه هذا الجدول من أرقام تبين الاختلاف الواضح بين عمق التكوينات الصخرية وعمق تواجد المياه الجوفية الا أن المسألة تتطلب تطوير معرفة دقيقة ومتعمقة بالجيولوجيا المحلية، ولا سيما مواقع طبقات المياه الجوفية وغيرها من الموارد المائية التي يمكن أن تتأثر بأنشطة التكسير، وأشارت غالبية تلوث طبقة المياه الجوفية المبلغ عنها في الولايات المتحدة إلى خطأ بشري على السطح أو عيوب في السلامة الميكانيكية للآبار، ووفقا لدراسة قام بها "جاكسون" في عام 2014،[2] كشفت تحليل لدراسات استقصائية أجريت في مارسيلوس (Marcellus) بين عامي 2010 و 2013 أن آبار بنسلفانيا لديها معدل فشل من 3 إلى 6 في المائة خلال السنوات الثلاث الأولى، كما يمكن أن تؤدي العيوب في بناء الآبار إلى سائل التكسير الهيدروليكي أو تدفق المياه أو تسرب الميثان إلى الأرض، حيث من المحتمل أن يصل إلى خزانات المياه الجوفية.*

[1] CNUCED, Gaz de schiste, Conférence des Nations Unies sur le commerce et le développement, N°09, 2018, sur site : https://unctad.org/fr/system/files/official-document/suc2017d10_fr.pdf

* تشير وكالة حماية البيئة الأمريكية (2016): إلى أن وجود آبار نشطة أو غير نشطة بالقرب من الآبار المكسورة سيكون عاملا مشددا، حيث يمكن أن يكون لها تأثير سلبي على سلامة الآبار أو شبكة كسرها.، بالإضافة إلى ذلك إمكانية تلوث المياه الجوفية من خلال الاتصال بين الكسور الناتجة عن التكسير الهيدروليكي والكسور الموجودة مسبقا.

ونظرا لأهمية هذه المسألة، يجب اتخاذ جميع التدابير اللازمة لضمان سلامة الآبار ومراقبتها بانتظام طوال عمرها، لتقييم قدرتها على تحمل الضغوط العالية المرتبطة بحقن السوائل، وبالإضافة إلى المخاطر المحتملة الناجمة عن التطوير الواسع النطاق للآبار المتعددة، وكذلك بشأن وجود شبكات صدع تحت الأرض موجودة من قبل.

2.1.مخاطر تلوث المياه السطحية

تعتبر المياه السطحية المستقبلات الرئيسية للتلوث من خلال أنشطة التكسير الهيدروليكي. لأنه يمكن أن تفيض المياه المتدفقة وتصب عن طريق الخطأ في المياه السطحية، مثل الأنهار ويمكن أن يصل تلوث السطح أيضا إلى مصادر المياه الجوفية من خلال الترشيح، حيث يرتفع جزء كبير من السائل المحقون في البئر إلى السطح (التدفق العكسي)، ويمكن أن تكون مالحة ومحملة بعناصر خطرة كبقايا الهيدروكربون والمعادن (مثل الزرنيخ والكوبالت والزئبق)، في حين أن الارتجاع قد يمثل أقل من 10 %من السائل المحقون كجزء من بعض المحفزات، إلا أنه يمكن أن يصل إلى 100% خلال السنوات الثلاث الأولى من التشغيل في مواقع أخرى ، وفقا لوكالة حماية البيئة الأمريكية (2016)*

لقد تم الاعتماد على العديد من الحلول من أجل جمع المياه المتدفقة وإعادة معالجتها من خلال:[1]

- يمكن إعادة تدويرها لإعادة استخدامها في العمليات المستقبلية ولأغراض الصناعية الأخرى؛
- يمكن أن تخضع أيضا لمعالجة أكثر جذرية بحيث يمكن استخدامها في الزراعة أو تصريفها في المجاري المائية القريبة؛
- يمكن أيضا إعادة حقن مياه الصرف الصحي في تكوينات عميقة تحت الأرض(لقد تم استخدام هذا الحل مرارا وتكرارا في الولايات المتحدة، حيث تم تصنيفه كأحد الأسباب الرئيسية للزلازل).

حسب تصريحات العديد من الباحثين انه من الصعب استخلاص استنتاجات دقيقة في هذا الصدد، لأن المعلومات تقدمها الشركات العاملة في هذا القطاع على أساس طوعي، ومحدودة للغاية بحيث لا يمكن تقييم مستوى فعالية التدابير المنفذة لمعالجة هذه الإنسكابات، بحيث لا يمكن تقدير الأثر الحقيقي لأنشطة التكسير الهيدروليكي على البيئة والموارد ومياه الشرب على وجه الخصوص.

3.1.استخدام الموارد المائية

يقدر متوسط استهلاك المياه لكسر بئر مكون من 10 أجزاء بحوالي 15 مليون لتر، أو 15000 متر مكعب (حوالي خمسة حمامات سباحة أولمبية)، بالنظر إلى العدد الإجمالي للآبار التي تم تكسيرها بين عامي 2000 و 2015 في الولايات المتحدة، سيكون إجمالي استهلاك المياه خمس استهلاك مدينة نيويورك خلال نفس الفترة، لهذا السبب يجب أخذ المسألة على نطاق واسع دون الاخذ بعمليات التكسير التي تتم على مستوى كل بئر، لا سيما في ضوء التطور الحالي للحفر المتعدد، والذي ينطوي على تكسير 10 إلى 15 بئرا من نفس المنصة، في الوقت نفسه، تسلط وكالة حماية البيئة الأمريكية (2016) الضوء على أن متوسط أحجام المياه السنوية المبلغ عنها يمثل ما لا يقل عن 10 في المائة من

* وفقا لوكالة حماية البيئة الأمريكية (2015): فإن ما يقرب من ثلثي الإنسكابات المسجلة بين عامي 2006 و 2012 كانت ستصل إلى واحد على الأقل من هذه المستقبلات، وأن آثارها أكثر أهمية ولها آثار طويلة الأجل عند الوصول إلى خزانات المياه الجوفية، وذلك لأن تقليل التركيز الكيميائي يستغرق بشكل طبيعي وقتا أطول من السطح ولا يمكن اتخاذ أي إجراء مباشر، كما تختلف الآثار على الموارد المائية من حيث شدتها (ارتدادها).

[1] CNUCED,op,cit.

استهلاك المياه في 26 من 401 مقاطعة تمت دراستها، و30 %أو أكثر في 9 منها و 50 %أو أكثر في 4 مقاطعات أخرى[1].

ودراسة أخرى في 2016 قدمتها لجنة مياه داكوتا الشمالية التي تنص على أنه في عام 2014، أظهرت الدراسات الاستقصائية أن (39 مليار لتر) من المياه السطحية والجوفية قد استخدمت في التكسير، التي تعادل 9.6 %من إجمالي استخدام المياه في الولاية لعام 2013،[2] ولتوضيح الأمر تم الاستلال بمقارنة كميات المياه اللازمة لإنتاج نفس الكمية من الطاقة من الغاز الطبيعي غير التقليدي وأنظمة الطاقة الأخرى (كثافة المياه)، حسب ما يوضحه الجدول الآتي:

جدول رقم (04): كثافة المياه لاستخراج ومعالجة مصادر الطاقة المختلفة (لتر لكل مليون وحدة حرارية بريطانية)

مصادر الطاقة	حجم المياه الضرورية لأجل الاستخلاص والمعالجة (MMBtu) /لتر
الغاز الطبيعي التقليدي	7.2
الغاز الطبيعي غير التقليدي	15.5
الكربون المسحوق	28.4
الطاقة النووية	49.2
الإيثانول من الذرة (غير المروية)	450.5
الإيثانول من الذرة (المروية)	14384.6
الطاقة الشمسية و الطاقة الهوائية	0

Source : Gaz de schiste, Conférence des Nations Unies sur le commerce et le développement, (CNUCED), N°09, 2018, sur site : https://unctad.org/fr/system/files/official-document/suc2017d10_fr.pdf

من الملاحظ أن إنتاج الغاز الطبيعي غير التقليدي يستهلك كميات من المياه أكثر من إنتاج الغاز الطبيعي، ومع ذلك فإن إنتاج كمية مماثلة من الطاقة من خلال القوى النووية يتطلب أكثر من ثلاثة أضعاف حجم المياه المستخدمة في قطاع الغاز الطبيعي غير التقليدي. وفقا لهذا الجدول فإن مصدر الطاقة الأقل ملائمة للبصمة المائية هو الإيثانول المنتج من الذرة المروية. في الواقع ، سوف تستهلك حوالي 1000 مرة من المياه أكثر من إنتاج نفس الكمية من الطاقة من الغاز الطبيعي غير التقليدي، أما بالنسبة للطاقات المتجددة (الشمسية والضوئية وطاقة الرياح) ، فإنها تظهر الأداء الأكثر إيجابية من حيث استهلاك المياه لأنها لا تستهلك المياه.

لقد أدت المخاوف بشأن احتمال ارتفاع سحب المياه بما في ذلك استخدام المياه العذبة، الى استخدام مجموعة واسعة من الموارد (المياه المالحة، المياه قليلة الملوحة المستخرجة من طبقات المياه الجوفية العميقة، مياه الصرف الصحي من

[1] CNUCED, Gaz de schiste, op cit.
[2] Ibid.

التكسير السابق أو غيرها من الصناعات)، ومع ذلك عندما لا يكون هذا الحل ممكنا، يتم نقل المياه عن طريق خط أنابيب أو عن طريق الشاحنة إلى الخزان وتخزينها في الموقع، ومن المؤكد أن تتسبب هذه الزيادة في النشاط في إلحاق الضرر بالبنية التحتية المحلية (مثل الطرق) وأن يكون لها تأثير على السكان المحليين والبيئة، ولقد شرعت بعض شركات النفط والغاز في تطوير عمليات بديلة للتكسير، باستخدام حلول بدون ماء، لكن تبقى محدودة.

2.الزلازل المحتملة المتعلقة بأنشطة الغاز الصخري

معظم الزلازل هي ظواهر طبيعية، ولكن بعضها يمكن أن تكون نتيجة للنشاط البشري، كاستغلال الغاز الصخري وهذا ما سيتم التطرق إليه.

1.2.الآثار المباشرة لأنشطة التكسير الهيدروليكي على الزلازل

التكسير الهيدروليكي هو تقنية تولد نشاطا زلزاليا يمكن أحيانا الشعور باهتزازاته، وتعتبر منخفضة الكثافة بشكل عام، كما تم استخدام تقنية لتحسين عملية التكسير(المراقبة الميكروسيزمية)، وفقا لدراسة قامت بها شركة (State First) في 2015، يمكن اكتشاف الآلاف من الزلازل الصغيرة خلال مرحلة التكسير الهيدروليكي، وبالنظر إلى أن الاهتزازات تحدث في عمق الأرض هذا لا يمنع من حدوث تأثيرات بالقرب من السطح، كما سجلت السلطات الأمريكية تضاعفا في عدد الهزات الزلزالية خلال السنوات الأخيرة حتى في الأماكن المسجلة بعيدة عن مناطق النشاط الزلزالي، مثل ولاية أوكلاهوما، والتي عرفت 585 زلزالا بقوة تفوق درجة 3 على سلم ريختر عام 2014 وأكثر من 600 زلزال خلال التسعة 09 أشهر الأولى من عام 2015،[1] وأيضا سجلت كندا وقوع زلزال أكثر أهمية بلغت درجته 3.9 درجة متبوعا بآخر أقوى درجة في ولاية كولومبيا البريطانية، وقد تم ربط ذلك بعمليات التكسير الهيدروليكي التي كانت تقوم بها الشركة الماليزية Energy Progress، مما دفع بالسلطات إلى إلزامها بتحديد كمية السوائل المستعملة في التكسير، بل وتعليق نشاطات التكسير في موقع آخر بعد وقوع زلزال بقوة 4.6 على سلم ريختر.

2.2.إعادة حقن مياه الصرف الصحي من عمليات التكسير الهيدروليكي في آبار التصريف

تتكون هذه العملية من إعادة حقن كميات كبيرة جدا (ملايين الأمتار المكعبة) من المياه المتدفقة من مئات الآبار، إن لم يكن الآلاف في تكوين واحد تحت الأرض قابل للاختراق، يقع بشكل عام على عمق يتراوح بين 3000 و 5000 متر، في الولايات المتحدة الأمريكية تعرف هذه الآبار باسم الفئة الثانية، وفقا لمركز البترول غير التقليدي ، هناك ما يقرب من 30000 بئر للتخلص من النفايات السائلة الصناعية في الولايات المتحدة.

تعتبر معظم الدراسات التي أجريت على قطاع الغاز الصخري في هذا البلد أن إعادة حقن مياه الصرف الصحي هي المصدر الرئيسي لزيادة الزلازل، وتشير هيئة المسح الجيولوجي الأمريكية إلى أن تصريف مياه الصرف الصحي هو السبب الرئيسي للزيادة الأخيرة في الزلازل في وسط الولايات المتحدة، وتشير دراسات أخر إلى أن أكثر من 2500 زلزال منخفض الكثافة في أوكلاهوما من جراء حقن مياه الصرف الصحي من عمليات النفط والغاز في آبار التصريف.

[1] Ibid.

3.2. المخاطر الزلزالية المرتبطة بإعادة تنشيط صدع طبيعي موجود مسبقا عن طريق عمليات التكسير الهيدروليكي

يحدث في حالة ملامسة الشقوق الناتجة عن التكسير الهيدروليكي للصدوع الطبيعية الموجودة مسبقا والتي تتعرض بالفعل للإجهاد، هذا يعني أن الزلزال سيحدث قبل تاريخه الطبيعي المحتمل بسبب النشاط البشري. كالذي حدث في بريطانيا سنة 2011، بالقرب من بلاكبول، حيث وقع زلزالان متتاليان بقوة 2.3 و 1.5 درجة بالقرب من موقع (Preese Hall)، مما أدى إلى تعليق مؤقت للنشاط، كما تم الإبلاغ عن أحداث مماثلة في كندا، ان معظم مشاريع الغاز الصخري في البلدان المتقدمة كانت قبل عام 2017، خاصة الولايات المتحدة التي تتميز ببنية تحتية قوية ومرنة، لذا من الضروري إجراء تقييم واضح لمخاطر هذه الأنشطة في البلدان النامية، حيث قد تكون الهياكل الأساسية أقل قوة، وتشير دراسة قام بها (Atkinson) وآخرون أن العديد من البلدان النامية يمكن أن تكون معرضة بشدة لزلازل بسبب كثافتها السكانية وبنيتها التحتية الضعيفة.

3.إنبعاثات غازات الاحتباس الحراري*

منذ عام 1990 كانت انبعاثات CO_2 مسؤولة عن أكبر حصة من انبعاثات غازات الدفيئة، وهو ما يمثل أكثر من ثلاثة أرباع انبعاثات غازات الدفيئة** جنبا إلى جنب مع CH_4 (الميثان)، شكلت انبعاثات ثاني أكسيد الكربون أكثر من 90 % من إجمالي انبعاثات غازات الدفيئة بين عامي 1990 و 2010[1].

يقدم الجدول رقم (04) مثالا نموذجيا لمصادر انبعاثات الميثان في قطاع الغاز الطبيعي، وانبعاثات CH_4 من إنتاج الغاز الصخري في الغلاف الجوي قبل أن يبدأ الإنتاج التجاري، وفقا لوكالة الطاقة الدولية 2012، فإن إجمالي الانبعاثات بين بئر الغاز الصخري أعلى بحوالي 3.5 في المائة من تلك المنبعثة من الغاز الطبيعي التقليدي. ومع ذلك ، يمكن أن تصل هذه النسبة إلى 12 في المائة إذا تم إطلاق الغاز في الهواء الطلق، وهذا يفسر لماذا سلطت وكالة الطاقة الدولية الضوء على أهمية القضاء على عمليات تصريف الغاز فضلا عن تقليل إحراقه إلى الحد الأدنى

* **الاحتباس الحراري**: هو ظاهرة طبيعية تساهم في زيادة متوسط درجة حرارة سطح الأرض، مما يجعلها صالحة للسكن. بدونها ، سيكون متوسط درجة الحرارة حوالي -18 درجة مئوية، ومع ذلك منذ الثورة الصناعية، زادت انبعاثات غازات الدفيئة **(GHG)** في الغلاف الجوي بشكل كبير، مما أدى إلى تغيير في التوازن بين الحرارة الواردة والصادرة ، ونتيجة لذلك ربما كان لها تأثير سلبي على الغلاف الجوي.

** **غازات الدفيئة:** يتم تمييزها بشكل عام بناء على عمرها في الغلاف الجوي بالإضافة إلى قدرتها على الاحترار العالمي **(GWP)** تستخدم إمكانات الاحترار العالمي لتقدير قدرة الغاز على التأثير على ظاهرة الاحتباس الحراري خلال فترة زمنية معينة. يتم تقدير الاحترار العالمي لكل غاز فيما يتعلق ب CO_2على سبيل المثال، تبلغ إمكانات الاحترار العالمي للميثان 28 لأفق زمني مدته 100 عام ، مما يعني أن CH_4 يمتص طاقة أكثر 28 مرة من ثاني أكسيد الكربون خلال تلك الفترة، مما يجعله غازا أكثر قوة من ثاني أكسيد الكربون. بالإضافة إلى ذلك ، كلما كانت الفترة الزمنية أقصر، زاد التأثير على البيئة على سبيل المثال ، إذا تم تخفيض الفترة المرجعية إلى 20 عاما ، فإن GWP للميثان يزيد إلى 84 ومع ذلك، في حين يعتبر الميثان غازا أكثر قوة منCO_2 ، فإنه يبقى في الغلاف الجوي لفترة زمنية أقصر من ثاني أكسيد الكربون 12 سنة بدلا من أكثر من 150 سنة لثاني أكسيد الكربون.

[1] CNUCED, Gaz de schiste, op cite ,P 31.

الجدول رقم (04): إنبعاثات غاز الميثان CO2 في الولايات المتحدة(خلال مراحل الإنتاج)، لسنة 2015

الإنتاج	• 60 %من إجمالي انبعاثات CH4، 51% عن الفترة (1990-2015). تنبعث بشكل رئيسي من محطات التجميع من خلال تفريغ السوائل، ويرجع ذلك أساسا إلى الزيادة في عدد المعدات وممارسة التطهير • ثاني أكسيد الكربون: 44 %من إجمالي انبعاثات ثاني أكسيد الكربون (أكثر من88% في المائة خلال الفترة (1990-2015). ويرجع ذلك أساسا إلى الحرق
المعالجة	• CH4: 7%في المائة من إجمالي انبعاثات CH4، 48%خلال الفترة (1990-2015). ت نبعث أساسا من الضواغط. • ثاني أكسيد الكربون: 56 في المائة من إجمالي انبعاثات ثاني أكسيد الكربون 15% عن الفترة (1990-2015). ويرجع ذلك أساسا إلى استخراج الغازات الحامضة
الإرسال والتخزين	• CH4: 21% من إجمالي الميثلن (42% عن الفترة (1990-2015). ويرجع ذلك أساسا إلى الانبعاثات الهاربة وممارسة التطهير • ثاني أكسيد الكربون: أقل من 1 %من إجمالي انبعاثات ثاني أكسيد الكربون (37% في المائة خلال الفترة (1990-2015).
التوزيع	• CH4: 7% من إجمالي انبعاثات CH4،75% عن الفترة (1990-2015). ويرجع ذلك أساسا إلى الانبعاثات الهاربة من خطوط أنابيب الغاز والمحطات. • ثاني أكسيد الكربون: أقل من 1 %من إجمالي انبعاثات ثاني أكسيد الكربون (72% عن الفترة (1990-2015).

Source : Gaz de schiste, Conférence des Nations Unies sur le commerce et le développement, (CNUCED), N°09, 2018,P 31. sur site : https://unctad.org/fr/system/files/official-document/suc2017d10_fr.pdf

استثنائيا يجري التخلص التدريجي من الإطلاق المباشر للغاز في الغلاف الجوي وإحراقه واستبداله بعمليات خفض الانبعاثات، يهدف هذا النهج المبتكر إلى التقاط الغاز الطبيعي وفصله عن السوائل والمواد الصلبة الموجودة عادة في المياه المتدفقة، من أجل الحد من انبعاث كميات كبيرة من الميثان وثاني أكسيد الكربون ، وأحيانا الملوثات الأخرى في الغلاف الجوي وأيضا السماح للشركات باستعادة هذا المورد القيم غير المتجدد وتسويقه، بدلا من إهدارها.

وفيما يلي يتم ابراز أهم المسببات التي ساهمت في انبعاثات الغازات الدفيئة وتتمثل في:[1]

- الانبعاثات الهاربة بسبب التسريبات من خطوط الأنابيب أو محطات الضغط، ويرجع ذلك أساسا إلى عمر بعض المنشآت وأنواع المواد المستخدمة* وتستخدم الولايات المتحدة الأمريكية حوالي 7.4 %من أنابيب التوزيع (في الطول) وحوالي 6.8 %من خدمات التوزيع (من حيث الكميات) مصنوعة من المواد الأكثر عرضة للتآكل والتسرب.

[1] Ibid.

* تعتبر أنابيب الحديد والصلب غير المحمية أكثر عرضة للتسرب من الأنابيب البلاستيكية

- مصدر إضافي لإنبعاثات CO_2 من خلال الزيادة في حركة المركبات الثقيلة المستخدمة لنقل معدات الحفر وجميع المدخلات المستخدمة خلال مرحلة التكسير الهيدروليكي (الماء والرمل والمواد الكيميائية)، والتي تختلف تبعا لجملة من الخصائص الجيولوجية والمسافة بين الموقع واحتياطيات المياه، وتشير الجمعية الاقتصادية الأمريكية (AEA) عام 2012 إلى أنه في ظل الظروف العادية يقدر مجيء وذهاب الشاحنات خلال مراحل بناء وتطوير البئر بما يتراوح بين 7000 و 11000 رحلة لكتلة واحدة من 10 آبار، ومن شأن هذا أن يؤدي إلى زيادة حركة المرور على الطرق العامة، مما قد يؤدي إلى تباطؤ حركة السير، وإلحاق الضرر بالبنية التحتية.[1]
- خلال مراحل الحفر والتكسير والإكمال، يمكن أيضا أن يتولد التلوث إلى حد كبير عن محركات الديزل التي تشغل المعدات، يمكن أن تكون معظم مصادر التلوث هذه موجودة أيضا في استخراج الغاز الطبيعي التقليدي، ومع ذلك فمن المقبول عموما أن خصوصيات إنتاج الغاز الصخري من المرجح أن تولد انبعاثات أكثر من الإنتاج التقليدي
- يمكن أن تتسبب مرحلة معالجة الغاز الطبيعي أيضا في انبعاثات CO_2 دون احتراق، كما تطلق هذه الأنشطة أيضا غاز الميثان الذي لديه إمكانية الاحترار العالمي بمقدار 25 جم مكافئ CO_2 لكل غرام من الميثان(CH_4).

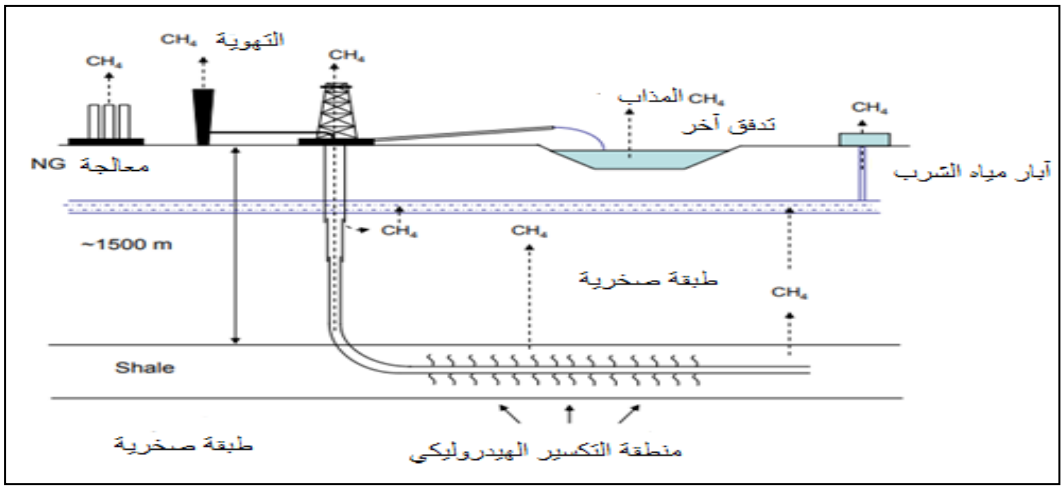
في الواقع ان الغاز الصخري له بصمة كربونية سلبية بشكل خاص مقارنة بالغاز الطبيعي التقليدي، ولكن أيضا بالنسبة للوقود الأحفوري الآخر، بما في ذلك الفحم، فلقد اختلف الخبراء بالنسبة لأفضلية اختيار الموارد، ومدى مساهمتهم في زيادة عوامل الاحترار العالمي، وكميات إنبعاثات الميثان الهاربة التي تطلق بالفعل في الغلاف الجوي، وتتطلب معالجة هذه المسألة الهامة تعزيز التعاون بين مختلف أصحاب المصلحة، ولاسيما مع القطاع الخاص، فضلا عن السلطات المحلية والوطنية والدولية، من أجل تحسين جمع البيانات والوصول إلى معلومات موثوقة وموضوعية.

1.3.انبعاثات الميثان أثناء استكشاف الغاز الصخري واستخراجه ومعالجته

وفقا للفريق الحكومي الدولي المعني بتغير المناخ، انه في مرحلة الاستكشاف والتطوير تحدث انبعاثات الميثان أثناء الحفر (إخلاء الميثان السطحي)، وأثناء تصريف السوائل بعد التكسير الهيدروليكي، وعند الخروج من القابس بعد التكسير الهيدروليكي، وأثناء مرحلة الاستخراج والمعالجة يهرب الميثان من الصمامات والضواغط، وأثناء تفريغ السوائل (تفريغ الهيدروكربونات السائلة المنفصلة) وأثناء معالجة الغاز الطبيعي، ويمكن أن تنبعث الآبار التالفة أيضا من الميثان، في الولايات المتحدة ، تشير التقديرات إلى أن ما بين 15 و 25٪ من الآبار ليست مانعة لتسرب المياه، والشكل الآتي يوضح ذلك:

[1] Oil Sands, Gas and Oil Shales, Energy Business Reports, Sur site: https://www.domainmarket.com/search?searchInput=Oil+Sands%2C+Gas+and+Oil+Shales&type=c&search=true

الشكل رقم (09): انبعاثات CH4 أثناء استكشاف الغاز الصخري واستخراجه ومعالجته



المصدر: من إعداد الباحثة إعتمادا على:

Stefan Lechtenböhmer, **Incidences de l'extraction de gaz de schiste et de pétrole de schistes bitumineux sur l'environnement et la santé humaine**, direction générale des politiques internes département thématique a: politiques économiques et scientifiques,2011, p 43. Sur site :
http://www.europarl.europa.eu/activities/committees/studies.do?language=FR

يعد استكشاف الغاز الصخري وتطويره (الحفر الأولي والإنجاز)، بما في ذلك إجراءات التفريغ ، مساهما رئيسيا في إجمالي انبعاثات الميثان و الجدول الموالي يبين انبعاثات الميثان الناتجة عن إجراء التصريف من أربعة آبار غير تقليدية (Haynesville، Barnett، Piceance، Uinta)

جدول رقم (05): إنبعاثات الميثان الناتجة عن إجراء التصريف من أربعة آبار غير تقليدية

	الانبعاثات أثناء التفريغ [103 m³ CH4]	إنتاج البئر طوال مدة حياته [106 m³]	النسبة المئوية لانبعاثات التصريف كنسبة مئوية من إجمالي الإنتاج	انبعاثات التفريغ في غرام مكافئ CO2/MJ
Haynesville(المنطقة الصخرية لويزيانا)	6800	(75)210	%3.2	20.1
Barnett (المنطقة الصخرية تكساس)	370	35	%1.1	6.6
Piceance(كولورادو الرمال في تشكيلات ضيقة)	710	55	%1.3	7.9
Uinta (يوتا ، الرمال في تشكيلات ضيقة)	255	40	0.6	3.8

Source : Stefan Lechtenböhmer, **Incidences de l'extraction de gaz de schiste et de pétrole de schistes bitumineux sur l'environnement et la santé humaine**, direction générale des politiques internes département thématique a: politiques économiques et scientifiques,2011, p 43. Sur site :
http://www.europarl.europa.eu/activities/committees/studies.do?language=FR

بالنسبة للآبار الأربعة غير التقليدية المبينة في الجدول، يمثل متوسط إنبعاثات الميثان من سوائل التصريف حوالي 1.6٪ من الغاز الطبيعي المستخرج، ينتج عن استخراج السدادة الذي يتم بعد التكسير الهيدروليكي، إنبعاثات الميثان المقابلة لحوالي 0.3٪ من الغاز الطبيعي المستخرج، وهو ما يعادل إجمالي انبعاث الميثان بنسبة 1.9٪ للاستكشاف والتطوي، يمكن التقاط بعض الميثان وحرقه في الموقع لتقليل انبعاث الميثان، بالنسبة لصخر هاينزفيل في لويزيانا ، فإن إجمالي الإنتاج لكل بئر على مدار العمر الكامل مرتفع بشكل مدهش (210 مليون متر مكعب مقارنة ب 35 إلى 55 مليون متر مكعب للصخر الزيتي الآخر وحقول الغاز الضيقة، فإن متوسط إجمالي الإنتاج لكل بئر في تكوين هاينزفيل (Haynesville) سيكون حوالي 75 مليون م^3 وليس 210 مليون م 3 كما هو موضح في الجدول .إذا كان رقم 75 مليون م^3، فان انبعاثات الميثان من التصريف هي 9٪ بدلا من 3.2٪ ، ثم تنخفض نبعاثات غازات الدفيئة من التصريف في تكوين هاينزفيل من حوالي 20 جم / ميجا جول إلى حوالي 57 جم / ميجا جول من الغاز الطبيعي المستخرج.[1]

لقد كشفت بيانات الأقمار الصناعية أن الزيادة في حجم إحراق الغاز تركزت بشكل حصري تقريبا في أحواض إنتاج النفط الصخري في باكين في نورث داكوتا وبيرميان وإيجل فورد في تكساس، فقد شهدت هذه المناطق تطورات سريعة في عام 2018، إذ زاد إنتاج النفط الصخري نحو 29% في باكين و40% في بيرميان و15% في إيجل فورد، ولكن في الولايات المتحدة ظلت كثافة الإحراق (أي حجم الغاز المحترق بالنسبة لكل برميل نفط يُنتج) منخفضة في 2018 عند 0.3 متر مكعب من الغاز المحترق لكل برميل نفط مُنتج انخفاضا من 2.9 متر مكعب في 2012.[2]

والجدول الأتي يبين كل الانبعاثات التي تؤدي الى تلوث الهواء أثناء إنتاج الغاز الصخري.

[1] Stefan Lechtenböhmer, op cit.

[2] زيادة إنتاج النفط الصخري والصراع السياسي يسهمان في زيادة إحراق الغاز في العالم، على الموقع:
https://www.albankaldawli.org/ar/news/press-release/2019/06/12/increased-shale-oil-production-and-political-conflict-contribute-to-increase-in-global-gas-flaring

جدول رقم (06): الإنبعاثات في الهواء أثناء إنتاج الغاز الصخري

الانبعاثات	المصدر
أكاسيد النيتروجين وأكسيد الكبريت (NOx, SOx)	محركات الديزل وضواغط الغاز الطبيعي وتبخر السوائل والحرق
Ozone (**O3**)	منتج ثانوي ، تم إنشاؤه بواسطة مزيج من أكاسيد النيتروجين والمركبات العضوية المتطايرة على مستوى الأرض
المركبات العضوية المتطايرة (VOCs): البنزين والتولوين وإيثيل بنزين والزيلين (BTEX)	التدفق أثناء اكتمال البئر ، والجفاف ، والمكثفات ، وعمليات التبخر، والإنبعاثات الهاربة، والتنفيس والحرق ، والانسكابات
السيليكا البلورية	كميات كبيرة تستخدم كدعامة في تكسير السوائل
عادم الديزل (يشمل الجسيمات (PM) أول أكسيد الكربون (CO) الهيدروكربونات (HC) كبريتيد الهيدروجين H2S	عدد كبير من المركبات الثقيلة التي تسافر من وإلى مواقع الحفر، تستخدم محركات الديزل ، بما في ذلك المولدات ، أثناء الحفر والإنتاج ، والإنبعاثات الهاربة من المعدات والضواغط، وتفجير الآبار
Methane, ethane, propane and butane (light VOCs)	الإنبعاثات الهاربة أثناء الحفر والإنتاج، وعادم المحرك من معدات الإنتاج والمضخات الهوائية في الموقع ، والتسرب من الآبار سيئة البناء، التنفيس والحرق الروتيني، وعادم المحرك من المعدات في الموقع والمواقع التي تم إيقاف تشغيلها بشكل غير صحيح
ثاني أكسيد الكربون(CO2)	أثناء النقل والاحتراق
المواد المشعة (Radon)	موجودة بشكل طبيعي بتركيزات متفاوتة في الأرض. يمكن إحضاره إلى السطح من خلال سوائل التدفق ومحلول ملحي ناتج عن الماء.

Source: Anne-Marie Nicol, Helen Ward, On shaky ground: Evidence of public health impacts from shale gas production and hydraulic fracturing, National Collaborating Center for Environmental Health, NCCEH Environmental Health Seminar February 25, 2016

من الملاحظ ان كل هذه الانبعاثات الناتجة من جراء استغلال الغاز الصخري من مرحلة الاكتشاف الى غاية التوزيع تساهم في زيادة الغازات الدفيئة في الجو التي تؤثر قي ظاهرة الاحتباس الحراري، ولتدارك ذلك يتعين على كل من الشركات، الجهات المختصة، المتخصصين الخبراء العمل على التقليل من حدة الآثار السلبية على البيئة سواء على المستوى المحلي أو العالمي، عن طريق تبادل المعارف وتطوير المهارات الفنية والتكنولوجية، والاستفادة من التجارب السابقة، والالتزام بمعالجة مسائل الإنبعاثات كالميثان وثاني أكسيد الكربون (الأكثر انبعاثا في الجو)، مثل الالتزام المبرم بين كندا والولايات المتحدة والمكسيك، بخفض انبعاثات الميثان من صناعة النفط والغاز بنسبة تتراوح بين 40 و 45 في المائة بحلول عام 2025 مقارنة بمستويات عام 1992[1].

[1] CNUCED, Gaz de schiste, Op cit, P 31

في الواقع لا تعارض الجمعيات البيئية الولايات المتحدة في تطوير الغاز غير التقليدي، إذا كان الاستخراج ملوثا محليا، فإن الغاز الطبيعي انبعاثاته من CO_2 أقل من الفحم بنحو 50٪ لذلك يرحب بعض الناشطين البيئيين بحقيقة أن حصة الغاز الطبيعي في مزيج الكهرباء في الولايات المتحدة تتزايد تدريجيا (من 25٪ في عام 2011 إلى 30٪ في عام 2040، وفقا لتقديرات توقعات الطاقة السنوية لعام 2013 الصادرة عن وكالة معلومات الطاقة)

المبحث الثاني: أثر إنتاج الغاز الصخري في الولايات المتحدة على الأسواق العالمية (أسعار الغاز الطبيعي)

لقد مكن التطور السريع لإنتاج الغاز الصخري في أمريكا من إحداث ثورة في صناعة الغاز الطبيعي خلال الفترة الممتدة مابين 2005-2015 حيث كانت له آثار إيجابية كبيرة على الإقتصاد الأمريكي، وعلى أسواق الطاقة العالمية، لذا سيتم التطرق في هذا المبحث الى تطور انتاج الغاز الصخري في الولايات المتحدة الأمريكية، وآثاره على القطاعات الاقتصادية الأخرى ومدى تنافسية الغاز الصخري والغاز الطبيعي في الأسواق العالمية

المطلب الأول: إنتاج الغاز الصخري في الولايات المتحدة

في عام 2015، كان الإنتاج التجاري للغاز الصخري المصدر يقتصر بشكل حصري تقريبا على بلدين، الولايات المتحدة وكندا، والتي شكلت 87 % و13 % من الإنتاج العالمي على التوالي[1]، ويجري تطوير مشاريع كبرى في بلدان أخرى، مثل الأرجنتين والصين، في حين يعارض آخرون تطوير هذه الموارد، بما في ذلك حظر تقنية إنتاجها الرئيسية، وهي التكسير الهيدروليكي، كما هو الحال في فرنسا،

أولا: تطور إنتاج الغاز الصخري وانعكاسه على الغاز الطبيعي

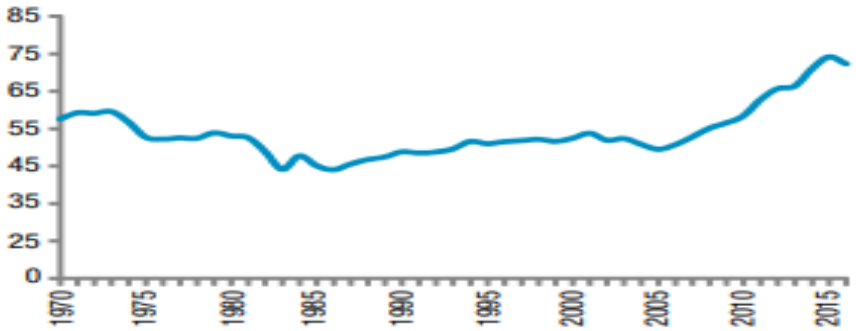
1.تاريخيا: كانت الولايات المتحدة أكبر مستهلك للغاز الطبيعي في العالم، مع حوالي 30 % خلال الفترة (1980-2015)، الغاز الطبيعي هو ثاني أكثر مصادر الطاقة استهلاكا بعد النفط، وقد أصبح الغاز الطبيعي متاح بكميات كبيرة بسبب تطوير موارد الغاز الصخري منذ منتصف 2000، حيث انخفض إنتاج الغاز الطبيعي التقليدي بمعدل سنوي متوسط قدره 0.4% بين أوائل 1970 و 2005، ولكنه انتعش بعد عام 2007، مسجلا متوسط معدل نمو سنوي قدره 2.8% بين عامي 2007 و 2016، بعد ذلك ارتفع إجمالي عمليات إزالة الغاز الطبيعي من آبار الغاز الصخري من 1,990 مليار قدم مكعب (حوالي 8% من إجمالي عمليات الإزالة) إلى أكثر من 16,582 مليار قدم مكعب،[2] أي أكثر من نصف إجمالي الرسوم في البلاد في عام 2016، والشكل الموالي يوضح ذلك، وقد أدى ذلك إلى تغيير كبير في مشهد قطاع الغاز في البلاد في السنوات الأخيرة ومن المتوقع أن يستمر هذا الاتجاه في المستقبل، وفقا لوكالة EIA تقريرها سنة 2017، أن الغاز الصخري والغاز المصاحب من حقول النفط الضيقة سيشكل حوالي ثلثي الإنتاج بحلول عام 2040.[3]

[1] Stefan Lechtenböhmer, **Incidences de l'extraction de gaz de schiste et de pétrole de schistes bitumineux sur l'environnement et la santé humaine,** op-cit.

[2] EIA, Dry shale gas production estimates,sur site : consulté le 22/11/2022 https://www.eia.gov/tools/faqs/faq.php?id=907&t=8

[3] CNUCED , Gaz de schiste, op cite, P 36.

الشكل رقم (10): إنتاج الغاز الطبيعي في الولايات المتحدة 1970-2016 (مليار قدم مكعب في اليوم)



Source: Gaz de schiste, Conférence des Nations Unies sur le commerce et le développement, (CNUCED), N°09, 2018, P 36. sur site : https://unctad.org/fr/system/files/official-document/suc2017d10_fr.pdf

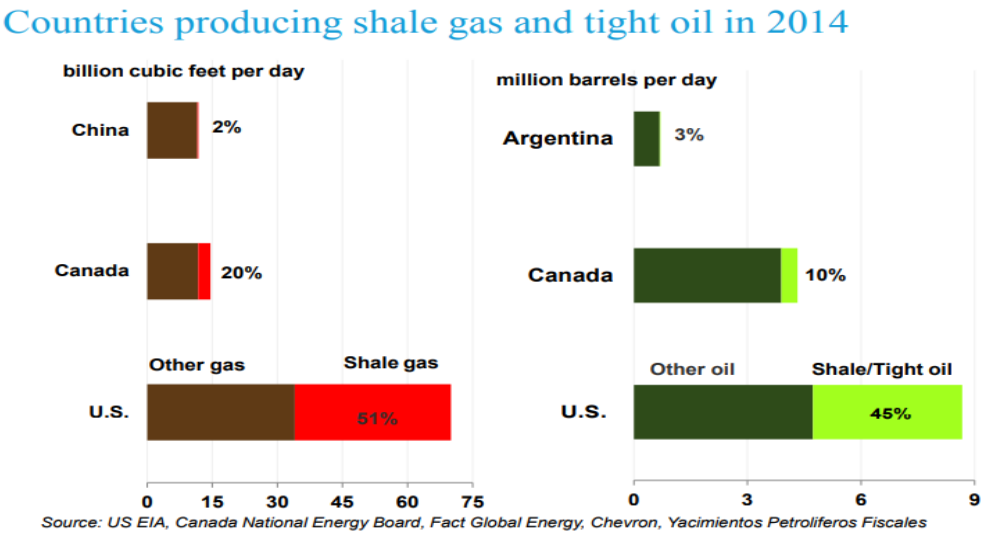
لقد أدى تطور الغاز الصخري في الولايات المتحدة الى كونها أصبحت المنتج الرئيسي للغاز الطبيعي في العالم منذ عام 2009، وفي عام 2016 شكلت حوالي 21 % من إنتاج الغاز الطبيعي العالمي، متقدمة على روسيا بـ 16.3%، ويعود السبب الى تحول إنتاج الغاز الطبيعي في الولايات المتحدة من المناطق المنتجة التقليدية (مثل خليج المكسيك) إلى رواسب الغاز الصخري البرية، مع حوالي 38% من إنتاج الغاز الصخري في عام 2015، مارسيلوس هو الأكبر منها بما في ذلك إيجل فورد، شكلت أكثر من نصف إنتاج البلاد والاحتياطيات المؤكدة في عام 2015، وبإضافة رواسب وودفورد وبارنيت وهاينسفيل بوسير، التي شكلت أكبر خمسة خزانات للغاز الصخري في الولايات المتحدة نحو 80% من حيث الاحتياطيات المؤكدة والإنتاج في عام 2015. [1]

كما أن إنتاج النفط الصخري يقتصر على ثالث دول فقط بكميات تجارية وهي الولايات المتحدة الأمريكية، وكندا، والأرجنتين، أما الغاز الصخري فتنتجه حاليا ثالث دول فقط بكميات تجارية وهي الولايات المتحدة، وكندا، والصين،[2] حسب ما يوضحه الشكل الآتي :

[1] EIA : crude oil and natural gas proved reserves, Taux annuel de croissance composé sur la période 2007– 2015, https://www.eia.gov/naturalgas/crudeoilreserves/

[2] Faouzi Aloulou, Senior Economist Office of Petroleum, Natural Gas and Biofuels Analysis, For Chatham House Annual Conference on Middle East and North Africa Energy London, U.K., January 27th 2015

الشكل رقم (11): الدول المنتجة للغاز الصخري والنفط الضيق في سنة 2014



Source: Faouzi Aloulou, Senior Economist Office of Petroleum, Natural Gas and Biofuels Analysis, For Chatham House Annual Conference on Middle East and North Africa Energy London, U.K., January 27th 2015

يلاحظ من خلال هذا الشكل ان الولايات المتحدة الأمريكية تعتبر الرائدة من حيث إنتاج الغاز الصخري، تليها كندا ثم الصين ،كذلك بالنسبة للنفط الضيق (الصخري) حيث تحتل المرتبة الأولى من حيث الإنتاج تليها كندا ثم الأرجنتين.

ثانيا: إنتاج وواردات الولايات المتحدة من الغاز(الصخري والطبيعي)

لقد أصبحت الولايات المتحدة أكبر منتج للنفط والغاز في العالم سنة 2017، مع 712.7 مليون طن من النفط في عام 2020 (17٪ من الإنتاج العالمي)، فقد حققت تقدم ملحوظا حيث قدر إنتاجها بـ 36٪ أكثر من روسيا (524.4 مليون طن) و 70٪ أكثر من السعودية (419.6 مليون طن)، بالنسبة للغاز تبدو الصدمة أكثر وضوحا منذ أن حققت أمريكا 23.7٪ من الإنتاج العالمي في عام 2020 متقدمة جدا على روسيا[1]

كما يبين الجدول الموالي واردات الولايات المتحدة من الغاز الطبيعي التي بدأت تتراجع مسجلة 2.656 مليار قدم مكعب في سنة 2014 بعدما كانت 4.708 مليار قدم مكعب في سنة 2014، نيجة لزيادة الانتاج من الغاز التقليدي والغاز الصخري بإجمالي 25.61 مليار قدم مكعب سنة 2014 حسب ما يوضحه الجدول الآتي:

[1] https://geoconfluences.ens-lyon.fr/images/img-ress-eau-energie-matiere/img-carroue1/etats-unis-gaz-petrole-3000px.png/image_view_fullscreen

الجدول رقم (07): إنتاج وواردات الولايات المتحدة الأمريكية من الغاز (مليار قدم مكعب)

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
الغاز التقليدي*	19.24	19.23	18.66	17.11	15.26	14.95	13.44	13.10
الغاز الصخري	1.29	2.11	3.11	5.33	7.99	10.37	11.41	12.51
الاجمالي	20.53	21.34	21.77	22.44	22.26	25.32	24.75	25.61
واردات الولايات المتحدة من الغاز الطبيعي	4.708	3.984	3.751	3.741	3.479	3.138	2.883	2.656

المصدر: أحمد بن محمد السياري، نظرة عامة على أهم مصادر الطاقة غير التقليدية، حولية 2015، مؤسسة النقد العربي السعودي، ص 06.

ثالثا: التبعات الإستراتيجية للغاز الصخري عل قطاع الطاقة

إن لطفرة الغاز الصخري تبعات إستراتيجية على الشؤون الجيوسياسة وقطاع الطاقة، ومن بينها التبعات على الغاز الروسي الذي تعتمد عليه دول أوروبا في تمويل احتياجاتها، وانتعاش قطاع النقل المستخدم الكهرباء أو الغاز المحول إلى سائل.

1. اعتماد دول أوروبا على الغاز الروسي: نظرا لتوتر بين موسكو وكييف، قطعت روسيا إمدادات الغاز عن أوكراني، اعتبرت هذه الخطوة تهديدا مباشرا لكل الدول الأوروبية المستوردة للغاز، ويأمل القادة الأوروبيون أن تخفف كميات الغاز الصخري(المنتجة من أمريكا) من الإستراد الغاز من روسيا، كما ترغب الصناعات الأوروبية في المشاركة في استكشاف واستخراج موارد الغاز الصخري غير أن ذلك قد بدأ فعليا في أوكرانيا و بولندا فقط[1].

ويتأتى الطلب الإضافي على الغاز في أوروبا من تقادم البنية الأساسية لتوليد الطاقة حيث يفترض أن تعوض حوالي 30%من طاقة الشحن الأساسية خلال العقدين القادمين كما لا يرجح أن تسد الطاقة النووية هذه الفجوة، وعلى الرغم من أن بإمكان أوروبا أن تستفيد من صادرات الولايات المتحدة للغاز الطبيعي المسيل، فإن ذلك لا يكافئ ارتفاع الطلب وعليه فإن روسيا ستواصل تزويد البلدان الأوروبية بالغاز الطبيعي بما في ذلك الغاز الصخري لعقود من الزمن.[2]

2. تغطية وقود النقل: إن الولايات المتحدة والصين تعملان على استيراد النفط الأجنبي لتغذية اقتصادياتهما خاصة قطاع النقل، بسعر 80 دولار لبرميل النفط، حيث كانت ترسل الولايات المتحدة ما يزيد على 500 بليون دولار أمريكي للدول المنتجة سنويا، ومع ظهور طفرة موارد الغاز الصخري المحلي كوقود انتقالي محتمل يمكن استخدامه لتطوير وقود النقل أي الغاز الطبيعي المضغوط والغاز المحول إلى سائل، إن أنظمة النقل بصدد التحول إلى استعمال الغاز الطبيعي المضغوط، وسيتواصل هذا التوجه طالما اعتقد مناصرو أمن الطاقة أن تخفيض سعر الغاز الطبيعي بإمكانه المساعدة في

* الغازات التقليدية وغير التقليدية هي في الواقع نفس أنواع الغاز، يعتمد تصنيف الغاز على أنه تقليدي أو غير تقليدي على نوع الخزان الذي يتم استخراجه منه.

[1] دراسة موارد الطاقة :« **نظرة مركزة على الغاز الصخري**»، مرجع سابق، ص 25

[2] مرجع نفسه، ص 27.

التخلص من التبعية لمصادر النفط الأجنبية كما أن تقديرات احتياطي الغاز الصخري تساند مطلب استعمال الغاز الطبيعي في قطاع النقل لسنوات عديدة.

أما بالنسبة للصين فإنها تشهد ارتفاع الطلب على الطاقة، لذا من المستبعد أن تنهي إمداداتها المحلية من الغاز الصخري حاجتها إلى واردات الطاقة من آسيا الوسطى و بقية العالم.

ثانيا: الإكتفاء الذاتي للولايات المتحدة من الغاز(التقليدي وغير تقليدي)

حسب إدارة الطاقة الأمريكية فإن إنتاج الولايات المتحدة في عام 2018 يبدأ بتجاوز الاستهلاك حيث سيبلغ الانتاج 28.6 تريليون قدم مكعب بينما يبلغ الاستهلاك حوالي 27.8 تريليون قدم مكعب أي بزيادة حوالي 2 تريليون قدم مكعب حسب ما يبينه الجدول أدناه، مما يعني أن بإمكان الولايات المتحدة أن تكون مصدرة صافية للغاز ابتداء 2018، ويتوقع أن تبلغ زيادة الإنتاج عن الاستهلاك نحو 6.21 تريليون قدم مكعب في عام 2040، ويلاحظ تزايد اعتماد الولايات المتحدة على الغاز حيث ارتفع استهلاكها من 24.5 تريليون قدم مكعب في عام 2008 إلى نحو 26.77 تريليون قدم مكعب في عام 2015، ويتوقع ان يبلغ حوالي 33.2 تريليون قدم مكعب في عام 2040 .

كما يوضحه الجدول الآتي:

جدول رقم (08): إنتاج واستهلاك الولايات المتحدة من الغاز (تريليون قدم معكب)

	2008	2012	2014	2015	2018	2020	2025	2030	2035	2040
الانتاج	21.26	25.26	25.48	25.48	28.60	30.53	33.45	39.14	37.88	39.41
الاستهلاك	24.49	26.70	26.45	26.77	27.80	28.40	29.75	30.84	31.94	33.19
الفرق	3.23	1.40	0.97	0.92	0.80-	2.13-	3.69-	5.29-	5.94-	6.21-

المصدر: أحمد بن محمد السياري، نظرة عامة على أهم مصادر الطاقة غير التقليدية، حولية 2015، مؤسسة النقد العربي السعودي، ص 05.

ثالثا: استراتيجية الولايات المتحدة الأمريكية للتوجه إلى تصدير الغاز

بين عامي 1985 و2013، بلغ متوسط عجز إنتاج الغاز الطبيعي في الولايات المتحدة 1,650 مليار قدم مكعب (حوالي 8% من الاستهلاك السنوي خلال هذه الفترة)، مما أدى إلى زيادة الواردات، وبلغ صافي واردات الغاز الطبيعي حوالي 2,438 مليار قدم مكعب سنويا خلال هذه الفترة، ليصل إلى مستوى قياسي بلغ 3,785 مليار قدم مكعب في عام 2007، شهد العام نفسه نقطة تحول في التاريخ الحديث لاستهلاك وإنتاج الغاز الطبيعي في الولايات المتحدة، في الواقع بدأ صافي الواردات في الانخفاض ليصل إلى 670 مليار قدم مكعب في عام 2016، على الرغم من الزيادة المتزامنة في الاستهلاك بنحو 19%.[1]

[1] CNUCED, Gaz de schiste, op cite p 23.

كما أدت التطورات الأخيرة في قطاع الغاز الصخري إلى تغييرات جذرية في البنية التحتية(بنية تحتية لتصدير الغاز الطبيعي المسال عن طريق خطوط الأنابيب)، من المتوقع حدوث تطورات هامة في قدرة التسييل وبشكل ملموس، يمكن إضافة 61.45 مليون طن سنويا من قدرة التسييل بين عامي 2016 و 2020، مما يسمح بتصدير كميات كبيرة من الغاز الطبيعي المسال.[1]

وفقا لوكالة ادارة معلومات الطاقة الامريكية* (2017)، بحلول عام 2020، يمكن أن تحتفظ الولايات المتحدة بثالث أكبر طاقة تصدير للغاز الطبيعي المسال في العالم بعد أستراليا وقطر، وقد أكد هذا التوقع الاتحاد الدولي للغاز (2017)، يمثل هذا تغييرا جذريا مقارنة بالوضع قبل تطوير مصدر الغاز الصخري في حين كان المؤيدون يستثمرون في 10 محطات استيراد للغاز الطبيعي المسال في عام 2004، تم اقتراح 33 محطات أخرى للبناء بالإضافة إلى ذلك، تسلط إدارة معلومات الطاقة (2015) الضوء على أن ما يقرب من 80 % من أحجام صادرات الغاز الطبيعي المسال للمشاريع قيد الإنشاء تم التعاقد عليها في علاقة مباشرة بأسعار الغاز الطبيعي Henry Hub أو على أساس آلية تسعير مختلطة مع رابط إلى هذا السعر المرجعي.[2]

وستؤثر طفرة الغاز الصخري على الغاز الطبيعي المسيل بثلاثة طرق:[3]

- يرجح أن تتوقف الدول المستوردة للغاز الطبيعي المسيل مثل الولايات المتحدة عن استيراده و يمكن أن تصبح مصـــــدرة له، لكن الحصول على الترخيص لتصديره من الولايات المتحدة يمكن أن يكون صعبا؛
- من الممكن أن يضع توزيع واستغلال الغاز الصخري حدا لتنامي الطلب لسنوات عديدة؛
- يرجح أن تشجع إمدادات الغاز الصخري الكبيرة على مزيد التحول في الطلب على الغاز الطبيعي وهو ما سيعزز بدوره سوق الغاز الطبيعي المسيل خاصة بفضل إنشاء خطوط أنابيب الغاز الطبيعي التي ستستخدم للغاز الطبيعي المسيل على المديين المتوسط إلى الطويل يمكن أن تكون الاعتمادية على الغاز الطبيعي بنفس القدر من الاعتمادية على النفط في الوقت الحاضر
- يكلف إسالة نقل الغاز حوالي 3.00 إلى 4.09 دولارات لكل ألف وحدة حرارية بريطانية،[4] وكنتيجة لذلك تواجه تكاليف الغاز الطبيعي المسيل صعوبات تنافسية في الأسواق حيث تتزايد إمدادات الغاز الصخري منخفضة التكاليف،

[1] EIA: crude oil and natural gas proved reserves, Taux annuel de croissance composé sur la période 2007– 2015, https://www.eia.gov/naturalgas/crudeoilreserves/

*إدارة معلومات الطاقة الأمريكية (بالإنجليزية) Energy Information Administration: هي وكالة رئيسية تابعة للنظام الإحصائي الاتحادي للولايات المتحدة وهي المسؤولة عن جمع وتحليل ونشر المعلومات عن الطاقة لتعزيز السياسات السليمة، وكفاءة الأسواق، والفهم العام للطاقة وتفاعلها مع الاقتصاد والبيئة. تشمل برامج تقييم الأثر البيئي بيانات عن الفحم والبترول والغاز الطبيعي والكهرباء، والطاقة القابلة للتجديد والطاقة النووية .تقييم الأثر البيئي هو جزء من وزارة الطاقة الأمريكية.

[2] CNUCED, Gaz de schiste, op cite p 23

[3] دراسة موارد الطاقة :« **نظرة مركزة على الغاز الصخري**»، مرجع سابق، ص 29.

[4] مرجع نفسه.

- تهيئ محطات استيراد الغاز الطبيعي المسيل في الولايات المتحدة لتصدير الغاز الطبيعي المسيل، ويعد هذا التطور جيدا لقطاع الغاز الطبيعي لأنه يدعم تطوير قنوات التوزيع، وبناء عليه فإن إمدادات الغاز الصخري القادمة ستسد حاجة أمريكا الشمالية من واردات الغاز الطبيعي المسيل للسنوات المقبلة.

رابعا: تكاليف إنتاج الغاز الصخري

يوجد جدل كبير حول تكاليف إنتاج الغاز الصخري، إذ تتراوح تقديرات أسعار استخراجه في شمال أمريكا بين 2 و4 دولارات أمريكية لكل ألف قدم مكعب، إن هذا التفاوت في التقديرات هام و معقد، ولفهم هذه الفروقات نستخلص ثلاثة عوامل رئيسية تؤدي إلى انخفاض أو ارتفاع الأسعار وهي:

- تطوير أسلوب جديد لحفر (عدة آبار في نفس الأماكن)* مما يساهم في تخفيض تكلفة الحفر نتيجة لتقليل تنقل اجهزة الحفر من مكان إلى اخر، وبالتالي توفير الأموال ومعدات الحفر والمتخصصين؛[1]
- ترتفع أسعار الغاز الصخري نتيجة لتكاليف عمليات الحفر الحالية التي تعد باهظة و بأنها ستستمر في الارتفاع مع سن قوانين تحمي البيئة، مع انتهاج أساليب صديقة للبيئة لاستخراج هذا المورد، ومن خلال إضافة تكاليف التعويض عن المياه و إزالة المخلفات الكيميائية إلى أسعار الإنتاج التي قد تصل إلى ما بين 6 و 8 دولارات أمريكية لكل ألف قدم مكعب؛[2]
- تباين في تقدير تكلفة: حيث قدرت وكالة الطاقة الدولية أن تكلفة معظم الإنتاج في تشكيل داكوتا الشمالية في حقل باكن ستبقى مربحة عند 67 دولارا للبرميل، لكن محللين آخرين، بما في ذلك "سكوتيابنك" قدرت سعر التعادل لباكن شمال داكوتا بين 40 و 20 دولار للبرميل، وهناك أسباب كثيرة تجعل من الصعب التعميم على منطقة واحدة مثل باكن، حيث تعمل أكثر من 500 شركة بتكاليف متفاوتة، [3]

كما أنه هناك عدة عوامل أخرى التي تأثر على سعر استغلال الغاز الصخري، كتحسين الاداء في الحفر والتقدم التقني وتطور المعرفة الجيولوجية للطبقات الصخرية، و توافر الموارد المائية وكفاءة المواد الكميائية المستخدمة في تكسير الطبقات بحيث تؤدي إلى زيادة إنتاجية البئر الواحد.

نستنتج أن سعر استخراج الغاز الصخري سيحدد إجمالا على ضوء إمكانية الوصول إليه بالإضافة إلى القوانين البيئية و مدى القرب من البنية الأساسية للغاز الطبيعي و في أحواض الطفل الصفحي المنعزلة، وبسبب تطور المعرفة الجيولوجية للطبقات الصخرية وتحسين الاداء في الحفر، بالإضافة تكلفة محطات المعالجة والتوزيع التصريفي وخطوط أنابيب النقل نحو الأسواق وتكاليف أخرى، اي الاخذ بعين الاعتبار إجمالي التكاليف الكلية، ومن الأنسب النظر إلى التكاليف التشغيلية في المدى القصير، لأنها تعكس تكلفة الآبار الإضافية حيث يتم استبعاد التكاليف الثابتة، أما بالنسبة

*أي استخدام الحفر الأفقي او الاتجاهي لعملية التكسير الهيدروليكي ومن نفس المنصة يتم استخدام عدة ابار حفر أفقية.

[1] زبير فتاح محمد، **"تحديد اتجاه السببية بين أسعار النفط العالمية والكميات المنتجة من النفط والغاز الصخري الأمريكي (2002-2012)"**، المجلة الأكاديمية لجامعة نوروز، لكية الإدارة والإقتصاد, جامعة دهوك ، كردستان، العراق، المجلد 06، العدد 01، ص 264.

[2] دراسة موارد الطاقة، **«نظرة مركزة على الغاز الصخري»**، مرجع سابقن ص 29.

[3] أحمد بن محمد السياري، مرجع سابق، ص 06.

للمدى الطويل، فإن النظر إلى التكاليف الكلية يكون أنسب لأن زيادة النتاج تتطلب امتلاك المزيد من المساحات، والذي تم التطرق اليه بالتفصيل في الفصل الثاني

المطلب الثاني: عوامل نجاح ثورة الغاز الصخري في الولايات المتحدة الأمريكية

أصبح تطوير الغاز الصخري في الولايات المتحدة ممكنا من خلال مجموعة من العوامل المختلفة سيتم دراسة أهمها بشكل فردي في هذا العنصر، والتي ستستخدم لتقييم ما إذا كان من الممكن تصور تطوير قطاع الغاز الصخري في ضوء ما هو معروف من تجربة الولايات المتحدة، على البلدان المنتجة الأخرى أو المنتجة المحتملة، كون أن الولايات المتحدة لديها تقليد طويل كمنتج رئيسي للنفط والغاز الطبيعي، وقد وفرت هذه التجربة لقطاع الغاز الصخري قاعدة صناعية قوية،مع وجود العديد من الخدمات الداعمة والبنية التحتية، وقد أمكن القيام باستثمارات كبيرة لتطوير موارد الغاز الصخري المصدر وتكييف البنية التحتية القائمة مع الاحتياجات الجديدة من خلال سوق رأس المال القوية، والشكل الآتي يبين حوصلة لمختلف العوامل التي أدت إلى تطوير الغاز الصخري

الشكل رقم (12): العوامل الرئيسية في تطوير قطاع الغاز الصخري

المصدر : من إعداد الباحثة اعتمادا على

Source: Gaz de schiste, Conférence des Nations Unies sur le commerce et le développement, (CNUCED), N°09, 2018,P 31. sur site : https://unctad.org/fr/system/files/official-document/suc2017d10_fr.pdf

لقد تم التطرق إلى كل عنصر الذي قد يكون السبب في تطور الغاز الصخري وهم كالآتي:[1]

1.البنية التحتية: تشير وزارة الطاقة الأمريكية سنة 2015 إلى أن البنية التحتية قد تم تطويرها بشكل كبير بين عامي (2004 و 2014)، وقد استثمرت الشركات ما متوسطه 10 مليار دولار سنويا، بما في ذلك مشاريع تطوير خطوط الأنابيب الرئيسية، وبلغت الاستثمارات في معالجة الغاز الطبيعي 7.5 مليار دولار في عام 2013، وفقا لوزارة الطاقة الأمريكية (2015)، فإن البلاد لديها شبكة أنابيب غاز عالية الضغط متطورة، بما في ذلك 315,000 ميل من خطوط النقل، بالإضافة إلى ذلك يوجد في البلاد 516 محطة لمعالجة الغاز الطبيعي بطاقة إجمالية تبلغ 64,659 مليون قدم مكعب يوميا، كما جاء في تقرير EIA (2016) عن قدرة معالجة تبلغ 77,206 مليون قدم مكعب في اليوم،

[1]CNUCED, Gaz de schiste, op cit, p 24.

60% منها تقع في تكساس،[1] لويزيانا، أوكلاهوما. فرجينيا الغربية وبنسلفانيا، كما يعد التخزين جزءا من البنية الأساسية ولا يجب ان يستخف به، حيث لا تعتبر كل المناطق الجيولوجية مهيئة لتوفير التخزين، كما يؤمن التخزين المناسب التكلفة أكثر فعالية لعملية التوزيع عبر خطوط الأنابيب لتأمين التزويد حسب ضغط الطلب الذي يمكن أن يتأرجح تأثرا بعدة عوامل.[2]

2.التقدم التقني (للحفر الموجه وعملية التكسير الهيدوليكي): كان وجود تكوينات صخرية غير تقليدية قبل سنوات طويلة في الولايات المتحدة بكميات، لكن الشروط المناسبة لاستغلال هذه التكوينات لم تكن متوفرة حينها، فالتقدم والتطور التقني وأسعار النفط المرتفعة ساهمت في تطوير تقنية جديدة تسمى" التكسير الهيدروليكي"، هذه تقنية تعتمد على تطوير الحفر المائل أو الاتجاهي، بمجرد الوصول إلى طبقة صخور الخزان على العمق الصحيح، تنشر هذه الآبار أنابيب أفقية بحيث يصل عمقها أحيانا إلى 10 إلى 12 كيلومترا في الطبقة الغنية بالميثان، هذه التقنية أكثر اقتصادا لأنها تسمح لبئر واحد باستغلال طبقة جيولوجية على مساحة أكبر بكثير، بمجرد الانتهاء من حفر الآبار وتركيب شبكات الأنابيب، تقوم عمليات التكسير بخلع الصخور ثم تصريف الهيدروكربونات التي يتم إطلاقها عن طريق التفريغ والضخ[3]، كما ساعدت التكنولوجيا الحديثة في تقليل عدد ومساحات الأراضي المتضررة جراء الحفر وتسمى البصمات،* وبفضل الاقمار الصناعية و نظام تحديد المواقع عالميا، و أجهزة استشعار عن بعد وتكنولوجيا الزلازل الثلاثية و الرباعية الأبعاد جميعها تجعل بالإمكان إكتشاف إحتياطيات النفط عبر حفر عدد أقل من الآبار،[4] كما أدى التطور السريع للحفر المتعدد، وفرات الحجم عن طريق تقليل عدد الحفارات المطلوبة لحفر نفس العدد من الآبار، والتي يمكن إكمال الكثير منها دون تحريك المنصة، وارتفعت حصة الآبار التي تم حفرها باستخدام هذه التقنية من 5% في عام 2006 إلى 60% في عام 2013

3.ارتفاع أسعار البترول والغاز الطبيعي: خلال الفترة 2000-2008، كان له أثر كبير في التوجه نحو استغلال الموارد الصخرية في الولايات المتحدة الأمريكية لا سيما الغاز الصخري، بسبب انخفاض تكلفة القروض وارتفاع أسعار النفط في السنوات الماضية بزيادة عدد الشركات التي ترغب بالاستثمار في التنقيب عن النفط والغاز الصخري، فقد وصلت أسعار

---

[1] Exploitation responsable du schiste Accroître la base de connaissances sur le pétrole et le gaz de schiste au Canada,p 18,,sur site:
https://naturalresources.canada.ca/sites/nrcan/files/www/pdf/publications/emmc/Shale_Resources_f.pdf?_gl=1*23msh3*_ga*NjU2ODI5ODk1LjE2OTcyNDI4MTk.*_ga_C2N57Y7DX5*MTY5NzI4NTc4NS40LjEuMTY5NzI4NzAwNC4wLjAuMA

[2] دراسة موارد الطاقة : نظرة مركزة على الغاز الصخري مرجع سابق، ص 25

[3] Laurent Carroué, op cite.

* **بصمات الحفر:** هي أصغر من تلك التي كانت منذ 30سنة و يعود ذلك لتطوير الحفارات المتنقلة والحفارات ذات الثقوب الضيقة، وعندما يصبح إنتاج النفط في البئر غير مجدي إقتصاديا, يتم سد البئر تحت الأرض بحيث يصعب معرفة وجود هذا البئر من قبل، وكجزء من برنامج "الحفارات للشعاب" يتم تثبيت بعض الحفارات القديمة العاملة في المياه في قاع البحر لتتحول إلى شعاب مرجانية إصطناعية تجذب الأسماك والأحياء البحرية الأخرى. و في فترة ما بين ستة أشهر و سنة بعد ترك الحفارة, تصبح مغطاة بالطحالب و المرجان والمحار و مخلوقات بحرية أخرى

[4] منهج مفتوح للتعريف على أساسيات صناعة النفط ،"حوكمة النفط والبيئة" على الموقع: تاريخ الاطلاع 2023/11/05.
https://www.eia.gov/kids/energy-sources/oil/#oil_environment-basics

الغاز الطبيعي في هنري هوب في الولايات المتحدة الأمريكية إلى 12 دولار لكل مليون وحدة حرارية بريطانية، وبذلك فقد كان الظرف مناسبا جدا للتطوير الكثيف للحقول في الولايات المتحدة الأمريكية [1]

4.انخفاض الكثافة السكانية: كما سمح انخفاض الكثافة السكانية في مناطق الإنتاج بالتطور السريع لأنشطة الغاز الصخري، وبالإضافة إلى ذلك فإن القبول العام لأنشطة النفط والغاز من جانب السكان المحليين في المناطق الأكثر كثافة سكانية والذين اعتادوا بالفعل في بعض الأحيان على إنتاج الغاز الطبيعي التقليدي وغير التقليدي، قد لعب أيضا دورا رئيسيا في هذا الصدد، فإن الطبيعة المحددة لحقوق التعدين في الولايات المتحدة، التي تمنح ملاك الأراضي فوائد تحت سطح الأرض، من خلال دفع التعويضات، قد أسهمت أيضا إسهاما كبيرا في توسيع هذا النشاط، مما شجع الأسر المعيشية على قبول الحفر بسهولة هذا هو الفرق الكبير مع معظم البلدان في العالم، حيث يتم جمع الدخل المالي المرتبط بالاستخراج تحت سطح الأرض من قبل الدولة، بغض النظر عن من يملك الأرض.

5.المنظومة القانونية الأمريكية الملائمة: لقد كان لها الدور من خلال إصدار القانون الفدرالي المتعلق بالغاز الطبيعي عام 1938 وتعديلاته للأعوام 1942 و1947 و1954 و 1962، على إعطاء دفعا مريحا لاستغلال الغاز بكل أنواعه بما فيه الغاز الصخري، ويضاف إلى هذه المنظومة قانون السياسة الطاقوية الصادر عام 2005، والذي قدم تحفيزات ضريبية وجبائية كبيرة وضمانات قروض مغرية لمنتجي الغاز بدأ الغاز الصخري والنفط الصخري الأمريكي في تغيير أسواق الطاقة العالمية.[2]

6.الخصائص الجيولوجية: تعتبر تكوينات الصخر الطيني في الولايات المتحدة عموما كبيرة وقريبة من سطح الأرض، ما يجعلها مثالية للاستثمار

7.البيئة الملائمة للاستثمار: استفادة الولايات المتحدة الأمريكية، أثناء قيامها بتطوير انتاجها من الغاز الصخري من مجموعة الظروف الاستثنائية والمواتية لجذب مجموعة من شركات المقاولات ذات الخبرة الواسعة والتي تتميز بـ:

- خبرة هندسية طويلة فريدة في مجال الاستكشاف وتحديد أماكن خزانات النفط والغاز المعقدة.
- الخبرة والمعرفة الدقيقة لحقول الزيت والغاز الصخري كانت معروفة منذ بداية القرن العشرين بسبب حفر الملايين من الآبار، لكنها لم تستغل بسبب عدم مردوديتها الاقتصادية
- صناعة متطورة و منخفضة التكلفة في مجال حفر الآبار و توفير المعدات و الآليات الضرورية.
- نظام تشريعي يضمن مكافأة ملاك الأراضي في حالة استغلال الشركات للموارد الموجود تحت أراضيهم، وكان من آثار ذلك عمليا تسهيل الدولة لإجراءات الحصول على رخص الاستغلال والحفر مقارنة مع دول أخرى تتطلب فيها نفس العملية موافقة العديد من الهيئات، كما يتعامل الصناعيون مباشرة مع ملاك الأراضي الذين ينتفعون من

[1] Exploitation responsable du schiste Accroître la base de connaissances sur le pétrole et le gaz de schiste au Canada, op-cite.

[2] دراسة موارد الطاقة، «**نظرة مرّكزة على الغاز الصخري**»، مرجع سابق، ص 26.

تأجير أراضيهم مما يشجع جيرانهم من الملاك الآخرين على فعل نفس الشيء فتزيد أرباح الصناعيين لعدم اضطرارهم للبحث والتنقيب عن الغاز الصخري في أماكن بعيدة والاستفادة من نفس العتاد والتجهيزات الموجودة في مكان قريب.[1]

- أسواق مالية كبيرة بها سيولة ضخمة تتوفر رؤوس الأموال من خلال نظام الشراكة أو تقديم قروض حسب رغبة العميل و التي تتميز هذه الاستثمارات بارتفاع مخاطرها.
- وضع الحكومات المحلية للشروط البيئية المقبولة و المناسبة لصناعة النفط و قبول السكان المحليين لها.
- عدم تعرض المنتجين للضرائب على الأرباح لمدة طويلة أكثر من عام(ميزة ايجابية)، نتيجة لسرعة نفاذ مخزونات آبار الغاز الصخري حيث تفرغ معظم طاقتها في العام الأول من الاستغلال.
- إن معظم آبار النفط الصخري تنتج أيضا الغاز الصخري، وهذه الخاصية ساعدت أمريكا في تحديد نوع المورد المراد إنتاجه حسب ما تقتضيه أسعار السوق.
- ثقافة تاريخية بترولية وغازية لمئات السنين مدعمة بسلطة سياسية فالمواطن الأمريكي معتاد منذ عقود على التعايش مع آلات الحفر وعلى العمليات البترولية، من اجل استغلال الفرص وتقبل المخاطر المحتملة
- تحتكر الولايات المتحدة الأمريكية 80 % من آلات الحفر الموجودة في العالم والتي تقدر بحوالي 2400 آلة حفر، بالإضافة إلى وجود عدد كبير من المتعاملين الخبراء في الجيولوجيا، الحفر الافقي، التكسير الهيدروليكي والتمويل البترولي، ففي هوستن فقط يوجد حوالي 4000 جيولوجي[2]

8.توفر الموارد المائية والرملية الضرورية لعملية الإنتاج: تمتاز الولايات المتحدة الأمريكية بوفرتها المائية الكبيرة، حيث يقدر متوسط نصيب الفرد الأمريكي بـ 9000 م^3 من المياه سنويا (أي أكثر من نصيب الفرد الفرنسي والمقدر بـ 1300 م^3 سنويا)،[3] لكن الإشكال يتمثل في التوزيع الجغرافي غير المتكافئ لهذه الثروة المائية والذي ينقص كلما اتجهنا جنوبا، كما أن مسألة الرمال تمتاز بوفرتها لوجود عدة آليات لكن ما يؤثر على فعاليتها هو ظروف نقلها على مسافات بعيدة بواسطة شبكة السكك الحديدية، ومسألة مردودية هذه الشبكات على أفق 10 إلى 20 سنة هي مدة استغلال حقول الغاز الصخري.

9.قوة الآداة الصناعية الأمريكية: تمتلك صناعة الحفر الأمريكية لوحدها حوالي 60 %من طاقات الحفر العالمية: فعلى سبيل المثال، استطاعت خلال سنة 2012 فقط إتمام إنجاز 45500 عملية حفر للغاز أو البترول الصخري أو التقليدي، ووضع حيز الخدمة لـ 28300 بئر، في مقابل إنجاز 3925 عملية حفر لسائر دول العالم، وفي نفس السنة تمكنت أمريكا من امتلاك قدرات الحفر الأفقي والعمودي وهذا ما توضحه عدد المنصات (430 منصة في أمريكا اللاتينية، 300 في الشرق الأوسط، 200 في آسيا، 120 في أوروبا وحوالي100 في إفريقيا) .

[1] US .EIA, Technically Recoverable Shale Oil and Shale Gas Resources: Algeria, p 03.
[2] Guillaume Charon, Gaz de schiste : la nouvelle donne énergétique, enjeux techniques, économiques, écologiques et géostratégiques, Techniques, Paris, 2014,p 254.255.
[3] عشاشي محمد، مرجع سابق.

نلاحظ من خلال هذه العوامل أنها كلها ساهمت في تهيئة الولايات المتحدة الأمريكية لنجاح التجربة، كارتفاع أسعار النفط في بداية الألفية الثالثة، والتقدم في مجال التكنولوجيا، والملكية الخاصة لحقوق المعادن الجوفية، ورسوخ صناعة الخدمات والبنى التحتية، ووفرة المياه، والضرائب التنافسية، والبيئة المواتية للاستثمار، وهذه العوامل قل ما نجدها في سائر دول العالم بما يسمح من تكرار نجاح التجربة بنفس الفعالية وهذا ما سوف نتطرق إليه في المبحث الثالث من هذا الفصل من خلال تجربة كندا الصين والأرجنتين وفرنسا، والجزائر في الفصل الرابع

المطلب الثلث: كفاءة الغاز الصخري وأثره على القطاعات الاقتصادية الأخرى

لقد أدت الزيادة في انتاج الغاز الصخري الى انخفاض في أسعار الموارد الطاقوية خاصة الغاز الطبيعي والنفط الخام، لذا يتوجب التطرق إلى كفاءة الغاز الصخري مقارنة بالغاز الطبيعي والنفط الخام، وأثر تطور قطاع الغاز الصخري على القطاعات الاقتصادية

أولا: كفاءة الغاز الصخري مقارنة بالغاز الطبيعي والنفط الخام

لقد أثبت استغلال الغاز الصخري أنه مربح منذ عام 2007، لكن الزيادة في الإنتاج وعمليات الحفر الجديدة تؤدي الى انخفاض الأسعار، من جهة وقت الاسترداد (للتنقيب عن الغاز الصخري) قصير نسبيا، لذلك تواصل شركات الطاقة الكبيرة الاستكشاف لأن أدنى زيادة في سعر الغاز ستجعل الحقول مربحة للغاية، لذلك من الضروري فهم القضايا المحيطة بالهيدروكربونات الصخرية، ولمحاولة قياس التأثير الاقتصادي لاستغلالها، ستكون ربحية العملية مقارنة بأنواع الوقود المستخرجة الأخرى المنخفضة، و تم حساب مؤشر عائد الطاقة على الاستثمار للهيدروكربونات الصخرية، واتضح أنه على الأقل ثلاث مرات أقل من النفط المكرر وما يقرب من خمسة عشر مرة أقل من طاقة الرياح. علاوة على ذلك، فإن الشيء المهم للحكم على ربحية الحقل ليس حجم الغاز أو عمق صخور المصدر ولكن قدرته على تلبية الطلب (أي سهولة الحفر وخصائص الاستخراج والبنية التحتية للنقل والمعالجة) قدر الإمكان، إن تقييم ربحية البئر، والعوامل الخارجية الاقتصادية مثل تكاليف التلوث، وسعر تحديث محطات معالجة مياه الصرف الصحي حتى تتمكن من معالجة النفايات، أو سعر تراجع المياه المستخدمة في الاستخراج قليلة لا تؤخذ في الاعتبار، يمكن القول أن سعر برميل النفط الخام يجب أن يساوي عشرة أضعاف سعر مليون وحدة حرارية بريطانية من الغاز الطبيعي، ولان النفط والغاز لهما تكاليف مختلفة للإنتاج والنقل والمعالجة والتخزين، تعتمد قيمة الغاز الصخري على السائل أكثر من الغاز، لذا حسب المعطيات السابقة و الوقوف عند محطات تطور الغاز الصخري في السنوات الماضية تبلورت جملة من نتائج أهمها ما يلي:[1]

- يحتوي الغاز الصخري في الواقع على نسبة كبيرة جدا من السائل(وهي تكمن في قيمته).
- لا يمكن أن يكون سعر استخراج الغاز الطبيعي على المدى الطويل مربحا، حيث ترتبط أسعار النفط الخام وأسعار الغاز الطبيعي مع الغاز الصخري السائل (NGL)، لأن الأخير غالبا ما يكون منخفضا
- مع ارتفاع أسعار النفط الخام بشكل أسرع من أسعار الغاز الطبيعي، استمرت أنشطة الاستكشاف والتطوير في التنقيب عن السوائل بدلا من الغاز.

[1] BRAHIMI Meriem, BENLAIB Boubakeur,op cit, P 269- 284

- بسبب ثراء الغاز الصخري السائل، يعاني سوق سوائل الغاز الطبيعي من فائض الإنتاج مع انخفاض الأسعار مؤخرا
- أدى انخفاض أسعار النفط والغاز بسبب الانكماش الاقتصادي الناجم عن جائحة Covid-19 إلى التخلي عن ثلاثة ملايين بئر حفر للغاز الصخري في الولايات المتحدة

ثانيا: أثر تطور قطاع الغاز الصخري على القطاعات الاقتصادية الأخرى

في عام 2016، كان أكبر قطاعين مستهلكين للغاز الطبيعي في الولايات المتحدة هما توليد الكهرباء والتطبيقات الصناعية، حيث استحوذا على 40% و 31% من الاستخدامات النهائية، على التوالي خلال الفترة (2000-2016)، كان إنتاج الكهرباء قطاعا ديناميكيا بشكل خاص، حيث تضاعف الاستهلاك تقريبا (+92%)، من 5,206 مليار قدم مكعب في عام 2000 إلى ما يقرب من 9,984 مليار قدم مكعب في عام 2016، ويرجع ذلك إلى حد كبير إلى اعتماد لوائح تشجع على استخدام المزيد من الطاقات المحايدة للكربون، جنبا إلى جنب مع زيادة توافر الغاز الطبيعي الأرخص بسبب تطوير قطاع الغاز الصخري، وفي 22 أكتوبر 2017 ذكرت إدارة معلومات الطاقة أن الغاز الطبيعي وفر حوالي 34% من جميع توليد الكهرباء للمرافق في الولايات المتحدة في عام 2016.[1]

وفيما يتعلق بالتطبيقات الصناعية، كان الاتجاه مختلفا بعض الشيء، مع انخفاض الاستهلاك خلال الفترة (2000-2009)، حيث انخفض بنسبة 24% من 8.142 مليار قدم مكعب في عام 2000 إلى 6.176 مليار قدم مكعب في عام 2009، ويرجع ذلك إلى الزيادة الكبيرة في الأسعار خلال هذه الفترة، وأعقب ذلك فترة من النمو الكبير بنفس القدر في الطلب (+25%) بين عامي 2009 و 2016، حيث بلغ 7,722 مليار قدم مكعب في عام 2016، استجابة لكميات كبيرة من الغاز الطبيعي الرخيص الذي يجري تسويقه في التطبيقات الصناعية، يستخدم الغاز الطبيعي بشكل رئيسي للكهرباء والتدفئة وانعكس الانخفاض في أسعار الغاز الطبيعي الذي بدأ في عام 2008 في الولايات المتحدة في الأسعار التي تدفعها الصناعات، وكذلك الأسر المعيشية، بدرجة أقل، وكانت الحالة مختلفة في أوروبا، مما أدى إلى فوارق كبيرة في الأسعار بين المنطقتين، على سبيل المثال ارتفعت الأقساط التي تدفعها الصناعة في أوروبا على الغاز الطبيعي مقارنة بالولايات المتحدة من 13% في عام 2008 إلى 168% في عام 2016.

ومن المرجح أن يكون لانخفاض أسعار الغاز الطبيعي أثر إيجابي على القدرة التنافسية للصناعات كثيفة الاستخدام للطاقة في الولايات المتحدة (البتروكيماويات والصلب والأسمدة) من خلال انخفاض الأسعار المدفوعة لكل من المدخلات (أي الإيثان) والطاقة المحروقة، كذلك فيما يخص تأثير قطاع الغاز الصخري المصدر على العمالة ومتغيرات الاقتصاد الكلي، أن صناعة النفط والغاز شهدت زيادة كبيرة في صافي التوظيف في السنوات الأخيرة، مع 80.000 وظيفة بين عامي 2004 و 2014، ومع ذلك فإن التوظيف في صناعة استخراج الغاز متقلب جغرافيا، لقد اختفت 28000 وظيفة بين يناير 2015 وأغسطس 2016.

[1] CNUCED, Gaz de schiste, op cite, P 27.

المطلب الرابع: طبيعة التنافس بين الغاز الطبيعي التقليدي والصخري في الأسواق العالمية

هناك تحولات كبرى تجري في العالم ولعل ميدان الطاقة واحدا منها، تبعا لاشتداد المنافسة بين الفاعلين الدوليين من جهة، وبين مصادر مكونات مزيج الطاقة العالمي، لا سيما بعدما استطاعت التكنولوجيات الأميركية من تخفيض تكلفة الإنتاج في الغاز الصخري، ولهذا تحولت بفضله الولايات المتحدة إلى أكبر منتج للنفط والغاز الصخري في العالم، وفيما يخص الغاز الطبيعي الذي تتوجه الأنظار إليه، لكي يكون بديلا للنفط في ظل التحول العالمي نحو مزيج طاقوي أكثر صداقة مع البيئة، بات يواجه منافسة شديدة من نظيره الصخري، على الرغم من الاختلافات الواضحة في التكاليف.

أولا: طبيعة المنافسة وتطورها بين الغاز الطبيعي التقليدي والصخري من حيث الإنتاج

إن استخدام التكنلوجيا المتطورة هي أحد المصادر المهمة للنمو في الإقتصاد الأمريكي، وهو ما سهل التقدم في مجال إنتاج الغاز الصخري ، فضلا عن المستويات المرتفعة من أسعار النفط العالمية وهو ما أدى من تحسن في اقتصاديات مشاريع تطوير إنتاج الغاز من المصادر غير التقليدية، حيث شهد زيادة كبيرة، بإضافته زيادة بنسبة 10 % إلى مجموع إنتاج الولايات المتحدة الأمريكية بين عامي (2007-2010)، ولم يمثل الغاز الصخري سوى ما نسبته 1% من إمدادات الغاز الطبيعي في الولايات المتحدة الأمريكية عام 2000، إلا أنه بلغ في عام 2012 نحو 20% ومن المرجح فانه بحلول عام 2035 يمكن أن يصل الانتاج إلى 50%، كما شهدت أسواق الغاز العالمية اشتداد التنافس بين منتجي الغاز الطبيعي (التقليدي والصخري)، إذ يتوقع زيادة مساهمة الغاز غير التقليدي من إجمالي إنتاج الغاز الطبيعي في العالم من 18 %عام 2013 إلى 32% عام 2040، ويتوقع أن يزداد إنتاج الغاز الصخري في العالم من حوالي 610 مليار متر مكعب إلى 941 مليار متر مكعب خلال الأعوام (2013-2040)، وأن الولايات المتحدة الأمريكية تحتل المرتبة الأولى في إنتاج الغاز الصخري إذ يتوقع أن يرتفع الإنتاج من 50%عام 2015 إلى 70%عام 2040، وتبرز الصين كدولة مهمة في صناعة الغاز غير التقليدي والتي يتوقع أن تتجاوز كندا لتحتل المرتبة الثانية في إنتاج الغاز الصخري عام 2040 وأن الأرجنتين والمكسيك سوف تشهد زيادة في إنتاج الغاز الصخري بعد عام 2025، كما تشير التوقعات إلى دخول المملكة العربية السعودية والهند صناعة الغاز الصخري بعد عام 2025[1]

ثانيا: طبيعة المنافسة وتطورها بين الغاز الطبيعي التقليدي والصخري من حيث التكلفة

لقد أدى الارتفاع الكبير في الإنتاج إلى انخفاض سعر الغاز الطبيعي في الولايات المتحدة الأمريكية، إلى مستويات لم يشهدها منذ أن تم تحرير سوق الغاز الطبيعي بشكل تام في منتصف التسعينيات، كما أن انخفاض أسعار الغاز الطبيعي محليا شجع على تصدير الغاز الطبيعي المسال، بخاصة أن التطور المستمر لتقنات الاستخراج خفضت تكلفة تطور الغاز إلى ما بين (4- 6) دولارات أمريكية لكل مليون وحدة حرارية بريطانية، والذي يقارن إيجابيا مع أسعار الغاز في أسواق أوروبا وآسيا.[2]

---

[1] عبد العلي كاظم المعموري، **" طبيعة التنافس بين الغاز الطبيعي التقليدي والصخري في الاسواق العالمية"**، مجلة كلية الادارة والاقتصاد للدراسات الاقتصادية والإدارية والمالية، المجلد 13، العدد 3، 2021، ص 258.

[2] مرجع سابق.

إن الغاز الصخري لديه خصوصية تختلف عن الغاز التقليدي والتي تتعلق بالإنتاجية، وهذا الاختلاف يكمن في تفاوت في إنتاجيه أبار الغاز الصخري التي تؤثر تأثيرا مباشرا في اقتصاديات هذا المورد، أي إنتاج آبار الغاز الصخري يميل إلى الانخفاض بشكل كبير في العامين أو الأعوام الثلاثة الأولى، وبعد ذلك تصبح معدلات التراجع طفيفة، وهذا يعني أن معدل الإنتاج الأولي يؤثر بقوه في اقتصاد نقطه التعادل إلى أن تكلفه حفر الآبار داخل للبئر، كما يمكن أن يكون للبئر ذات الأداء المرتفع نقطة تعادل جذابة، وأن البئر ذات الإنتاجية المنخفضة قد تقود إلى أداء اقتصادي ضعيف جدا.

وبذلك يمتلك الغاز الطبيعي الأمريكي قدرة المنافسة مع الإمدادات الواردة من روسيا إلى أوروبا، بسبب انخفاض أسعار الغاز الأمريكي، إذ أن أسعار الولايات المتحدة الأمريكية هي أقل بكثير من تلك التي تدفع من المستوردين الأوروبيين للغاز الطبيعي المسال، كما يحرص المشترون الأسيويون على شراء الغاز الطبيعي المسال الأمريكي، إذ يتم ربطه بمؤشر (هنري هوب)* الذي يتم تداوله بخصم كبير بالمقارنة مع الغاز الذي يباع في آسيا، إذ ترتبط أسعار الغاز بأسعار النفط.

ثالثا: طبيعة المنافسة وتطورها بين الغاز الطبيعي التقليدي والصخري من حيث الاحتياطيات

حسب ما تشير اليه احتياطات الدول من الغاز الصخري أنه توجد قاعدة كبيرة من الموارد التي تدعم النمو في أسواق الطاقة مستقبلا وصولا إلى سنة 2040 وحتى بعدها، والجدول الآتي يبين مقارنة الاحتياطات من الغاز الطبيعي التقليدي مع الاحتياطات للغاز الصخري لعشرة دول مرتبة حسب كمية الاحتياطات، حسب إدارة معلومات الطاقة الأمريكية عام 2013.

جدول رقم (09): احتياطيات الدول من الغاز الطبيعي التقليدي والغاز الصخري

الدولة	احتياطي الغاز الطبيعي التقليدي	الرتبة	الدولة	احتياطي الغاز الصخري	الرتبة

* هو الموقع المركزي لتسعير العقود الآجلة للغاز الطبيعي في بورصة نيويورك التجارية (نيمكس)، المستخدمة في أمريكا الشمالية منذ عام 1990.

	(مليار متر مكعب)			(تريليون قدم مكعب)	
روسيا	50.279	1	الصين	115	1
ايران	33.988	2	الأرجنتين	802	2
قطر	23.831	3	الجزائر	707	3
الولايات المتحدة	14.254	4	الولايات المتحدة	665	4
تركمانستان	12.177	5	كندا	573	5
السعودية	9.423	6	المكسيك	543	6
الامارات	6.091	7	استراليا	437	7
نيجيريا	5.761	8	جنوب افريقيا	390	8
فنزويلا	5.674	9	روسيا	285	9
الجزائر	4504	10	البرازيل	245	10

Source:

- (OPEC), Annual Statistical Bulletin, Organization of the petroleum Exporting Countries, 2020, P.22.
- EIA, Technically Recoverable Shale Oil and Shale Gas Resources: An Assessment of 137 Shale Formations in 41 Countries Outside the United States, June, 2013, p.10

يمكن ملاحظة أن روسيا تمتلك أكبر احتياطي للغاز الطبيعي في العالم، وتعد أكبر منتج للغاز الطبيعي، تقدر الاحتياطيات المؤكدة لروسيا حوالي 50.279 مليار $م^3$ لعام 2019، تملك إيران ثاني أكبر احتياطي في العالم، وتقدر احتياطاتها بنحو 33.988 مليار $م^3$، وهو ما يمثل نسبة 16.482 %من مجموع الاحتياطي العالمي، وتحتل قطر المرتبة الثالثة من حيث الاحتياطي العالمي، بمجموع يقدر بنحو23.831 مليار $م^3$، وبنسبة 11.55%من مجموع الاحتياطي العالمي، أما بالنسبة لاحتياطيات الغاز الصخري القابلة للاستخراج من الناحية الفنية، تحتل الصين المرتبة الأولى من حيث الاحتياطي بنحو 1.115 تريليون قدم مكعب، كما وتعد كل من الأرجنتين، الجزائر الولايات المتحدة، كندا، من بين أعلى 10 بلدان في موارد الغاز الصخري القابلة للاستخراج، وهناك العديد من الدول التي تم اكتشاف مخزونات ضخمة من الغاز الصخري فيها مثل فرنسا، بولندا، البرازيل وجنوب أفريقيا، وهي دول تعد مستوردة للغاز الطبعي، وسبب صعوبة عمليات استخراج الغاز الصخري في هذه الدول، لكونها أكثر تكلفة وأشد تلويثا للبيئة من الوقود الأحفوري التقليدي

المبحث الثالث: دراسة بعض التجارب الدولية في استكشاف وإستغلال الغاز الصخري

تشير الكثير من الدراسات إلى تعاظم الطلب على الطاقة في الأمد المتوسط والطويل خاصة على الغاز الطبيعي بمصدريه التقليدي وغير التقليدي (الغاز الصخري)، وأن مصادر الطاقات المتجددة (كالطاقة الشمسية وطاقة الرياح والمياه) لن تغطي احتياجات الطلب العالمي للطاقة مستقبلا، وأمام هذه الحقائق، ولتكريس أهداف المسطرة على رأسها الاكتفاء والاستقلال الطاقوي، شرعت بعض الدول في مباشرة استغلال هذا المصدر الجديد من الطاقة الأحفورية غير التقليدية، لذا سنحاول في هذا المبحث تسليط الضوء على بعض الدول المنتجة للغاز الصخري مثل: كندا، الصين، الأرجنتين، نظرا للنتائج المحققة والبيئة المشجعة، وفي المقابل ابراز موقف دولة فرنسا لاستغلال الغاز الصخري، واستخدامها كنموذج من دول الاتحاد الأوروبي، و التي لديها رغبة كبيرة في التخلص من التبعية الطاقوية، لكن استغلال هذا المورد واجه رفض جماهيري كبير تجاوب معه المستوى الرسمي لبعض الدول وتم إيقافه

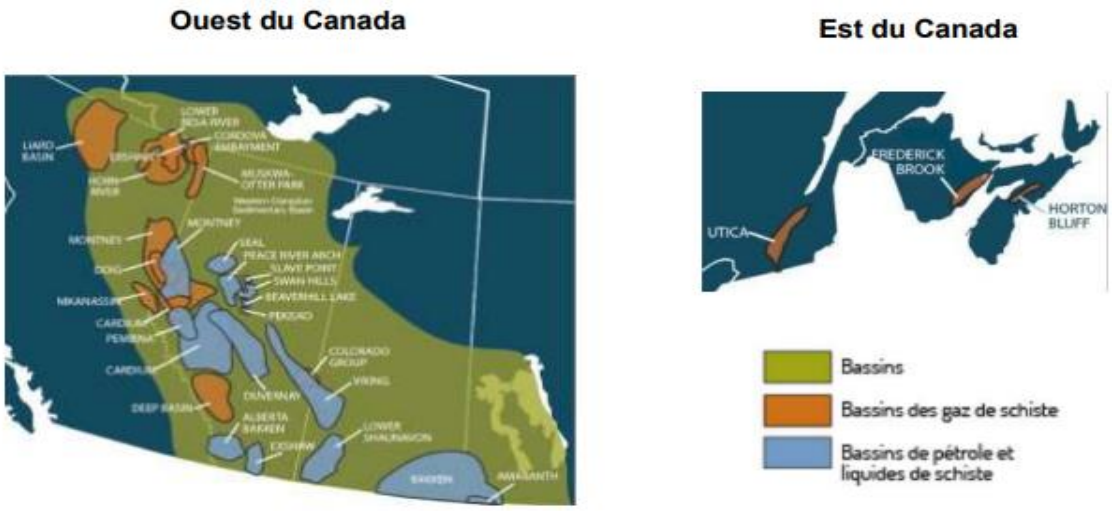
المطلب الأول: تجربة كندا في استغلال الغاز الصخري

تحتل كند المرتبة الخامسة من حيث حجم الاحتياطات بعد الصين والارجنتين والجزائر والولايات المتحدة الأمريكية، والمرتبة الثانية من حيث الكميات المنتجة للغاز الصخري بعد الولايات المتحدة الامريكية، ويعتقد أن هناك احتياطيات كبيرة في كيبيك ونيو برونزويك ونوفا سكوشا وأماكن أخرى في كندا، وتشير الكثير من الدراسات أنه يمكن أن يستمر تطوير موارد الغاز الصخري في كندا لعقد من الزمن

أولا: أماكن تواجد الغاز الصخري في كندا

تقع أحواض الغاز الصخري الرئيسية في ألبرتا، داخل تكوينات (Montney) و (Duvernay) ، وفي كولومبيا البريطانية، في أحواض نهر Horn و Liard ، وتمثل ألبرتا وكولومبيا البريطانية معا نحو 94 %من الغاز الصخري في كندا، لقد سمح تطوير الموارد غير التقليدية لكندا بالحد من استنزاف احتياطياتها من الغاز الطبيعي، والشكل الآتي يوضح مكامن الغاز الصخري في كندا.

خريطة رقم (02): الموارد الصخرية في كندا

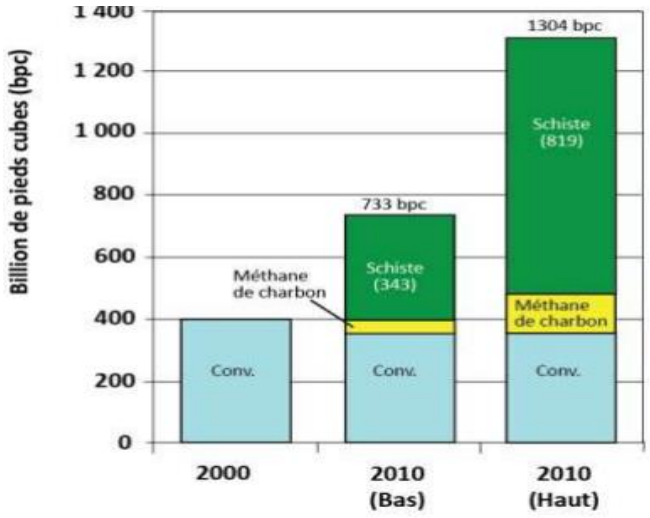


Source :Exploitation responsable du schiste Accroître la base de connaissances sur le pétrole et le gaz de schiste au Canada,p 23,,sur site:
https://naturalresources.canada.ca/sites/nrcan/files/www/pdf/publications/emmc/Shale_Resources_f.pdf?_gl=1*23msh3*_ga*NjU2ODI5ODk1LjE2OTcyNDI4MTk.*_ga_C2N57Y7DX5*MTY5NzI4NTc4NS40LjEuMTY5NzI4NzAwNC4wLjAuMA

تقع موارد الغاز الصخري في كولومبيا البريطانية وألبرتا وساسكاتشوان ومانيتوبا وأونتاريو وكيبيك ونيو برونزويك ونوفا سكوشا. وقد مكن التقدم في تكنولوجيا الحفر (الحفر الأفقي) وتقنيات إكمال الآبار الجديدة (التكسير الهيدروليكي متعدد المراحل) من الإنتاج التجاري للغاز من الصخر الزيتي، وتقدر دراسة حديثة أجرتها هيئة المسح الجيولوجي في ألبرتا أن هناك ما يصل إلى 287.3 مليار برميل من النفط الصخري في التكوينات المذكورة أعلاه. تشير التقديرات إلى أن إنتاج النفط الصخري في كندا قد يتجاوز 500000 برميل يوميا بحلول عام2035.[1]

الشكل رقم (14): تقدير الموارد الصخرية في كندا

[1] Exploitation responsable du schiste Accroître la base de connaissances sur le pétrole et le gaz de schiste au Canada,op cite, p 07,



Source Exploitation responsable du schiste Accroître la base de connaissances sur le pétrole et le gaz de schiste au Canada,p 07,,sur site:
https://naturalresources.canada.ca/sites/nrcan/files/www/pdf/publications/emmc/Shale_Resources_f.pdf?_gl=1*23msh3*_ga*NjU2ODI5ODk1LjE2OTcyNDI4MTk.*_ga_C2N57Y7DX5*MTY5NzI4NTc4NS40LjEuMTY5NzI4NzAwNC4wLjAuMA

الملاحظ من هذا الشكل هو تطور الواضح في تقدير الموارد الصخرية حيث قدرت في سنة 2010 على اقصى تقدير أكثر من 1200 بليون قدم مكعب خلال عقد من الزمن (2000الى 2010)، وهذا يدل على ان كندا تمتلك موردا واعدا اقتصاديا

1.عدد آبار الغاز الصخري

يوضح الجدول الآتي عدد آبار الغاز الصخري الذي تم حفرها حسب المقاطعة حتى عام 2011 ، وهو العام الأخير الذي تتوفر فيه البيانات ، وفي ذلك العام أكملت كولومبيا البريطانية معظم الآبار بـ 1873 بئرا ، تليها ألبرتا ب 190 بئرا و ساسكاتشوان مع 85 بئرا و تليها الآبار الإخرى في كيبيك الجديدة وهي: برونزويك[1](Brunswik) ونوفا سكوشا(nouvelle- écosse) ونيوفاوندلاند (Terre-neuve) ولابرادور (la brador)

جدول رقم (10): عدد آبار الغاز الصخري التي تم حفرها حتى عام 2011 حسب المقاطعات

[1] Penny becklumb, le gaz de schiste au canada-risques environnementaux et réglementation, étude générale, Devision de l economie, des ressource et des affaire internationales, 2015, p 03 sur site : https://publications.gc.ca/site/archiveearchived.html?url=https://publications.gc.ca/collections/collection_2015/bdp-lop/bp/2015-18-fra.pdf

	كلومبيا البريطانيا(أ)	البارتا	ساسكاتشوان	اونتاريو	كباك	برانسويك الجديدة(ب)	اكوس الجديدة
الحفر	1873	190	85(ج)	1 (د)	29	4	05
تمت عملية التكسير	1873	178	42-	-	18	3	3
في قيد الانتاج	1354	114	35	-	-	1	-

Source:Penny becklumb, le gaz de schiste au canada-risques environnementaux et réglementation, étude générale, Devision de l economie, des ressource et des affaire internationales, 2015, p02 sur site : https://publications.gc.ca/site/archiveearchived.html?url=https://publications.gc.ca/collections/collection_2015/bdp-lop/bp/2015-18-fra.pdf

(أ): يجب اعتبار الأرقام الخاصة بكولومبيا البريطانية حدا أدنى لأنها تشمل فقط الآبار في أحواض نهر هون ونهر مونتني.

(ب): بالإضافة إلى الغاز الصخري، تم حفر 46 بئرا تقع في مناطق رملية منخفضة النفاذية وهي قيد الإنتاج حاليا.

(ج): تم حفر حوالي 35 من هذه الآبار للإنتاج المختلط ، أي تم حفر الصخر الزيتي والرمال من حوض مجموعة كولورادو.

(د): تم حفر ثلاثة آبار أخرى لأغراض البحث من طرف الحكومة

ثانيا: اقتصاديات استغلال الغاز الصخري في كندا:

كانت كندا خامس أكبر منتج للغاز الطبيعي في عام 2015، بحوالي 14.4 مليار قدم مكعبة يوميا، أو حوالي 4.2 في المائة من الإنتاج العالمي، مع 89.9 مليون طن من النفط المكافئ، وكانت كندا أيضا ثامن أكبر مستهلك في عام 2016، وهو ما يمثل أقل من 3 %من الإجمالي العالمي، و حصة الوقود الأحفوري في مزيج الطاقة لديها صغيرة نسبيا (63.5 %) مقارنة بمعظم البلدان المتقدمة، تنتج كندا الغاز الطبيعي غير التقليدي من كل من الغاز الصخري والغاز المحكم.[1]

لقد أدى النمو الكبير في إنتاج الغاز الصخري في الولايات المتحدة بين عامي 2007 و 2016 إلى انخفاض تدريجي في وارداتها وكان له تأثير على تلك الواردة من كندا، فقد انخفضت بنسبة 23 في المائة خلال هذه الفترة، وللتعويض عن هذا الانخفاض وسعت كندا صادراتها من الغاز الطبيعي المسال، لدرجة أنه بحلول نهاية جانفي 2017 تم تطوير أكثر من 37 %من قدرة التسييل الإضافية في كندا وخاصة في كولومبيا البريطانية، وهي فرصة لتسخير هذه الميزة التنافسية في أسواق الطاقة العالمية، حيث يمثل الغاز الصخري الآن ما لا يقل عن نصف موارد الغاز الطبيعي القابلة للتسويق في كندا، وتقدر الجمعية الكندية للموارد غير التقليدية أن كندا لديها ما بين 733 و 1،304 تريليون قدم مكعب من الغاز الطبيعي "القابل للتسويق" ، منها 357 نقطة لكل قطعة هي موارد تقليدية أكثر وبين 343 نقطة لكل قطعة (أدنى

[1] Ibid, p 03.

تقدير) و 819 نقطة لكل قطعة (أعلى تقدير) تأتي من موارد الصخر الزيتي، وتمثل التقديرات الحالية للغاز الصخري وحدها ما بين 65 إلى أكثر من 150 عاما من الإمداد بمعدلات الإنتاج الحالية في كندا.*

ثالثا: توقع انتاج الغاز الصخري في كندا الفرص والتحديات

يتوقع مجلس الطاقة الوطني الكندي زيادة كبيرة في إنتاج الغاز الطبيعي من الصخور الأساسية والخزانات الضيقة بحلول عام 2040، ومن المتوقع أن يصل إنتاج الغاز الصخري إلى 417 مليون قدم مكعبة يوميا في عام 2040، مقارنة ب 65 مليون قدم مكعب يوميا في عام 2014. على الرغم من هذه التطورات، من المتوقع أن تبقى حصة الغاز الصخري من إجمالي إنتاج كندا كما هي اليوم.[1]

تتميز كندا بقبول السكان لعمليات استخراج مورد الغاز الطبيعي غير التقليدية، مع انخفاض الكثافة السكنية، وهما عاملان محفزان لنجاح عملية استغلال الغاز الصخري الا ان النمو الكبير في إنتاج الغاز الصخري في الولايات المتحدة خفض من حجم الصادرات الموجهة لها، كما يوضحه الجدول الآتي:

جدول رقم (11): الفرص والتحديات المحتملة لتطوير الغاز الصخري في كندا

الفرص	التحديات
كثافة سكانية منخفضة	انخفاض الصادرات لا سيما إلى الولايات المتحدة
القبول النسبي لعمليات الغاز الطبيعي غير التقليدية من قبل السكان المحليين	الالتزامات المتعهد بها بموجب الاتفاقات الدولية، ولا سيما فيما يتعلق بانبعاثات غازات الدفيئة والاحتباس الحراري العالمي وتغير المناخ

Source : Gaz de schiste, Conférence des Nations Unies sur le commerce et le développement, (CNUCED), N°09, 2018, sur site : https://unctad.org/fr/system/files/official-document/suc2017d10_fr.pdf

رابعا: الآثار البيئية لاستغلال الغاز الصخري في كندا

تتعلق المسائل البيئية المتعلقة باستغلال الغاز الصخري بأهم المخاطر البيئية التي قد تتسبب نتيجة استغلال الغاز الصخري وسنحاول إبراز أهمها من خلال تدهور نوعية المياه الجوفية والمياه السطحية، وخطر زيادة انبعاثات الغازات الدفيئة (بما في ذلك إنبعاثات الميثان الهاربة أثناء الإنتاج وبعده)، واحتمال حدوث زلازل، وتختلف هذه الانشغالات من منطقة إلى أخرى في كندا، حسب استخدام الأراضي والكثافة السكانية والاختلافات الإقليمية.[2]

* يأتي هذا الرقم من تحليل أجرته هيئة المسح الجيولوجي الكندية (2013) باستخدام بيانات من مجلس الحفاظ على موارد الطاقة في ألبرتا ، والجمعية الكندية للموارد غير التقليدية 2010

[1] Penny becklumb, op cite, p 03.

[2] Le Conseil des académies canadiennes, Le savoir au service du public, **Incidences environnementales liées à l'extraction du gaz de schiste au Canada**, sur site : https://www.rapportscac.ca/wpcontent/uploads/2018/10/shalegas_execsummfr.pd

1.الأثر على المياه:

هناك عدة عوامل التي تؤدي الى زيادة مخاطر التسربات والمواد الضارة على المدى المتوسط والطويل التي ستكون أكبر مقارنة بالنفط والغاز التقليديين، وتشمل هذه العوامل:[1]

- يمكن أن تؤثر الإنسكابات السطحية للمواد الكيميائية للتكسير ومياه الصرف الصحي، على المياه الجوفية وموارد المياه السطحية، يرتبط الخطر على المياه الجوفية بالهجرة الصاعدة للغاز الطبيعي والمياه المالحة من غلاف الآبار المتسربة وربما أيضا من الكسور الطبيعية في الصخور والآبار القديمة المهجورة والصدوع القابلة للاختراق، يمكن أن تسمح هذه المسارات بهجرة الغازات وربما السوائل المالحة بمرور الوقت، مما قد يكون له تأثير تراكمي كبير على جودة مياه طبقات المياه الجوفية.
- أكبر تهديد للمياه الجوفية من تسرب الغاز الذي لا توفر أفضل الممارسات الحالية الوقاية منه على المدى الطويل، ويختلف مدى قدرة الاستيعاب الطبيعي التي يمكن أن تحد من آثار تسرب الآبار حسب الموقع بسبب التباين في التركيبات الهيدروجيوكيميائية لطبقات المياه يمكن ان ترتفع ما بين ربع ونصف المياه المستخدمة في معالجة التكسير الهيدروليكي عبر البئر إلى السطح بعد التحفيز، و تكون هذه التدفقات العكسية للسوائل خطيرة لأنها تحتوي عادة على الهيدروكربونات، بما في ذلك كميات متفاوتة من البنزين، والمواد الكيميائية المستخدمة في التكسير الهيدروليكي، والمكونات الخطرة المحتملة المنبعثة من الصخر الزيتي (مثل الملح والمعادن والمكونات المشعة).

من المرجح أن تكون المخاطر الناجمة عن الأنشطة السطحية ضئيلة إذا تم اتباع ممارسات الإدارة الوقائية السليمة، ومع ذلك لا توجد معرفة كافية حول مصير المواد الكيميائية في المياه المتدفقة لفهم الآثار المحتملة على صحة الإنسان أو البيئة، أو لتطوير تدابير العلاج المناسبة.

2.الأثر على الاحتباس الحراري

إذا كان تطوير الغاز الصخري سيقلل بالفعل من انبعاثات غازات الدفيئة وتغير المناخ البطيء، يجب ان يعتمد على عدة متغيرات، بما في ذلك مصادر الطاقة التي سيحل محلها (الفحم والنفط ، على عكس الطاقة النووية والمتجددة)، وحجم انبعاثات الميثان من رؤوس الآبار المتسربة ونظام التوزيع، ويختلف الخبراء حول هذه المسألة أن هناك خطرا من أن الغاز يمكن أن يتغلب على أسعار السوق للبدائل منخفضة الكربون ويعزز احتواء البنية التحتية كثيفة الكربون، من جهة أخرى يرى البعض أن الغاز الصخري يمكن أن يقدم حلا للانتقال إلى مستقبل منخفض الكربون، كما قد تصبح الرواسب التي تنتج غازا يحتوي على نسبة عالية من ثاني أكسيد الكربون، مثل رواسب نهر هورن، مصدرا إضافيا هاما لانبعاثات ثاني أكسيد الكربون إذا لم يتم احتجاز ثاني أكسيد الكربون وتخزينه في طبقات المياه الجوفية المالحة أو استخدامه لتحسين استخراج النفط.[2]

---

[1] Ibid

[2] Cahier d'information : Les marchés de L'énergie, Canada, 2014-2015,p 40, sur site: consulter le05/07/2023. https://naturalresources.canada.ca/sites/www.nrcan.gc.ca/files/energy/files/pdf/2014/140173EnergyMarketFacts_f.pdf

3.الآثار الأخرى على الإقليم

يمثل تطوير الغاز الصخري والحفر المتواصل الذي وصل الى عشرات الآلاف من الآبار في كندا، الذي ينجر عنه آثار محلية ومتفرقة على الإقليم، ولذلك فإن تقييم الآثار البيئية المحتملة لا يمكن أن يركز على بئر أو منصة معينة، كما يجب أن يأخذ في الاعتبار الآثار الإقليمية والتراكمية، كما يتطلب تطوير الغاز الصخري بنية تحتية متطورة تشمل الطرق ومنصات الآبار ومحطات الضغط وحقوق خطوط الأنابيب ومناطق التدريج، وعلى الرغم من استخدام منصات الآبار المتعددة وزيادة طول الآبار الجانبية فهي تعمل على الحد من الآثار البيئية مقارنة بتركيب الآبار الفردية ، في الواقع لا تزال الآثار التراكمية لحفر العديد من الآبار والبنية التحتية اللازمة لتطوير الموارد تشكل عبئا على المجتمعات والنظم الإيكولوجية، ومخاطر إزالة الغابات وتدمير الحياة البرية بالإضافة إلى الآثار السلبية على استخدامات الأراضي الحالية مثل الزراعة والسياحة، لذا من الصعب تقدير هذه الآثار بسبب نقص المعلومات حول موقع ووتيرة ومدى أنشطة تطوير الغاز الصخري في المستقبل.[1]

4.الآثار على صحة الأفراد والمجتمع

تشمل الآثار المحتملة على المجتمعات قضايا الصحة والسلامة المتعلقة بحركة الشاحنات والتدفق المفاجئ للقوى العاملة المهاجرة الكبيرة، واستخدام الأراضي ونوعية المياه والهواء وفقدان الهدوء الريفي، فقد تم الإبلاغ عن الآثار النفسية والاجتماعية على الأفراد والمجتمعات فيما يتعلق بالضغوطات الجسدية مثل الضوضاء، و الإخلال بنوعية حياة ورفاهية الإفراد، وتكتسي هذه العوامل أهمية خاصة عندما يتعلق الأمر بقدرة الشعوب الأصلية على الحفاظ على طريقة حياتها التقليدية.

خامسا: توسيع القاعدة المعرفية لتطوير الغاز الصخري

أجرت الحكومة الكندية أبحاثا مكثفة لتوصيف ورصد آثار تطوير النفط والغاز الصخري على المياه والغلاف الجوي والتربة، وتعزيز قاعدة المعرفة حول الأثار البيئية، وتشمل هذه العملية بيانات أساسية عن خصائص المياه واستهلاكها، والآثار على المياه السطحية والجوفية، وإمكانية حدوث الزلازل المستحثة من التكسير الهيدروليكي، والآثار على نوعية الهواء واستخدام الأراضي، والجدول الآتي يوضح ذلك:

[1] Ibid.

جدول رقم (12): توسيع القاعدة المعرفية لتطوير الغاز الصخري

المياه	يعد تقييم خصائص موارد المياه السطحية والجوفية قبل تطويرها أمرا ضروريا لاتباع نهج قائم على المخاطر لإدارتها وحمايتها، في مرحلة التشغيل تتطلب عملية المراقبة الفعالة مراقبة مستمرة للمياه السطحية والجوفية للتغيرات في جودة المياه.
الزلازل	تحدث الزلازل في جميع مناطق كندا ، ولكن خطر حدوث أضرار من الحركة الأرضية أعلى في بعض المناطق منه في مناطق أخرى،[1] وتمثل تحديا خاصا مرتبطا بأنشطة التكسير الهيدروليكي، ولقد وجدت إحدى الدراسات (لجنة النفط والغاز في كولومبيا البريطانية) أن التكسير الهيدروليكي يمكن أن يحفز الزلازل عن طريق تنشيط الصدوع الموجودة.
جودة الهواء	جمع بيانات خط الأساس وإجراء مراقبة مستمرة لجودة الهواء على المستوى الإقليمي، استنادا إلى الحالة الراهنة للمعرفة، لا يوجد دليل لاستنتاج أن الانبعاثات الناتجة عن التكسير الهيدروليكي متعدد المراحل تختلف اختلافا كبيرا عن تلك الناتجة عن تطوير النفط والغاز التقليدي، ينتج عن تطوير الغاز الصخري انبعاث ملوثات الهواء بنفس طريقة انبعاث الغاز التقليدي ، لكن أحجام الانبعاثات لكل وحدة من الغاز المنتج أعلى بسبب زيادة الجهد، نشرت لجنة النفط والغاز في كولومبيا البريطانية في عام 2016،[2] سلسلة من المبادئ التوجيهية التي تشجع على الحد من إحراق الغاز، وكذلك الإطلاق المباشر في الغلاف الجوي.*
استخدام الأراضي	يتم رصد الآثار التراكمية على استخدام الأراضي في المناطق ذات التنمية العالية للنفط والغاز، ومن غير المتوقع أن يكون لتطوير الغاز الصخري تأثير أكبر على استخدام الأراضي من الأنشطة التقليدية، على الرغم من ارتفاع كثافة الآبار أحد أسباب ذلك هو التقدم في تكنولوجيا الحفر الأفقي، مما يعني أنه يمكن حفر ما يصل إلى 10 آبار أو أكثر وإدخالها في الإنتاج في موقع واحد

Source: Exploration et production des ressources de schiste et de réservoirs étanches, sur site: https://ressources-naturelles.canada.ca/energie/sources-denergie-et-reseau-de-distribution/gaz-naturel/ressources-schiste-reservoirsanches-canada/exploration-et-production-des-ressources-de-schiste-et-de-reservoirs-etanches/17678

سادسا: معوقات تقييم الآثار البيئية لاستغلال الغاز الصخري

1.المحدودية المعرفية

تم تطوير التقنيات المستخدمة في صناعة الغاز الصخري تدريجيا على مدى عدة عقود، وقد أخفى هذا التطور التدريجي الآثار الحقيقية لنشر هذه التكنولوجيات على نطاق واسع، ونتيجة لذلك من الصعب تحديد وتوصيف الآثار البيئية التي

[1] **Ressources naturelles Canada, sur site : https://www.seismescanada.rncan.gc.ca/hazard-alea/simphaz-fr.php**

[2] Cahier d'information op cite, p41.

* تنص هذه القوانين على أن تصريف الغاز ليس بديلا مقبولا لتخزينه أو إحراقه، التفريغ هو الخيار الأقل استحسانا ويجب حرق الغاز الطبيعي، إلا في الحالات الخطيرة للغاية.

يمكن أن ترتبط بهذه الأنشطة الإنمائية مما أدى إلى وجود ثغرات في المعرفة العلمية بهذه الآثار، وقد تستغرق بعض الآثار الصحية والبيئية المحتملة لتطوير الغاز الصخري عقودا حتى تظهر وتشمل:[1]

- تسرب الغاز من الآبار المهجورة، والآثار التراكمية على الأراضي، ويستغرق الأمر وقتا طويلا لوضع استراتيجيات الرصد وجمع وتقييم البيانات والمعلومات المتعلقة بفعالية تدابير التخفيف؛
- صناعة الغاز الصخري حديثة التكوين*
- نقص في المعلومات حول آثار تسرب الغاز الطبيعي الى موارد المياه الجوفية بسبب موانع تسرب الأسمنت غير المناسبة، وأيضا لم تكن هناك أبحاث كافية حول طرق اكتشاف وقياس تسرب غازات الدفيئة إلى الغلاف الجوي؛
- يعد الكشف الكامل عن المواد الكيميائية المستخدمة والتركيب الكيميائي للمياه المتدفقة إجراء ضروريا، ولكنه غير كاف في تقييم المخاطر البيئية المرتبطة بالحفر والتكسير؛
- كما يثير تطوير الغاز الصخري تساؤلات حول الآثار الاجتماعية خاصة في شرق كندا (المناطق الريفية وشبه الريفية المأهولة) التي يعتمد سكانها على آبار المياه الخاصة.

2.أساليب الرصد

وفقا لنتائج الرصد الذي تم إجراؤه ، فإن تسرب الغاز إلى طبقات المياه الجوفية وفي الغلاف الجوي متكرر بما يكفي لإثارة القلق، وبالنظر إلى الكثافة المستقبلية المحتملة لآبار الغاز، من المتوقع أن يكون لتطوير الغاز الصخري تأثير أكبر على المدى الطويل من النفط والغاز التقليديين، لم يتم بعد تحديد نهج الرصد البيئي بالنظر إلى الحجم المتوقع لأنشطة تطوير الغاز الصخري، وسيتعين تكييف برامج الرصد لتعكس أوجه التقدم في التكنولوجيا كما يجب إشراك سكان المناطق المتضررة (المراقبة وإبداء الملاحظات) فضلا عن أبحاث الخبراء المستقلين.

3.خيار التخفيف

حققت صناعة الغاز الصخري تقدما كبيرا على مدى العقد الماضي في الحد من استخدام المياه من خلال إعادة التدوير، والحد من اضطرابات الأراضي من خلال دمج المزيد من الآبار في كل موقع حفر، وتقليل كمية المواد الكيميائية السامة التي تستخدمها، وتقليل انبعاثات الميثان أثناء اكتمال البئر، ومع ذلك فإن الآثار الأخرى مثل الآثار التراكمية على الأرض، وانبعاثات غازات الدفيئة الهاربة وتلوث المياه الجوفية هي أكثر إشكالية. ويرجع ذلك إلى أن تكنولوجيات التخفيف القائمة غير كافية، وأن المعرفة العلمية غير كاملة، وأن الافتقار إلى المعلومات يعوق تصميم إطار تنظيمي مناسب.

[1] Exploration et production des ressources de schiste et de réservoirs étanches, op cit.

***صناعة الغاز الصخري حديثة**: حوالي عشرين عاما في الولايات المتحدة، ونصف هذا العمر فقط في كندا، وتتعامل مع بعض هذه المعلومات على أنها ملكية (جزئيا لأن التقنيات تتطور بسرعة ولا تزال قيد الاختبار)، وتحافظ على سرية تسويات مطالبات الأضرار، مثل حقيقة أن التشريعات الفيدرالية الأمريكية لا تغطي العديد من الإضافات الكيميائية المستخدمة في التكسير الهيدروليكي (لذلك لم يطلب من الصناعة مراقبة تأثيرها)

سابعا: عوامل تطوير نشاط الغاز الصخري

1. تطوير وتحديث الأطر التنظيمية لأنشطة النفط والغاز:

أسفرت الجهود التي تبذلها المقاطعات والأقاليم لتطوير قطاعات الطاقة بشكل عام، بإجراء مراجعات لموارد الصخر الزيتي أو تحديث أطرها التنظيمية ومن بينها (ألبرتا وأونتاريو وكيبيك ونوفا سكوشا)، يهتم المنظمون الإقليميون والإقليميون بشكل خاص بالقضايا التالية: [1]

- تقييم المخاطر في جميع مراحل التشغيل؛
- الإشراف الدقيق على حماية المياه ؛
- مشاركة الجمهور وأصحاب المصلحة؛
- المراجعة المستمرة للوائح حيث يتم جمع المعلومات العلمية لشرح المخاطر بشكل أفضل وكيفية إدارتها

2.اكتساب فهم أفضل للصخر الزيتي والموارد المائية لتلبية الاحتياجات الاستكشافية والتنظيمية والبيئية

يجري العمل على قدم وساق لتقييم جيولوجيا الموارد الصخرية وفهمها بشكل أفضل من أجل قياس وتوصيف وتحديد إمكانات الموارد لمنطقة أو حوض أو تكوين معين، كما يجري العمل على تقييم مدى توافر المياه والرمال مع بذل جهود خاصة للتحقيق في مصادر المياه المحتملة بمزيد من التفصيل، في سياق استخراج الموارد وبالنظر إلى الكميات الكبيرة من المياه المستخدمة في الحفر متعدد المراحل والتكسير الهيدروليكي، كما تجري هيئة المسح الجيولوجي الكندية (GSC) وأصحاب المصلحة الآخرون أبحاثا لتطوير منهجيات متسقة للمشغلين والمنظمين لتقييم إمكانات الموارد وتقليل مخاطر الإنتاج وتحديد أولويات أهداف الحفر ومعالجة فجوات المعرفة الجيولوجية.[2]

3. الاعتراف بأهمية التثقيف العام والمشاركة والإفصاح العام:

تتمثل في المشاورات العامة حول عمليات التقييم البيئي والتوصيات المقدمة إلى الحكومات بشأن تطوير الصخر الزيتي، حيث تبذل الحكومة جهودا لإشراك أصحاب المصلحة الرئيسيين في المشاورات وتؤكد بشكل عام على أهمية المشاركة الهادفة لأصحاب المصلحة في وقت مبكر من عملية الترخيص التنظيمي.

ويتمثل أحد النهج الأساسية في زيادة التركيز على الكشف العلني عن المعلومات التقنية والعلمية الرئيسية، ولا سيما تكوين سوائل التكسير، لتزويد الجمهور بمعلومات عن المواد الكيميائية المستخدمة في تكسير الآبار، في كندا ، تتطلب المقاطعات التالية مثل هذا الكشف:

- **كولومبيا البريطانية:** اعتبارا من 1 جانفي 2012، تتطلب لجنة النفط والغاز في كولومبيا البريطانية (BCC) الكشف الإلزامي عن سوائل التكسير الهيدروليكي
- **ألبرتا:** تتطلب ألبرتا أيضا الكشف الإلزامي عن سوائل التكسير

[1] Exploitation responsable du schiste Accroître la base de connaissances sur le pétrole et le gaz de schiste au Canada, op cite, p 07.
[2] Cahier d'information op cite.

- **نيو برونزويك:** تم دمج الكشف العام عن المواد المضافة المستخدمة في التكسير الهيدروليكي في القسم من الإدارة البيئية المسؤولة لأنشطة النفط والغاز الطبيعي في نيو برونزويك

في مارس 2011 ، أعلن وزير التنمية المستدامة والبيئة في كيبيك أن لجنة خبراء ستجري تقييما بيئيا استراتيجيا لتطوير الغاز الصخري في المقاطعة،* الهدف منه توثيق الآثار البيئية والاقتصادية والاجتماعية للتطوير المحتمل للغاز الصخري في كيبيك.

كما ان النهج الجديدة المتمثل في الزيادة في تركيز الهياكل الأساسية والأنشطة الإستخراجية في منطقة ما، مع زيادة المخاطر المرتبطة بها وتراكمها، وإدراكا لهذه القضايا توصي ألبرتا، وكلومبيا البريطانيا على سبيل المثال، بالتحول من نهج تنظيمي لكل بئر على حدة إلى نهج أكثر شمولا للنشاط في حقول النفط بشكل عام، واتساقا مع النهج المتبعة في كل منهما، أدركت كولومبيا البريطانية وألبرتا الخصائص المختلفة لموارد الصخر الزيتي مقارنة بالغاز الطبيعي التقليدي، مثل المدى الكبير المعروف لمورد الصخر الزيتي، والذي يسمح بتخطيط إنمائي أفضل، ويبين الجدول أدناه الخصائص المختلفة لموارد الغاز الطبيعي التقليدية وغير التقليدية.

* يتعين على لجنة الخبراء توسيع دائرة المعرفة فيما يتعلق بالآثار البيئية المحتملة لاستكشاف الغاز الصخري واستخراجه وتطويره في كندا، وتدابير التخفيف المرتبطة به، ويعوق تقييم الأثر البيئي من طرف الخبراء على نقص المعلومات عن عدد من القضايا الرئيسية، ولا سيما مشكلة تسرب السوائل من الآبار المتسربة، إذا كان من الممكن إغلاق الآبار، فيجب تقليل المخاطر على المياه الجوفية إلى الحد الأدنى، ولكن لا يعرف سوى القليل عن الحركة والمصير النهائي للمواد الكيميائية للتكسير الهيدروليكي ومياه الصرف الصحي في باطن الأرضن وهناك مجالان يثيران قلقا خاصا لأعضاء فريق الخبراء هما الموارد المائية (بما في ذلك المياه الجوفية) وانبعاثات غازات الدفيئة. في كلتا الحالتين، تلعب سلامة الآبار دورا تتشابه العديد من الإجراءات التشغيلية المتعلقة باستخراج الغاز الصخري مع تلك المتعلقة باستخراج النفط والغاز التقليدي.

جدول رقم (13): الخصائص المختلفة لموارد الغاز الطبيعي التقليدية وغير التقليدية

الخصائص	الموارد التقليدية	الموارد غير التقليدية
امتداد الحقل	صغير وغير منتظم	ممتد ومستمر
تصريف المياه	يسمح البئر العمودي بتصريف وحدة مساحة الغاز الآبار	يمكن لبئر عمودي محدود أن يستنزف أقل من ربع مساحة الوحدة
نوعية الحفر	العمودية التي تسمح بالوصول إلى احتياطيات كافية واستغلالها في كل وحدة مساحة.	الآبار الأفقية اللازمة لاستغلال إمكانات الموارد العالية للمساحات الوحدات
مدة حياة الاحتياطات	من 05 الى 10سنوات	من 20 سنة و أكثر
حجم الحيازة	متنوعة ، اعتمادا على حجم الحقل المستهدف	الحاجة إلى قطع أراضي أكبر بكثير
الوصول	الاحتياجات والمواقع التي يصعب التنبؤ به	القدرة على تخطيط للوصول للموقع المستقبلية
الانشاء	يصعب التنبؤ بالحجم والموقع	النمو والموقع القابل للتعديل
H2S	كميات كبيرة في العديد من المناطق	كميات محدودة أو غير موجودة
تحقيق أهداف التنمية	ضعيف جدا /غير محقق	مرتفع/ مستهدف

Source : Exploitation responsable du schiste Accroître la base de connaissances sur le pétrole et le gaz de schiste au Canada, Conférence des ministres de l'énergie et des mines Yellowknife, Territoires du Nord-Ouest Août 2013, p 31. Sur site: https://naturalresources.canada.ca/sites/nrcan/files/www/pdf/publications/emmc/Shale _Resource f.pdf?_gl=1*23msh3*_ga*NjU2ODI5ODk1LjE2OTcyNDI4MTk.*_ga_C2N57Y7DX5*MTY5NzI4NTc4NS40LjEuMTY5NzI4NzAwNC4wLjAuMA..

المطلب الثاني: تجربة الأرجنتين في استغلال الغاز الصخري:

تعد الأرجنتين أحد أكبر الطاقات العالمية من الغاز الصخري فحسبAIE، فهي تحتوي على احتياطات هائلة حيث تحتل المرتبة الثالثة بعد كند والولايات المتحدة، من حيث حجم الاحتياطات، لقد بدأ استغلالها من عام 2011، وهي لا تزال تسعى إلى تطوير مواردها من الهيدروكربونات الى غاية يومنا هذا، فهي لا تحتوي على طاقة كهربائية مهمة لذلك تلجأ إلى الطاقة الأحفورية لتلبية احتياجاته من إنتاج الكهرباء بنسبة 68,6% عام 2011 مقارنة مع26,6% من الطاقات المتجددة، ومن بين أهم الشركات الغازية الناشطة في الأرجنتين نذكر شركة YPF وشركة TOTAL، وبالرغم من المعارضة الشعبية لعملية إستخراج الغاز الصخري وإستعمال تقنية التكسير الهيدروليكي، إلا أن شركة YPE كانت قد أعلنت نيتها في تسريع عملية الإنتاج حسب النموذج الأمريكي.

أولا: مكامن الغاز الصخري في الأرجنتين

يعود تاريخها صناعة الغاز الصخري إلى خمسينيات القرن العشرين، وفقا لإدارة معلومات الطاقة، تمتلك الأرجنتين ثاني أكبر موارد الغاز الصخري في العالم، مما يجعلها خلف الصين، و حوالي 30% أكثر من الولايات المتحدة.

تقع موارد الغاز الصخري في الأرجنتين بشكل رئيسي في حوض نيوكوين في الجزء الأوسط الغربي من البلاد. يحتوي على ثلاثة أرباع موارد البلاد، لا سيما في تشكيلات فاكا مويرتا ولوس موليس. ومنذ عام 2009، تركزت معظم الأنشطة في هذين المجالين. كما يمكن أن تمتلك الأحواض الأخرى موارد، مثل حوض ماجلان (16%)، وحوض سان خورخي (11%)، وحوض تشاكوبارانينسي (0.3 %). ومع ذلك، لم يحدث سوى القليل من النشاط في هذه المجالات حتى الآن.[1]

للأرجنتين تكوينات صخريه كبيرة وغنيه بالنفط والغاز ربما تكون أكثر المناطق المأمولة خارج أمريكا الشمالية خاصة في حوض نيكوين، وينظر البعض المراقبين الى حقل فاكا مويرتا باعتباره ثاني اكبر حقا للغاز الصخري القابل للاستخراج في العالم وتقدر ادارة معلومات الطاقة الامريكية حجم موارد الغاز القابلة للاستخراج اقتصاديا في الأرجنتين بنحو 802 تريليون قدم مكعب(بالإضافه الى 27 مليار برميل من النفط الحجري)، و يبدو ان استخراج الغاز من تكوينات الصخرية في الأرجنتين اكثر سهوله من تلك الموجوده في الصين وهي تقع في منطقة من البلد قد استخرج منها النفط بدرجه عاليه من النجاح، ورغم المخاوف من المخاطر السياسية الناجمة عن نزاعها مع حملة سنداتها السيادية، الا ان بعض الشركات تبدو متحمسة لمحاولة اجراء استكشافات كبيرة للنفط والغاز وتطوير مرافق انتاجه في حقل فاكامويرتا الصخري ولذلك فان الأرجنتين ربما تستطيع تطوير نشاط صناعي كبير في مجال الغاز الصخري خلال السنوات القليلة القادمة ربما تكون في زمن أسرع مما يتصور الان، وستحدد نتائج المرتقبة للابار التجريبية ما اذا كانت الأرجنتين ستنتج كذلك كمية كبيرة من النفط الصخري.[2]

ثانيا:اقتصاديات الغاز الصخري في الأرجنتين

يعد الغاز الطبيعي مكونا أساسيا في مزيج الطاقة في الأرجنتين، حيث يغطي حوالي 50 %من احتياجاتها. وهي تستخدم أساسا في توليد الكهرباء (33 %) والصناعة (28 %) وكذلك للاستهلاك المنزلي (24%) والنقل (7 %). ونتيجة لنمو الإنتاج أقوى من الاستهلاك، سجلت الأرجنتين فائضا في الإنتاج بين عامي 1999 و2007، ومع ذلك منذ عام 2007 تدهور الوضع تدريجيا، ويرجع ذلك أساسا إلى قرارات السياسة، والتي كان لها تأثير كبير على الإنتاج، من خلال إدخال سقوف التعريفة الجمركية في السوق المحلية، وزيادة الضرائب،

وفقا للشركة الأرجنتينية Yacimientos Petrolíferos Fiscales SA، فإن الميزة المهمة لتشكيل Vaca Muerta ستكون بعدها عن المراكز الحضرية، ولكن هذا يمكن أن يثبت أيضا أنه عقبة كبيرة من حيث نقل المعدات في الموقع، فضلا عن الكميات الكبيرة من المياه اللازمة لعمليات التكسير الهيدروليكي، من بين أمور أخرى.

[1] Ibid
[2] CNUCED, Gaz de schiste, op cite, p28.

وبالإضافة إلى ذلك، فإن تطوير خدمات الدعم المكرسة خصيصا لهذا النوع من النشاط، وهو جديد نسبيا في البلد، سيشمل استيراد معدات الحفر من الولايات المتحدة؛ الأمر الذي قد يكون صعبا ومكلفا في النهاية، من ناحية أخرى تأخر تطوير هذا القطاع لعدة سنوات بسبب بيئة الأعمال التي يعتبرها المستثمرون الأجانب غير مواتية، ومع ذلك يبدو أن الحالة آخذة في التغير، نتيجة للحوافز المالية التي أدخلتها الحكومة لتحفيز الاستثمار،

جدول رقم(14): الفرص والتحديات المحتملة لتطوير الغاز الصخري في الأرجنتين

	الفرص	التحديات
جيولوجيا	مستوى الكربون العضوي الكلي (TOC) أعلى والتكوين أكثر سمكا، في منطقة فاكامويرتا مقارنة بمنطقة إيجل فورد في الولايات المتحدة	إنتاجية منخفضة وتكاليف إنتاج عالية (1.5 مرة أعلى من متوسط التكلفة في إيجل فورد) عدد محدود من منصات الحفر وغيرها من المعدات المحددة
الدعم السياسي	يتلقى القطاع دعما سياسيا لخفض فاتورة استيراد الغاز الطبيعي وتقليل الاعتماد وتعويض نضوب الاحتياطيات التقليدية	الآثار غير المتوقعة الناتجة عن تغيرات الأسعار بعد عام 2022. وستكون هناك حاجة إلى سياسات حوافز أطول أجلا، بما في ذلك دعم الاستثمار
السكان	انخفاض الكثافة السكانية في مناطق الإنتاج واعتياد السكان على الأنشطة المتعلقة بالهيدروكربونات	الإيرادات الناتجة عن الاستخراج تذهب إلى الدولة. المخاوف بشأن استخدام الموادالكيميائية في عمليات التكسير الهيدروليكي يمكن أن تكون عقبة
التجربة الماضية	تقليديا منطقة إنتاج النفط والغاز التقليدية مع القائين الرئيسيين كما أنها زادت من وجودها في أنشطة الغاز الصخري.	خدمات الدعم لأنشطة الغاز الصخري غير موجودة القائمين الأساسيين يتمتعون بقوة تفاوضية كبيرة. الشركات الصغيرة والمتوسطة الحجم شبه معدومة
البنية التحتية	بنية تحتية جيدة وخاصة الطرق ، مكيفة للاحتياجات الحالية	قد تكون هناك حاجة إلى تحسينات بعد عام 2020 لنقل كميات إضافية من الغاز الطبيعي إلى السوق
الموارد المائية	موارد المياه السطحية الكبيرة المتاحة في مقاطعة نيوكوين	المسافات المتغيرة بين الموارد المائية ومناطق الإنتاج والتي يمكن أن تولد تكاليف نقل متغيرة
ظروف العمل	لوائح العمل المنقحة في عام 2017 ، مما يخلق المزيد من المرونة	ارتفاع تكاليف العمالة مقارنة بالدول المنتجة المحتملة الأخرى العمالة الماهرة غير الكافية

Source: CNUCED, Gaz de schiste, Conférence des Nations Unies sur le commerce et le développement, N°09, 2018, sur site : https://unctad.org/fr/system/files/official-document/suc2017d10_fr.pdf

في سنة 2017 تم وضع إطار عمل جديد خاص بأنشطة الغاز الصخري، نتيجة لهذه القرارات، تم الإعلان عن العديد من الاستثمارات المهمة في نفس السنة، خاصة في منطقة فاكا مويرتا حيث أشارت إلى أنها ستستثمر 1.15 مليار دولار، بالإضافة إلى ذلك في مارس 2017، أعلنت شركة (Tecpetrol)، وهي شركة أرجنتينية، عن خطط لاستثمار 2.3 مليار دولار بحلول عام 2019 في منطقة Fortín de Piedra في Vaca Muerta في الأرجنتين، مع حفر ثلاث آبار النفط والغاز الصخري في عام 2015، وصل العدد إلى ما مجموعه 673، مما يضمن إنتاج الغاز الصخري 64.6 مليار قدم مكعب (حوالي 5 % من الإنتاج الوطني)، كما هو الحال في كندا، يأتي معظم إنتاج الغاز الطبيعي غير التقليدي في الأرجنتين من مكامن ضيقة، مع 170.9 مليار قدم مكعب في عام 2015، من المتوقع أن يستمر إنتاج الغاز الصخري ويصل الى حوالي ثلثي الإنتاج المحلي في عام 2030 وثلاثة أرباعه في عام 2040. وهذا يمكن أن يساعد في الحد من واردات الغاز الطبيعي في السنوات المقبلة، وإذا ثبت أن إنتاج الغاز الطبيعي كاف لتلبية الطلب المحلي، تقوم بالبدء في تصدير فائضها،

المطلب الثالث: تجربة الصين مع استغلال الغاز الصخري

يعتقد ان الصين تستحوذ على اكبر موارد الغاز الصخري في العالم يفوق ما لدى الولايات المتحدة، وحسب ادارة المعلومات الطاقة الأمريكية تمتلك الصين أكبر مخزون من موارد الغاز الصخري في العالم مع 1,115.2 تريليون قدم مكعب، أو حوالي 15 %من الإجمالي العالمي وستكون مواردها أكبر من موارد الولايات المتحدة وأستراليا مجتمعتين.

أولا: أماكن تواجد الغاز الصخري في الصين:

من بين الأحواض السبعة التي تحتوي على موارد الغاز الصخري، وهي (جيانغهان وجونغار وسيتشوان وسونغلياو وسوبي وتاريم ويانتزي)، فإن الأحواض الرئيسية التي تحتوي على حوالي ثلاثة أرباع الموارد الوطنية ستكون سيتشوان أولا، بنسبة 56 % ولا سيما المنطقة الجنوبية الغربية من الحوض ومنطقة تاريم، بنسبة 20%. تم حفر أول بئر للغاز الصخري في عام 2010. وعلى الرغم من انخفاض الإنتاج في البداية، فقد ارتفع إلى حوالي 0.5 مليار قدم مكعبة يوميا بحلول نهاية عام 2015، أو أقل بقليل من 5 % من إنتاج الغاز الطبيعي المحلي.

منذ عام 2003، بدأت الاحتياطيات للغاز الصخري في الزيادة، حيث تجاوزت بسرعة 60 تريليون قدم مكعب في عام 2006، ثم 100 تريليون قدم مكعب في عام 2009، و170 تريليون قدم مكعب في عام 2015، وأخيرا وصلت إلى 190 تريليون قدم مكعب في عام 2016.[1]

ثانيا: إنتاج الغاز الصخري

يتم استغلال الغاز الصخري في الصين بشكل حصري تقريبا من قبل شركات النفط والغاز الوطنية، وهي PetroChina وSinopec وNational Offshore Oil Corporation China، يتم تخصيص مناطق

[1] CNUCED, Gaz de schiste, Conférence des Nations Unies sur le commerce et le développement , op-cite.

الاستكشاف من خلال مناقصات تنظم تحت رعاية وزارة إدارة الأراضي والموارد، الشركات الأجنبية ليست مدعوة للمشاركة مباشرة فيها. ومع ذلك، يتم تشجيعهم بشدة على إقامة مشاريع مشتركة من أجل تطوير رواسب الغاز الصخري في البلاد.

من المتوقع أن يستمر الطلب على الغاز الطبيعي في الصين في النمو، مدفوعا بمزيج من النمو السكاني والتنمية الاقتصادية واستراتيجيات التخفيف من تغير المناخ، مما يؤدي إلى الاستبدال التدريجي للفحم بمصادر طاقة أنظف (مثل الكهرباء والغاز الطبيعي) والحد من تلوث الهواء وانبعاثات $2CO$ على وجه الخصوص. تشجع الخطة الخماسية الثالثة عشرة (2016-2020) على الاستبدال التدريجي للفحم بالغاز الطبيعي في توليد الكهرباء، وتدعو الخطة إلى وصول الغاز الطبيعي إلى 10 % من مزيج الطاقة في الصين بحلول عام 2020 و15 % بحلول عام 2030، ولتحقيق هذا الهدف تتمثل استراتيجية الحكومة طويلة الأجل في تشجيع إنتاج الغاز الصخري المحلي ليصل إلى 30 مليار متر مكعب في عام 2020، و80 مليار متر مكعب في عام 2030، ومع ذلك من غير المرجح أن تعوض هذه التطورات النمو في الطلب المحلي، وبالتالي من المرجح أن تستمر الصين في الاستيراد في المستقبل، لذا وقعت شركة البترول الوطنية الصينية وشركة غازبروم (الاتحاد الروسي) اتفاقا تجاريا مدته 30 عاما في 21 مايو 2014 لتسليم 1.34 تريليون قدم مكعب سنويا من الغاز الطبيعي عبر خط أنابيب من الاتحاد الروسي،وفقا للاتفاقية التكميلية الموقعة في 4 يوليو 2017، التي بدأت في ديسمبر 2019.

جدول رقم (15): الفرص والتحديات المحتملة لتطوير الغاز الصخري في الصين

	الفرص	**التحديات**
جيولوجيا	استثمارات كبيرة في مجال الاستكشاف حوالي 1.3 مليار دولار في عام 2016 تكاليف الحفر والإكمال تتناقص بسرعة	- نقص المعرفة بالجيولوجيا المحلية بسبب بطء تطور النشاط - يجب مراقبة الزلازل المحلية خاصة في (مثل سيتشوان) - مستوى الكربون العضوي الكلي أقل منه في معظم المستودعات في الأرجنتين والولايات المتحدة. - نسبة عالية من ($H2S$) في بعض المناطق. - تقع تكوينات الغاز الصخري أعمق من معظم الرواسب في الولايات المتحدة.* - متوسط تكلفة الحفر والإكمال أعلى بنسبة (80-100) في المائة في حوض سيتشوان منه في الولايات المتحدة

* تشير الدراسات التي قام بها دونغ واخرون سنة 2016 ، إلى أن 65 في المائة من رواسب الغاز الصخري في الصين تقع على أعماق تزيد عن 3500 متر، مما يعني تطوير معدات محددة وتكييف تقنيات الاستكشاف والإنتاج.

الدعم السياسي	**- إعطاء الأولوية لتطوير الغاز الصخري (حوافز، الإعانات):**	**معظم خطوط أنابيب الغاز مملوكة ومدارة من قبل شركة واحدة (شركة البترول الوطنية الصينية) يعني منافسة قليلة؛**
السكان	المخاوف بشأن القضايا البيئية وتلوث الفحم يمكن أن تكون رصيدا لتطوير موارد الغاز الصخري	- كثافة سكانية عالية في بعض المناطق (سيتشوان). - رد فعل شعبي غير متوقع على تطورات الغاز الصخري (الاحتجاجات)
التجربة السابقة	بعض الأنشطة المتعلقة بإنتاج الهيدروكربونات غير التقليدية الموجودة بالفعل (غاز قاع الفحم)، يمكن للمشاريع المشتركة مع الشركات الأجنبية والاستحواذ على أصول الغاز الصخري في الولايات المتحدة، والاستفادة من التقنيات*	- حقوق التعدين مملوكة إلى حد كبير من قبل الشركات المحلية، وعندما تتداخل هذه الحقوق مع الودائع غير التقليدية المحتملة، تعطى الشركات الوطنية الأولوية لتنميتها، فإن حوالي 80 في المائة من أفضل المساحات مملوكة بالفعل لأربع شركات محلية: سينوبك ، وشركة البترول الوطنية الصينية ، وشركة الصين الوطنية للنفط البحري ويان تشانغ بتروليوم.
البنية التحتية	- الاستثمارات في تطوير شبكة خطوط أنابيب الغاز ومن المتوقع أن يصل هذا إلى 123,000 كم بحلول عام 2025. - تتمتع شركات النفط الوطنية بقاعدة رأسمالية قوية	- تقع تكوينات الغاز الصخري في سيتشوان بشكل رئيسي في منطقة جبلية يصعب الوصول إليها. بنية تحتية متخلفة. - نقص خدمات الدعم - التخزين المحدود: 1.8 في المائة من إجمالي الاستهلاك مقارنة بالمتوسط العالمي البالغ 12 في المائة.
الموارد المائية	- يختلف توافر الموارد المائية حسب المنطقة	- نقص في الموارد المائية في بعض المناطق، وقد تكون متطلبات المياه للتكسير الهيدروليكي في منافسة مباشرة مع الأنشطة الأخرى (الزراعة والمياه للاستهلاك البشري) - ينبغي رصد مسألة إدارة المياه المتدفقة بعناية - التحكم في تكوين السوائل المستخدمة في التكسير الهيدروليكي
شروط العمل	قوة العمل وفيرة	يجب تطوير مهارات محددة

Source:CNUCED, Gaz de schiste, Conférence des Nations Unies sur le commerce et le développement , op-cite.

تمتلك الصين من الاحتياطي نصيبا يفوق معظم الدول، و إطارا يدعم تطور تقنية استخراج الغاز الصخري، إلا أن المشكلات التقنية مثل شح المياه، وعمق مكامن الغاز، والقرب من المناطق الريفية، والافتقار إلى المهارات التقنية تجعل استخراجه مكلفا جدا وتمنع أي تطور في القطاع بسهولة

* في سنة 2010 استحوذت شركة الصين الوطنية للنفط البحري على ثلث شركة تشيسابيك للطاقة ، وهي شركة رائدة في هذا المجال أن تمنح الصين إمكانية الوصول إلى تقنيات محددة، فضلا عن المعرفة.

المطلب الرابع: تجارب دول أخرى من الاتحاد الأوروبي

على غرار الأهمية التي تكتسيها دراسة التجربة الأمريكية حول الغاز الصخري بالنظر إلى ريادتها عالميا ونجاحها في تحقيق الأهداف المسطرة لها، فإن دراسة دول الاتحاد الأوروبي لها أهمية خاصة تبعا للتجاذبات حول الخيارات الاقتصادية والمجتمعية للرهانات التي تكتنفها بعض الدول الأوروبية، وفي هذا المطلب سوف نتطرق الى تجربة بولونيا وتجربة فرنسا في التعاطي مع ملف الغاز الصخري

أولا: تجربة بولونيا مع الغاز الصخري:

إعتبرت بولونيا إستغلال الغاز الصخري أحد أولوياتها الوطنية، واتجهت الحكومة البولونية إلى اتخاذ هذا القرار لضمان استقلالها الطاقوي، ولتخفيض وارداتها من الغاز التي تمثل حوالي 6%% من استهلاكها للغاز، وبالنظر إلى الموارد المتوفرة والمحتملة في هذا البلد فإن انتاج الغاز الصخري يمكن أن يصل إلى 12 غالون متر مكعب عام 2025 ، وهو ما يمكنه من توفير 510,000 منصب عمل، ورفع الدخل القومي الوطني PIB إلى 0,8 % مابين عامي 2019 و2025، كما أن الحصيلة الضريبية على استغلال الغاز الصخري قد تصل إلى 21 مليار أورو في الفترة الممتدة ما بين 2012-2025، كما أن خفض إنبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون CO2 يشكل ثاني أولويات البلد بفضل تعويض الفحم الغاز الطبيعي[1].

ثانيا: التجربة الفرنسية في مجال الغاز الصخري

ان فرنسا تسعى لتحقيق الاستقلال الطاقوي وخفض التكاليف الطاقة كباقي الدول الصناعية المتقدمة، حيث تغطي فرنسا 98 %من حاجياتها من المحروقات عبر الاستيراد، مما يشكل جانبا كبيرا من عجزها التجاري المقدر بـ71 مليار أورو في نفس العام 2011، هذه المبالغ الكبيرة تشكل عبئا ثقيلا على توازنات الخزينة الفرنسية، مما يدفعها إلى البحث عن بدائل أخرى، التي تتمثل في إمكانية استغلال المحروقات غير التقليدية وعلى رأسها الغاز الصخري.

1.إمكانيات فرنسا من الغاز الصخري

تشير التقديرات إلى وجود حوالي 2380 مليار $م^3$ من الغاز الصخري في الباطن الفرنسي، بما يكفي لتزويد فرنسا بالطاقة خلال فترة 2010-2060 ، بينما قدرت وكالة معلومات الطاقة الأمريكية سنة 2013 هذه الاحتياطات بـ 3900 مليار $م^3$، بالإضافة إلى 4.7 مليار برميل من البترول الصخري، بل هناك من قدرها بـ 5000 مليار $م^3$ بما يعادل 100 سنة من الاستهلاك لكن دراسة حكومية صادرة في أفريل 2011 تشير إلى تقديرات غير مؤكدة عن وجود 100 مليون $م^3$ من الزيت الصخري في حوض باريس و 500 مليار $م^3$ من الغاز الصخري في جنوب فرنسا.

[1] Stefan Lechtenböhmer, **Incidences de l'extraction de gaz de schiste et de pétrole de schistes bitumineux sur l'environnement et la santé humaine**, op-cit.

2.بداية الاهتمام بالغاز الصخري في فرنسا وردود الافعال :

بعد الزخم الذي عرفه استغلال الغاز الصخري في الولايات المتحدة الامريكية منذ سنتي 2004-2005 واطلاع شركة Total الفرنسية على ذلك من خلال فروعها في أمريكا، بادرت خلال موسم 2009-2010 إلى طلب رخصة لاستكشاف واستغلال الغاز الصخري في الجنوب الشرقي لفرنسا، وقد تبعها في ذلك ثلاثة شركات بترولية الامريكية، وقد حصلت هذه الشركات على ثلاث رخص لاستكشاف الغاز الصخري في مناطق من الجنوب الشرقي مثل(Drôme، Ardèche ، Aveyron) سنة 2010، لكن سرعان ما عارض المجتمع المدني اجراءات منح التراخيص وكللت جهودهم بإصدار قانون في جويلية 2011 يمنع استكشاف واستغلال الغاز الصخري بإصدار قانون في2010

3.موقف القانون الفرنسي من استكشاف واستغلال الغاز الصخري

بتاريخ 13 جويلية 2011 ،أصدر البرلمان الفرنسي القانون رقم 2011-835 حول منع استغلال واستكشاف الغاز والزيت الصخري بواسطة تقنية التكسير الهيدروليكي، وقد عرف هذا القانون تحت اسم "قانون جاكوب" [*]نسبة إلى مقترحه(Christian Jacob) رئيس الكتلة البرلمانية لحزب "الاتحاد من أجل الحركة الشعبية الحاكم في فرنسا، حيث منع هذا القانون في مادته الأولى استعمال تقنية التكسير الهيدروليكي في عمليات الاستكشاف والاستغلال على كامل التراب الفرنسي، كما نصت مواد أخرى على توقيع عقوبات تتراوح بين الغرامة والسجن على المخالفين

وقد سبق اصدار "قانون جاكوب" مجموعة من الاجارءات التي اتخذتها حكومة الفرنسية منذ بداية عام 2011 خوفا من التصعيد (الذي كانت تهدد به الجمعيات المناهضة للمشروع)وهي:[1]

- أعلنت الحكومة عن "موراطوار (Moratoire) [*]، يقضي بتجميد منح المزيد من الرخص؛
- في فيفري 2011 تم تكوين لجنة مشتركة بين كل من المجلس العام للصناعة والطاقة والتكنولوجيات (CGIET) والمجلس العام للبيئة والتنمية المستدامة (CGEDD) وتكليفها بإنجاز مهمة مشتركة لتقصي حقائق حول محروقات "الصخرة الأم" والفصل "بكل موضوعية" في ملف الغاز الصخري

لكن دون انتظار نتائج عمل هذه اللجنة، أعلنت الحكومة وسط شهر أفريل 2011 عن إلغاء التراخيص الثلاثة التي تم منحها في مارس 2010، وقد أثار هذا الإجراء غضب المجموعات البترولية ومطالبتها بالتعويض، ورغم كون فرنسا أول دولة تمنع استعمال التكسير الهيدروليكي في استكشاف واستغلال المحروقات عبر قانونها الصادر في 13 جويلية 2011، الا أن ذلك لم يمنع من استمرار الجدل حول الغاز الصخري بين أنصاره ومعارضيه قبل هذا التاريخ وبعده إلى غاية اليوم،

---

[*] تم التصويت على هذا القانون بأغلبية 176 صوت مع (نواب اليمين)، في مقابل 151 صوت ضد (نواب اليسار أساسا) لانتقادهم اكتفاء النص بمنع تقنية التكسير الهيدروليكي كطريقة للاستغلال فقط؛ بما يفتح المجال لاحقا لاستعمال هذه التقنية في نشاطات أخرى (كإجراء بحوث علمية) أو استغلال الغاز الصخري وفق تقنيات أخرى، لذلك يعتبر إصدار "قانون جاكوب" انتصار جزئيا لمعارضي الغاز الصخري، وبموجب هذا النص وجهت الو ازرة المكلفة بالإيكولوجيا رسائل إلى الشركات التي لديها تراخيص استكشاف عن المحروقات لتكييف نشاطاتها مع القانون بعد أقل من شهر عن اصداره.

[1] محمد عشاشي، مرجع سابق، ص 423.

[*]موراطوار: Moratoire هو مصطلح قانوني يعني وقف مؤقت لنشاط معين أو تأجيل البث في إجراء ما.

والسبب في ذلك يعود إلى انقسام المجتمع المدني والسياسي حول هذا الموضوع بين مؤيد ومعارض، والجدول الاتي يبين اهم حجج كلا الطرفين ويتمثل في:

جدول رقم (16): حجج أنصار ومعارضي الغاز الصخري في فرنسا

حجج أنصار الغاز الصخري	حجج معارضي الغاز الصخري
تتضمن الفئات الآتية:الشركات البترولية، وسائل الإعلام ، مكاتب دراسات، وبعض رجالات الفكر والسياسة ، بما يشكل لوبيات وجماعات ضغط فعالة	**تتضمن الفئات الآتية**:علماء، وجمعيات إيكولوجية وأحزاب تهتم بالبيئة، بالإضافة إلى كثير من المواطنين المناصرين لقضايا البيئة
• وفرة هذا النوع من المحروقات غير التقليدية يطيل من عمر استغلال الطاقات الأحفورية 150 سنة بدلا من 65 سنة) عبر مناطق العالم • الحاجة إلى تحقيق الاستقلال الطاقوي • التاثير على الدخل والتوظيف المباشر وغير المباشر. • التكلفة الكبيرة لواردات الطاقة (61.4 مليار أورو) بما يشكل 88 %من عجز الميزان التجاري الفرنسي • هاجس البحث عن مصادر بديلة للطاقة، وتغير النظرة للطاقة النووية كبديل* خاصة بعد الحادث النووي المهول بفوكوشيما اليابانية مارس 2011 • ضعف المخاطر بالنسبة لإستغلال البترول الصخري في منطقة France de Ile ، تدني خطر النشاط الزلزالي في هذه المناطق، بالإضافة إلى وجود حوائل بين خزانات المياه الشروب وطبقات المحروقات	• ضعف المعارف حول آثار الاستغلال، (النسب الدقيقة لتسربات الميثان والتلوثات الحقيقية لموارد المياه الشروب، ومآل الآبار على المدى البعيد) • قرب منشآت الاستغلال من الأماكن السكنية؛ • مشكلة هدر كميات كبيرة من المياه وإضرار ذلك بالنشاطات الأخرى وعلى أرسها الفلاحة والسياحة؛ • أضرار على قيمة الاراضي وراحة السكان (الضجيج، تلوث الماء والهواء، الاضرار بشبكة الطرقات بسبب حركة الشاحنات) • قانون المناجم الفرنسي يقتصر سيادة مالك قطعة الأرض على سطحها دون باطنها (نزع الملكية عند اكتشاف والاستغلال) • يرى الاقتصادي الفرنسي(Porcher Thomas) بأن عدم استغلال الغاز الصخري جد مفيد لفرنسا من الناحية الاقتصادية، لانه لن يهدر بل يبقى تحت الارض وقيمته سترتفع وتقنيات استخراجه ستتحسن مستقبلا، والتوجه نحو الاعتماد على الطاقات المتجددة، لتقليل انبعاثات الغازات الدفيئة

المصدر: من اعاد الباحثة اعتمادا على:

Stefan Lechtenböhmer, **Incidences de l'extraction de gaz de schiste et de pétrole de schistes bitumineux sur l'environnement et la santé humaine**, direction générale des politiques internes département thématique a: politiques économiques et scientifiques,2011, p 43. Sur site : http://www.europarl.europa.eu/activities/committees/studies.do?language=FR

هناك فئات أخرى من المجتمع الفرنسي متحفظة بخصوص استغلال الغاز الصخري هم (منتخبون محليون، و رجال سياسة وخبراء)، هذا الاتجاه أساسا موافق على فكرة منع استغلاه في الوقت الحالي، بسبب تقنية الحفر لمستعملة (التكسير الهيدروليكي) ذات المخاطر الكبيرة، إلا أنه يرى بأن هذه المسألة يجب تأخذ بعين الاعتبار عدة عوامل منها:

* معظم الكهرباء مولدة عن طريق الطاقة النووية في فرنسا

- جل النقاشات تدور حول البصمة البيئية لإسغلال الغاز الصخري دون التطرق إلى الجانب الاقتصادية؛
- التأكد من أهمية مخزونات هذا المورد (عبر إجراء جرد كمي وجغرافي لاحتياطاته) وبشفافية تامة
- ضرورة الحصول على "معطيات ميدانية" متأتية من أعمال البحث والاستكشاف

ثانيا: نتائج التجربة الفرنسية في التعامل مع ملف الغاز الصخري:

من خلال دراسة ملف استكشاف واستغلال الغاز الصخري في فرنسا، أمكن لنا استخلاص جملة من الملاحظات حول كيفية تفاعل مجتمع واعي ومتقدم، بمستوياته الرسمية والشعبية مع القضايا المجتمعية الكبيرة المصنفة ضمن نطاق المصالح العليا للأمة، وذلك من خلال ما يلي:[1]

- **على مستوى النصوص القانونية:** قانون المناجم لعام 1956 لا يتماشى وميثاق البيئة لعام 2005، ولا يتوافق مع التشريعات الدولية حول البيئة والطاقة، لكونه لا يميز بين مراحل الاستكشاف والاستغلال، ولا يأخذ بعين الاعتبار مبدأ الحيطة، لذا ظهرت الحاجة إلى تغييره؛
- **تفاعل المستوى الرسمي مع المطالب الشعبية** :كاستجابة لضغط الشارع تم إلغاء الرخص الممنوحة، مرورا بإنشاء لجان إدارية مشتركة لدراسة الملف من كل الجوانب، وصولا إلى استصدار قانونا يمنع بموجبه كل عمليات استكشاف أو استغلال للغاز الصخري فوق التراب الفرنسي.
- **دور ممثلو الشعب (المنتخبون):** إن المنتخبون الفرنسيون لعبوا دورا كبيرا على مستوى مجالسهم في إثارة أو مناقشة أو تأطير ملف المحروقات غير التقليدية وعلى أرسها الغاز الصخري، بما من شأنه تعميق الرؤية حول هذا الموضوع وكذا الدفاع عن المصلحة العامة ومصالح منتخبيهم، وقد ظهر ذلك على مستوى البرلمان الفرنسي بغرفتيه من جهة، وعلى مستوى المجالس المنتخبة المحلية بصورة أكثر فعالية من جهة ثانية.
- **مساهمة المجتمع المدني في ملف الغاز والبترول الصخري:** لعبت الجمعيات الفرنسية والايكولوجية* منها خاصة، دورا كبيرا في توعية المواطنين حول مخاطر استكشاف واستغلال الغاز والبترول الصخري على فرنسا وعلى غيرها من الدول، وفي حشد التأييد لحركتها الاحتجاجية، كما ساهمت في الضغط على أصحاب القرار(الجماعات المحلية، البرلمان، الاتحاد الأوروبي) من أجل تأطير هذا الملف والكشف عن أبعاده وآثاره المختلفة الى غاية إصدار "قانون جاكوب" وصولا إلى منعه كنشاط مضر بالبيئة والسكان.

ثالثا: موقف شركات القطاع الخاص (الشركات البترولية والغازية):

- لجأت الشركات الغازية والبترولية في دفاعها عن مصالحها بعد صدور قانون جاكوب لمنع استغلال الغاز الصخري، إلى وسائل نذكر منها:

[1] محدد عشاشي، مرجع سابق، ص 425.

* التأثير الكبير لهذه الجمعيات الإيكولوجية من خلال الدعم الذي تحظى به من قبل هيئات كبرى مثل المكتب الأوربي للبيئة أو من الفدراليات مثل "جمعية صحة بيئة، ووجود متخصصين وباحثين وأحيانا علماء ضمن أطقمها، واتخاذها مواقف ضد الإضرار بالمصالح العامة حتى وان اضطرت للوقوف في مواجهة السلطات السياسية و قوى السوق من شركات عملاقة ومصالح أرباب الأعمال، وتكتلات مالية وتجارية كبيرة.

- التأثير على صنع القرار فيما يخص مجالات اهتمامها، على سبيل المثال الهيئة العلمية التابعة للمفوضية الأوروبية والتي تسمى "الشبكة العلمية والتقنية الأوروبية لاستخراج المحروقات غير التقليدية"، والتي طالبت بعض المنظمات غير الحكومية الأوروبية بحلها نظرا لكونها جماعة ضغط للتأثير على الإستراتيجية الطاقوية الأوروبية أكثر من كونها هيئة للتشاور والتفكير حول الغاز الصخري
- الدعاية والعلاقات العامة: عن طريق التفاعل مع فئات معينة مثل النواب البرلمانيون والمستشارين الوزاريين عبر توجيه خطابات لهم أو حضور اجتماعات غير رسمية
- محاولة التأثير على الرأي العام: بغرض تغيير أري الجمهور المعارض للغاز الصخري من خلال انشاء مركز للمحروقات غير التقليدية (CHNC)، بغرض تقديم معلومات علمية ذات جودة وتغيير الذهنيات الموجودة وإسماع صوت شركات الغاز والنفط الصخري

ورغم كل هذه المجهودات الكبيرة لتغيير الأوضاع لصالحها، إلا أن هذه الشركات أقرت بأنها طالما لم تستطع تجاوز مسألة المخاطر، فلن تستطيع دفع الناس نحو الموافقة على الفرص المتاحة، لكنها تضع لنفسها تقديرا بإمكانية تغيير الموقف والمشهد في حدود عشرية من الزمن.

رابعا: توجهات الاتحاد الأوروبي في استغلال الغاز الصخري

بعد نجاح ثورة الغاز الصخري في الو م أ، حفز ذلك الدول الأوربية الأعضاء بالإتحاد الأوربي إلى ضرورة إستكشاف القدرات الداخلية لإنتاج الغاز الصخري، لكن يستلزم ذلك مجموعة من الشروط النظرية والعملية لأجل توفيرها لصانع القرار الأوربيين ويمكن توضيحها مقارنة مع الولايات المتحدة الأمركية في هذا الجدول:

جدول رقم (17): اوجه المقارنة بين الو م أ و دول الاتحاد الأوروبي لاستغلال الغاز الصخري

	الولايات المتحدة الأمريكية	أوروبا
من الناحية الجيولوجة Geology	مساحات إلاستخراج المستكشفة هي مساحات واسعة وضحلة مما يمكن من سهولة عملية التكسير و الحفر	مساحات أصغر حجما واقل عمقا مما يجعل عملية التكسير أكثر صعوبة أثناء الاستخراج، ومحدودية البيانات المتوفرة عن الاستكشاف
من الناحية نقل الغاز	يحق للمالك في إمتياز النقل المشترك ببعض الخطوط الأنابيب الموجودة؛	لابد من بناء خطوط نقل الأنابيب خاصة بهم
من ناحية الملكية	تجعل الغاز الصخري ملك لملاك الأرض وخلق حوافز مالية لأصحابها	الملكية تعود إلى الدولة في حال اكتشاف الغاز الصخري في أرض المالك
من الناحية الصناعية	سيطرة شركات صغيرة على المشاريع الأمريكية، توفر 191 حفارة لسنة 2008	سيطرة الشركات الكبرى النفطية على سوق الطاقة من مثل بولندا حيث يعتبر الغاز 34 منصة حفر فقط وتكلفتها ب3 أضعاف
من ناحية بيئة الاستثمار	أعطى قانو ن الطاقة 50%من الإعفاءات الضريبية، مما أسهم في الحد من التكلفة بنسبة 70%	لا توجد إلاعفاءات المالية لانتاج للغاز الصخري، بريطانيا فقط قامت بتخفيض الضرائب، بنسبة كبيرة من (30% الى62%)[1]
من ناحية المستوى البحثي والتقني	بدأت في سنة 1982 بتمويل معهد تكنولوجيا الغاز حول تحمل نفاذية المواد الهيدروكربونية المنخفضة	لم تظهر المفوضية الأوربية أي استعداد للاستثمار في الغاز الصخري، بحجة ينبغي تركه للسوق[2]
من الناحية القانونية	• يستثني قانون الطاقة لعام 2005 صراحة التكسير الهيدروليكي من قانون المياه النظيفة ووكالة البيئة بما يسمى Cheney.Loophole Halliburton	قرار في 2012 يخص صناعة الغاز والنفط و مراعاة الجوانب البيئية والسلامة وتقييم الآثر النهائي البيئي لعمليات استخراج البيئي حماية لأمن إمدادات المياه الجوفية الأوربية في سنة 2014.[3]

المصدر: من اعداد الباحثة اعتمادا على:

– طالب حسن الحيالي، مرجع سابق. ص 07.

- Paul Stevens, The Shale Gas Revolution: Developments and Changes, Energy, Environment and Resources, August 2012،Sur.site:http://www.chathamhouse.org/sites/files/chathamhouse/public/Research/Energy%2C%20Environment%20and%20Development/bp0812_stevens.pdf

- GregorErbach, "Shale gas and EU energy security", European Parliamentary Research Service,briefing ,December 2014

[1] طالب حسن الحيالي، مرجع سابق، ص 07.

[2] Paul Stevens, The Shale Gas Revolution: Developments and Changes, Energy, Environment and Resources, August 2012،Sur.site:http://www.chathamhouse.org/sites/files/chathamhouse/public/Research/Energy%2C%20Environment%20and%20Development/bp0812_stevens.pdf consulter le 10/11/2023.

[3] GregorErbach, "Shale gas and EU energy security", European Parliamentary Research Service,briefing ,December 2014.

ما يمكن استنتاجه أنه توجد جملة من القيود والصرامة القانونية لدول الاتحاد الأوروبي، حيث تشكل متغيرات القدرات التكنولوجية والقيود على البيئية، كاستخدام المياه مع المواد الكيميائية، وقيود الحصول على الأراضي، واحتجاجات أنصار البيئة والتحذيرات الخاصة بالإنبعاثات الغازية الضارة الناجمة عن إنتاج الغاز الصخري، من أبرز الصعوبات التي تعرقل التطوير الأوروبي للغاز الصخري، وكما تطرقنا الى تجربة فرنسا ليس من ضمن خططها في السنوات القادمة استغلال الغاز الصخري رغم قدراتها التمويلية، اما باقي الدول الاوروبية كألمانيا وسوبسرا فإن المخاوف البيئية ما زالت تشكل هاجسا لدى متخذي القرار لديها.

والملاحظ أن عملية استغلال الغاز الصخري في الولايات المتحدة الأمريكية تتم بوتيرة سريعة وقد تحولت الى مصدر للغاز بفضل التطور السريع الذي شاهدته عملية الإنتاج في السنوات القليلة الماضية، ومن المتوقع أن تكون الرائدة عالميا في إنتاج الغاز الصخري على المدى الطويل.

خلاصة الفصل:

من خلال ما تقدم في هذا الفصل تم الاستنتاج مايلي:

- لقد مكن التطور السريع والمتعاظم لإنتاج الغاز الصخري في أمريكا من إحداث ما يشبه الثورة في صناعة الغاز الطبيعي بل وفي منظومة الطاقة الأمريكية ككل في أقل من عشرية من الزمن (2005-2015) حيث كانت له آثار إيجابية كبيرة على الإقتصاد الأمريكي عبر تخفيض واردات الغاز وحلول الغاز الصخري المنتج محليا بدلها؛
- يعود سبب نجاح تجربة الغاز الصخري في الولايات المتحدة إلى العديد من العوامل التي قد لا تتوفر في دول أخرى أهمها: العوامل الجيولوجية، والاعفاءات الضريبية، وتوافر الصناعات الخدمية النشطة، والمهارات الفنية للعمالة المدربة، لذا تبقى الشكوك قوية حول إمكانية استنساخ مثل هذه الظروف خارج الولايات المتحدة، لاسيما في دول أوروبا التي لا تتمتع بإعفاءات ضريبية، كما أن صناعة الخدمات المتعلقة بالحفر الأفقي والتكسير الهيدروليكي فيها تعتبر متأخرة مقارنة بتلك الموجودة في الولايات المتحدة، كما أن هناك معارضة شعبية لأعمال التنقيب عن النفط و الغاز الصخري في الدول الأوروبية وذلك بسبب الأضرار البيئية المرافقة؛
- تكمن مخاطر استغلال الغاز الصخري بالدرجة الاولى في مخاطر "**استخدام تقنية التكسير الهيدروليكي**" وتشمل: اضطراب الضوضاء الناجم عن تعدد الآبار اللازمة لأنشطة الاستخراج، وتلوث الهواء الناجم عن إطلاق غاز الميثان (الإنبعاثات الهاربة)، والاهتزازات الناجمة عن تكسير الصخور، ومسألة تلوث المياه نتيجة الاستخدام المكثف للمياه لأغراض الإنتاج، وتلوث المياه الجوفية عن طريق حقن المواد الكيميائية، إذ تعتبر هذه الأخيرة عائقا كبيرا أمام تطوير هذه الموارد في عدة دول.

الفصل الرابع: الغاز الصخري في الجزائر و إمكانية تكرار التجربة الأمريكية

المبحث الأول: واقع استغلال الغاز الصخري في الجزائر

المبحث الثاني: تقييم كفاءة استغلال الغاز الصخري في الجزائر

المبحث الثالث: تقييم الآثار البيئية لاستغلال الغاز الصخري والخيارات الطاقوية البديلة في الجزائر

تمهيد:

إن نجاح التجربة الأمريكية في استغلالها للغاز الصخري شجعت الكثير من الدول في التوجه الى تنويع مصادرها الطاقوية لاستغلال هذا المورد الطاقوي البديل، وعلى رأسها الجزائر التي تمتلك احتياطات معتبرة من الغاز الصخري أكبر من الولايات المتحدة الأمريكية، كما أن الثروة الغازية في الجزائر تعتبر أحد مقومات الاستقرار الاقتصادي داخليا وخارجيا، بفضل خصائصها التقنية (قلة تلويث البيئة، مقارنة بالنفط)، والاقتصادية (توليد الكهرباء)، الا ان هذا التوجه اصطدم بتحديات اهمها الأضرار البيئية المرتبطة باستغلال الغاز الصخري (نتيجة لعملية التكسير الهيدروليكي)، والمواقف المعادية لاستغلال هذا المورد من طرف المجتمع المدني، لذا سيتم معالجة تجربة الجزائر من خلال ثلاثة مباحث تتمثل فيما يلي:

المبحث الأول: واقع استغلال الغاز الصخري في الجزائر

المبحث الثاني: تقييم كفاءة استغلال الغاز الصخري في الجزائر

المبحث الثالث: الانعكاسات البيئية والاقتصادية لاستغلال الغاز الصخري والخيارات الطاقوية البديلة

المبحث الأول: واقع استغلال الغاز الصخري في الجزائر

من أجل معالجة مشروع استغلال الغاز الصخري في الجزائر، يتوجب أولا التعرض لمسألة الطاقة في الجزائر ومكانة المحروقات ضمن الاقتصاد الوطني، بعدها يتم التطرق الى أهم أحواض الغاز الصخري وحجم الاحتياطات القابلة للاسترداد، مع الأسباب الكامنة وراء رغبة الجزائر في التوجه نحو هذا المصدر الجديد، والمخاوف التي يثيرها بالنظر إلى الآثار المتوقعة من استغلاله، وكذا مواقف الأطراف الرسمية والمجتمع المدني له.

المطلب الأول: مكانة المحروقات ومسألة الطاقة في الجزائر

أولا: مكانة المحروقات ضمن الاقتصاد الوطني

تتميز الجزائر بشساعة مساحتها وترابها بتكوينات جيولوجية متنوعة، تزخر بمعادن وثروات طبيعية هائلة، وعلى رأسها المحروقات والتي بدأ دورها فعليا بعد استقلال الجزائر عام 1962 والتي تعتبر الركيزة الساسية في الاقتصاد والتنمية الوطنية، بما توفره من موارد مالية وتعزيز المكانة السياسية والاقتصادية للجزائر وخاصة بعد انضمامها إلى منظمة الدول المصدرة للبترول OPEC عام 1969، وفيما يلي بعض البيانات الكمية والمعطيات الكيفية عن واقع وآفاق قطاع المحروقات في الجزائر:

- تشكل المحروقات 62 %من إيرادات ميزانية الدولة وحوالي 67 %من مداخيل التصدير بالعملة الصعبة و 25% من الناتج الداخلي العام؛[1]
- تنتج الجزائر حوالي 1.7 مليون برميل في اليوم من المنتجات النفطية (بترول، غاز) عام 2015 مع متوسط إنتاج يقدر بـ 1.1 مليون برميل/يوم من النفط الخام ، و600 ألف برميل/يوم من السوائل غير الخام؛
- عرفت الجزائر خلال نفس الفترة تراجع انتاجها من النفط مع زيادات معتبرة في استهلاكها من المواد النفطية وبملايين الأطنان: فمن 11 مليون طن عام 2005، إرتفع الاستهلاك المحلي إلى14.8مليون طن عام 2010 وصوال إلى 19.3 مليون طن عام 2015؛[2]
- تحتل الجزائر مكانة هامة من حيث احتياطات الغاز الطبيعي المؤكدة عالميا حيث توجد في المرتبة العاشرة عالميا بحصة تقدر بـ 2.29% كما تشغل الدرجة الرابعة عربيا (بعد كل من قطر والسعودية و الامارات) بحصة تقدر بـ8.47 %من حصة الدول(العربية المصدرة للنفط) أوباك، كما تحتل المرتبة الثانية إفريقيا بعد دولة نيجيريا، كما يشكل الغاز الطبيعي حوالي 40 %من إجمالي صادرات الجزائر وبالتالي جزءا هاما من عوائدها المالية[3].

هذا وقد عرفت مخزونات الجزائر من الغاز الطبيعي ارتفاعا هاما بفضل سياسة تجديد الاحتياطات والاكتشافات التي حققتها الشركة الوطنية للمحروقات (سوناطراك) في مختلف انحاء البلاد، تعتبر الجزائر رائدة إفريقيا رغم الانخفاض

[1] EIA, (US information administration), "Country analysis brief: Algeria". (March 11, 2016), P 01.
[2] منظمة الأقطار العربية المصدرة للنفط، (أوباك)، التقرير الإحصائي السنوي 2016 ،ص 30 .على الرابط: http://www.oapecorg.org
[3] Bp, Statistical Review of World Energy 2016 p 32.sur site: www.bp.com consulter le 18/05/2019.

التدريجي في إنتاجها من 88.2 مليار $م^3$ عام 2005 إلى 80.4 مليار 3م عام 2010، إلى 83 مليار $م^3$ في نهاية عام 2015، وفي مقابل عرفت الجزائر خلال نفس الفترة تضاعفا في استهلاكها الداخلي من مادة الغاز الطبيعي والتي ارتفعت من 23.2 مليار $م^3$ عام 2005 الى 26.3 مليار $م^3$ عام 2010، إلى 39 مليار $م^3$ عام 2015،[1] وذلك بسبب زيادة الاعتماد على مادة الغاز الطبيعي في إنتاج الطاقة (الكهرباء خاصة) وكذلك لسياسات الدعم العمومية لاستهالك الطاقة.

ثانيا: مسألة الطاقة في الجزائر

تعد مسألة الحصول على الطاقة، وكيفية استخدامها، وضمان إمداداتها من المواضيع التي أضحت تشغل اهتمام الكثير من مختلف دول العالم المتقدمة والسائرة في طريق النمو، فالجزائر تعتمد على المحروقات كأول مصدر للطاقة والتي تعرف بالطاقة الأحفورية التقليدية (النفط والغاز)، كما تشير الدراسات الحديثة إلى توفر الجزائر على احتياطات ضخمة من مصادر الطاقة الأحفورية غير التقليدية (الغاز الصخري والنفط الصخري)، بالإضافة إلى الطاقات المتجددة (كالطاقة الشمسية وطاقة الرياح)، والتي من شأنها تعزيز مكانة الجزائر كشريك موثوق به في توفير الامدادات الطاقوية على المستوى الإقليمي والعالمي.

1.السياسة الطاقوية في الجزائر:

إن الطلب الوطني المتزايد على الطاقة، ألزم الدولة بضرورة وضع سياسة قومية فاعلة لضمان الامداد الطاقوي الوطني في المدى المتوسط والطويل، فقد وضعت إستراتيجية طاقوية وطنية في آفاق 2040 تماشيا مع متطلبات التنمية المستدامة والتي ترمي الى :

- الشروع في دراسة امكانية تطوير استغلال ثروات المحروقات غير التقليدية مثل الغاز الصخري؛
- استعمال غاز البترول المسال والغاز الطبيعي المضغوط في قطاع النقل، باعتباره وقود نظيف بيئيا؛
- التوجه الى استعمال الطاقات المتجددة برفع نسبة توليد الكهرباء من المصادر المتجددة الى 30%؛
- الاعتماد على مبادئ الحيطة والوقاية والمحافظة على البيئة في اطار التنمية المستدامة؛
- الاهتمام بالتحكم في الطاقة وترشيد استعمالها، من خلال ادماجها في الحياة اليومية للمواطن وفي قطاعي الخدمات والنقل، وادراج برنامج البرامج التحسسية مثل برنامج الفعالية الطاقوية، الذي يهدف الى تحسين المواطنين من اجل استهلاك راشد وعقلاني، مما سيساعد في تخفيض الطلب على الطاقة والعقلانية في استخدامها.

إن استعمال الطاقة النووية من شانها ان تساهم في توفير الكهرباء على المستوى الوطني،الا ان هذا النوع من الطاقة يواجه عدة تحديات وصعوبات لا سيما التبعية التكنولوجية.

2.أسباب رغبة الجزائر في استغلال الغاز الصخري:

[1] Bp , Statistical Review of World Energy 2016,Op-cit, P.22

اتجهت الجزائرية سنة 2010* نحو مصدر جديد من مصادر الطاقة الأحفورية غير التقليدية (البترول والغاز الصخريين)، لأسباب عديدة اهمها الأسباب العامة والاسباب خاصة وهي:

1.2.أسباب عامة: من شأن استغلال الغاز الصخري أن يوفر للجزائر احتياطيات طاقوية إضافية، وموارد مالية جديدة لتغطية نفقاتها المتزايدة، ودعم مكانتها في السوق العالمية للغاز، و زيادة حصتها السوقية للغاز خاصة في أوروبا، وضمان تغطية الطلب المحلي المتزايد

2.2.أسباب خاصة: إن أهم سبب في رغبة الحكومة وشركائها الطاقويين الأجانب، في مباشرة استغلال الغاز الصخري في الجزائر يعود إلى نتيجة الدراسة التي أنجزتها وكالة معلومات الطاقة الأمريكية EIA، والمعطيات الحديثة للمصلحة الجيولوجية الأمريكية، والتي تعد قاعدة بيانات ذات مرجعية في ميدان الطاقة، بأن الجزائر لديها احتياطات جد هامة من المحروقات غير التقليدية تقدر بـ 707 ترليون قدم مكعب من الاحتياطات المحتملة بالنسبة للغاز الصخري

ثالثا: الصعوبات التي يواجهها قطاع المحروقات في الجزائر

يتمتع قطاع المحروقات في الجزائر بإمكانيات كبيرة وميزات هامة،* ووجود منشآت إنتاج ذات مستوى عالمي، مع صناعة وطنية بترولية وغازية متكاملة (هياكل للنقل وشبكات تجميع ومعامل تكرير ووحدات تسييل ومعالجة وشبكات توزيع وتسويق وتصدير) لكن رغم هذه الإمكانيات يعاني قطاع المحروقات في الجزائر صعوبات كبيرة منها:

1. الانخفاض المستمر في كميات المحروقات المصدرة بفعل انخفاض الانتاج زيادة الاستهلاك المحلي من نتيجة لزيادة في النمو الديمغرافي وتغير أنماط الاستهلاك وسياسات الدعم الحكومي لمواد الطاقة؛
2. هاجس نفاذ احتياطات المحروقات التقليدية في الجزائر، حيث تقدر الشركات العالمية العاملة بالقطاع (مثل شركة BP البريطانية) مدة النفاذ بـ 21 سنة بالنسبة للنفط، و 54 سنة بالنسبة للغاز الطبيعي.[1]
3. التراجع الكبير في الايرادات: عرفت عائدات الجزائر من المحروقات تراجعا كبيرا خلال السنوات الاخيرة بفعل عاملين اثنين:

- التذبذب في الكميات المنتجة وتراجعها فقد سجلت 86.4 مليون طن من المحروقات سنة 2005 و68.5 في سنة 2015 في حين انخفضت العائدات 70.6 مليار دولار سنة 2005 الى 35.7 دولار سنة 2015 وانعكاس ذلك على الإيرادات بالعملة الصعبة؛[2]
- تراجع أسعار المحروقات عالميا منذ أواخر سنة 2014 وانعكاس ذلك على عائدات الجزائر الخارجية.

كما أوردت إدارة معلومات الطاقة الأمريكية (EIA)، مسببات أخرى أدت إلى تراجع قطاع المحروقات ومنها:[3]

---

* سنة 2010هي السنة التي حققت فيها الولايات المتحدة الأمريكية نقلة كبيرة في إنتاجها للغاز الصخري، وهي السنة نفسها التي أصدرت فيها فرنسا رخصا لإستكشاف واستغلال الغاز الصخري فوق التراب الفرنسي.

* المحروقات في الجزائر: يتميز النفط الجزائري بالنوعية الجيدة والمسمى "مزيج الصحاري"، "Blend Saharan Algeria" والذي يدخل ضمن سلة النفط الخفيف Oil Light بمحتواه الضعيف من CO2 وخلوه من الحمض الكبريتي (H2S)، وكذلك الغاز الذي يمتاز بكونه رطبا وغنيا بالمكثفات (Condensat).

[1] عشاشي محمد، مرجع سابق، ص 444

[2] مرجع نفسه، ص 445.

[3] EIA, (US information administration), "Country analysis brief: Algeria", op.cit, P 01.

- التأخير المتكرر للمشاريع بسبب بطء الموافقة الحكومية عليه؛
- صعوبات في جذب شركاء الاستثمار بسبب القيود على الاستثمار الأجنبي منها قاعدة 51/49 % لصالح سوناطراك؛
- الثغرات في البنى التحتية، ومشاكل تقنية؛
- التشريع والتنظيم غير المستقر، مع فرض نظام ضريبي قاس وانتشار مظاهر الفساد في القطاع.

والملاحظ أن كل هذه الصعوبات تؤثر على مكانة قطاع المحروقات في الاقتصاد الجزائري الذي يتميز بالطبيعة الريعية اذ يقدر بحوالي 60%من موارد الخزينة العمومية وحوالي 98 %من إيرادات الدولة من الصرف الأجنبي[1] مما يرهن استقراره ونموه بتقلبات أسعار المحروقات.

رابعا: التوجه نحو استغلال الغاز الصخري الدوافع والعوائق

تؤكد توقعات الخبراء الاقتصاديين على نطاق واسع ان الوضعيه الاقتصاديه الاجتماعيه التي تعيشها الجزائر تتجه الى ازمه خانقه بسبب انحدار اسعار النفط العالميه الذي قد يطول بسبب فائض في العرض وضعف الطلب

1.دوافع التوجه نحو استغلال الغاز الصخري في الجزائر: توجد مجموعة من المبررات التي تدعم موقف الجزائر للتوجه نحو استغلال امكانياتها من الغاز الصخري وهي:[2]

- تكمن الأزمة التي تواجه النظام الجزائري بانه يعتمد كليا على ايرادات النفط مما يجعله رهينه لما يحدث في اسواق النفط العالمي وصعوبه التنبؤ بحجم العوائد المتوقعه مستقبلا؛
- تراجع اسعار النفط يؤدي الى بعث اعباء اضافيه ثقيله على الخزينه العمومية وصندوق ضبط الايرادات، وتراجع قيمه الدينار الجزائري مقابل العملات العالميه الاخرى، ويؤدي الى تراجع اسعار الغاز الطبيعي ما ينعكس سلبا على مخططات النظام ويؤدي الى تاجيل المشاريع او الغائها لنقصه التمويل خاصه في ظل الاعتبار عوائد الغاز جزء اساسيا من موارد الجزائر التي تمثل40% من اجمالي الصادرات؛
- من المرجح ان تتاثر اسعار الغاز الجزائري بثوره انتاج الغاز الصخري في الولايات المتحده الامريكية القرار واشنطن رفع القيود على صادراتها مما يزيد المعروض في السوق الى جانب بروز منتجين جدد وصعود انتاج الغاز المسال في قطر؛
- تشير التقديرات غير مؤكده الى ان الجزائر تمتلك ثالث احتياطي عالمي يصل الى 20 الف مليار متر مكعب ما يعادل05 اضعاف احتياطات الغاز التقليدي لتتحالف جميع تلك العوامل في التاثير على مستقبل صناعة الغاز الجزائرية وتوجه الجزائر نحو استغلال الغاز الصخري كحتميه اقتصاديه.

[1] محمد عشاشي، مرجع سابق، ص 446.
[2] نسيمة سابق، **الأمن الطاقوي في الجزائر "ثنائية الغاز الصخري والهواجس البيئية"**، مجلة دراسات وأبحاث المجلة العربية للأبحاث والدراسات العلوم الانسانية والاجتماعية، مجلد 12، العدد 04 اكتوبر 2020، ص 863.

2. معوقات استغلال الغاز الصخري في الجزائر

رغم ما سبق الإشارة اليه من عوامل تدفع استغلال ما تملكه من احتياطات فهناك مجموعه من العوائق التي تقف امامها للتوجه نحو هذا البديل الطاقوي نذكر مايلي:[1]

- انتاج الغاز الصخري يتطلب استثمارات وتكاليف مرتفعه من المستبعد ان يستطيع الاقتصاد الجزائري تحمل مثلها في هذه المرحلة؛
- استخراج الغاز الصخري تطلب مهارات فنية وتكنولوجية عالية لا تتوفر عليها الجزائر، ما يحتم عليها اللجوء الى المتخصصين في هذا المجال الولايات المتحده الامريكية؛
- اضرار البيئية الناجمة خاصه في الظل غياب الرقابة الصارمة لشروط الاستغلال ما يترتب عليها من تلويث للموارد المائية؛
- بعد هذه الإحتياطات عن أماكن إستغلال المحروقات حاليا، ناهيك عن موانئ التصدير؛
- نقص هياكل البنية التحتية وصعوبة الوصول لهذه المواقع؛
- مشكل انعدام وفرة المياه التي يتطلبها استغلال الغاز الصخري، بالنظر إلى الطبيعة الصحاروية لتلك المناطق؛
- قلة الطرق وشبكات المواصلات وخطوط الأنابيب لنقل المواد؛
- موقف المجتمع المحلي الرافض لعمليه التنقيب عن الغاز الصخري في ولاية تامنراست.

وهناك من يضيف عوائق أخرى تتمثل في:

- ارتفاع تكلفة إنجاز آبار الغاز الصخري (ما بين 10 إلى 15 مليون دولار للبئر الواحد)، والحاجة المستمرة إلى حفر آبار جديدة للمحافظة على مستوى الانتاج بسبب نضوب الآبار بعد سنوات قليلة من الإستغلال.
- المخاطر المتعلقة بالتهديدات الأمنية المرتبطة بنشاط الجماعات الارهابية (مثال الهجوم الارهابي على مصنع الغاز بتيقنتورين، عين أمناس عاما 2013)، وكذلك انتشار الجريمة المنظمة (تهريب السلاح، تجارة المخدارت)، في مناطق الجنوب الجزائري، والتي تشكل عوامل صد وتنفير أمام المستثمرين الأجانب ومشاريع الشراكة الطاقوية مع الخبرة الأجنبية التي تتطلبها هذه المشاريع.

لكن ورغم هذه العقبات الموضوعية، أعطى مجلس الوزراء الجزائري في ماي 2014 موافقته الرسمية على الشروع في تطوير الغاز والنفط الصخريين في الجزائر، كما قدر مدة تأكيد إمكانات الجزائر من هذين الموردين(الغاز والبترول الصخريين) ما بين 7 إلى 13 سنة.[2]

كما يرى بعض المراقبين والمهتمين بقضايا البيئه ان مشروع الغاز الصخري كارثة على الجزائر ليس لمخاطره البيئية والصحية فحسب لكن لتكلفة استخراجه الباهظة و عوائده غير المضمونة.

المطلب الثاني: احتياطات الغاز الصخري وأهم الأحواض في الجزائر

تصنف الجزائر ضمن البلدان الاوائل في احتياطي الغاز الصخري

[1] المرجع السابق، ص ص 864-865.

[2] EIA, **« Country analysis brief : Algeria ».** op.cit, P 23.

أولا: احتياطات الغاز الصخري في الجزائر

حسب دراسة أنجزتها وكالة معلومات الطاقة الأمريكية عام 2013، وبالاعتماد على منشورات المصلحة الجيولوجية الأمريكية، والتي تعد قاعدة معطيات حديثة وذات مرجعية في ميدان الطاقة، فإن الجزائر لديها احتياطات جد هامة من المحروقات غير التقليدية التي تقدر بـ 3419 تريليون قدم مكعب من الاحتياطات المحتملة بالنسبة للغاز الصخري منها 292 تريليون قدم مكعب أو حوالي 29 ألف مليار م^3 قابلة لالاسترجاع التقني أي قابلة لالستغلال وفق التقنيات المتوفرة، و121 مليار برميل نفط صخري، ووفقا لهذه التقديرات، فإن الجزائر لديها ثالث احتياطي عالمي من الغاز الصخري بعد كل من الصين والأرجنتين.

وقد حظيت هذه الاحتياطات ببالغ الإهتمام من قبل العديد من الشركات البترولية المحلية والعالمية وعلى رأسها شركة سوناطراك الوطنية التي أجرت دراسات حول حجم ونوعية هذه المحروقات غير التقليدية، وشركات أجنبية التي أجرت دراسات توصيف للجيولوجيا وخصائص هذه الاحتياطات في الجزائر، والتي تعمل في مجال التنقيب و الجدول الآتي يوضح أهم شركات التنقيب عن الغاز الصخري الأجنبية والمحلية في الجزائر:[1]

جدول رقم (01): أهم شركات التنقيب عن الغاز الصخري في الجزائر

الشركة	طبيعة نشاطها
شركة سونطراك(Sonatrach)	• 51% لفائدة رخص التنقيب في حوض إليزي وغدامس، اما أطراف المصلحة الآخرين هما روايال داتش شال (Royal Dutch Shell) بنسبة 10%، ستايت اويل (Statoil) بنسبة 30%
روايال داتش شال (Royal Dutch Shell)	• عقد التعاون مع شركة سونطراك، ورخصة التنقيب بفائدة 19%، الرخصة لحوض إليزي وغدامس، اما أطراف المصلحة الآخرين فهما Statoil بنسبة (30%) وسونطراك 51%.
شركة تاليسمان (Talisman)	• عقد التعاون مع شركة سونطراك، ورخص التنقيب
شركة أنادارکو(Anadarko)	• عقد التعاون مع شركة سونطراك.
شركة ستايت اويل (Statoil)	• مشغل بنسبة الفائدة 30% لرخصة الحفر في حوض إليزي وغدامس، اما أطراف المصلحة الآخرين هما روايال داتش شال (Royal Dutch Shell) بنسبة 10%، وشركة سونطراك بنسبة 51%
شركة اوني(ENI)	• عقد التعاون مع شركة سونطراك، ورخص التنقيب.

Source: Mokhtar Osmani et Faycal Loucif, " Renewable energies and shale gas in Algeria, between fact and perspectives",coloque sur les politiques d'utilisation des ressources énegétiques entre les exigences du développement national et la sécurité des besoins internationaux, université de sétif1,pp 14-15

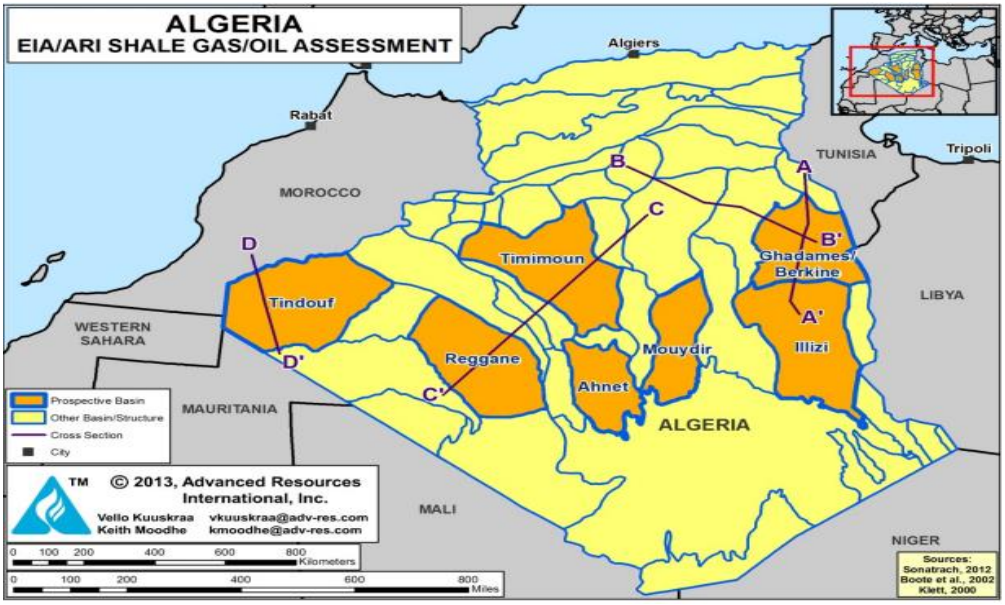
[1] Mokhtar Osmani et Faycal Loucif, **" Renewable energies and shale gas in Algeria, between fact and perspective"**, coloque sur les politiques d'utilisation des ressources énegétiques entre les exigences du développement national et la sécurité des besoins internationaux, université de sétif1,pp 14-15

قامت شركة سوناطراك بحفر سلسلة من الآبار التجريبية لاختبار إنتاجية الأحواض ذات الأولوية العالية، واستهداف التكوينات الصخرية ذات الكربون العضوي الكلي العالي، وكان أول بئر تجريبي ضمن هذا البرنامج الشامل لتقييم موارد الصخر الزيتي في حوض بركين (غدامس) ، تليها آبار اختبار في إليزي، أحواض تيميمون وأحنات وموديير، كما أجرت شركتا الطاقة الدوليتان، ستايت أويل وريبسول (Statoil and Repsol)، دراسات جيولوجية وتوصيف مكمنية للصخر الزيتي في الجزائر.

ثانيا:اهم أحواض الغاز الصخري في الجزائر

بذلت شركة سوناطراك الجزائرية، جهدا شاملا لتحديد حجم ونوعية مواردها من الغاز والنفط الصخريين، وحتى الآن، أنشأت الشركة قاعدة بيانات والسجلات واستكملت ذلك بمعلومات من سجلات آبار الصخر الزيتي الجديدة، والشكل الآتي يوضح أماكن تواجد أحواض الغاز الصخري والنفط الصخري في الجزائر

خريطة رقم (01): أحواض الغاز الصخري والنفط الصخري في الجزائر



Source : Technically Recoverable Shale Oil and Shale Gas Resources: Algeria, September 2015, sur site : https://www.eia.gov/analysis/studies/worldshalegas/pdf/Algeria_2013.pdf

تحتوي أحواض الجزائر على تكوينين مهمين للغاز الصخري ، (السيلوري تانزروفت)* و(الفراسني الديفوني)**، وحسب دراسة أنجزتها وكالة معلومات الطاقة الأمريكية عام 2013، فإن الاحتياطات الجزائرية موزعة على سبعة 07

* **Tanezrouft**: التي تعني "الصحراء" باللغة الأمازيغية هي منطقة من الصحراء تمتد بين الجزائر ومالي، في الجزء الغربي والجنوبي من الصحراء.
Silurian: كان العصر السيلوري (443.7 إلى 416.0 مليون سنة مضت)، يسبقه الأوردوفيشي ويتبعه الديفوني، تتميز نهاية الأوردوفيشي بواحدة من الانقراضات الجماعية الخمسة الكبرى في تاريخ الزمن الجيولوجي، حيث خضعت فيه الأرض لتغيرات كبيرة كان لها تأثيرات كبيرة على البيئة والحياة داخلها، كانت إحدى نتائج هذه التغييرات ذوبان التكوينات الجليدية الكبيرة، وقد أسهم ذلك في ارتفاع كبير في مستوى البحار الرئيسية، حيث اختفى ما يقرب من 60٪ من الأنواع البحرية وربما 85٪ من جميع الأنواع (النباتية والحيوانية)

** **Devonian:** العصر الديفوني هو فترة جيولوجية من حوالي (419 إلى 359) مليون سنة مضت، ما يسبقه السيلوري ويتبعه الكربوني. سمي الديفوني على اسم مقاطعة ديفون، إنجلترا، حيث تنتشر نتوءات الطبقات التي يعود تاريخها إلى هذا الوقت.
Frasnian: خلال فترة الفراسنية، ترسبت الصخر الزيتي الغني بالمواد العضوية في معظم أنحاء شمال أفريقيا، وعلى الأخص في أجزاء من المغرب والجزائر وجنوب تونس وغرب ليبيا والصحراء الغربية في مصر. تشير التقديرات إلى أنها أصل حوالي 10٪ من جميع الهيدروكربونات من مصادر

أحواض من الغاز والنفط الصخريين هي: حوضي غدامس بركين و إيليزي بشرق الجزائر، أحواض تيميمون وأحنات ومويدير، وحوضي رڤان وتندوف في الجنوب الغربي الجزائري، وتتمثل في:

1.حوض غدامس (بركين)

حوض غدامس (بركين) هو حوض كبير يقع في شرق الجزائر وجنوب تونس وغرب ليبيا. يتربع على مساحة كلية تقدر ب 117000 ميل مربع، يحتوي الحوض على سلسلة من الصدوع العكسية، مما يوفر مصائد هيكلية للنفط والغاز الذي يتم الحصول عليه من الصخر الزيتي، يحتوي الجزء المركزي العميق من الحوض على كتل صدع مرتفعة تشكلت خلال العصور القديمة، كما تتميز تشكيلاته الصخرية المهمة من تكوين السيلوري(Silurian) وتانيزوفت (Tannezuft) يعلوهما تشكيلين صخريين هما التشكيل هما الفرسنيان (Frasnian Shale) والديفوني العلوي (Devonian)، كما هو موضح في المخطط الحوض وملامح النضج الحراري للصخر الزيتي لهذين التكوينين الصخريين، والذي يحتوي على مواد عضوية غنية.[1] أنظر الملحق رقم (06) و (07)

1.1.خصائص الخزان

- **تكوين السيلوري تانزوفت (Silurian Tannezuft)**: يتراوح عمق منطقة الغاز المحتملة للصخر الزيتي السيلوري في حوض غدامس (بركين) في الجزائر من 10000 قدم على طول الحافة الشمالية والشرقية للحوض إلى 16000 قدم في مركز الحوض ، بمتوسط 10500 قدم في منطقة الغاز الرطب المحتملة و 13000 قدم في منطقة الغاز الجاف المحتملة. يتراوح السماكة الإجمالية لصخر تانزوفت من 30 إلى 200 قدم، و يقدر المورد القابل للاسترداد ب 176 تريليون قدم مكعب من الغاز الصخري الرطب / الجاف و0.5 مليار برميل من مكثفات الصخر الزيتي؛
- **تكوين الديفوني الفارسيني (Devonian Frasnian):** يتراوح عمق المنطقة المحتملة للصخر الزيتي الديفوني العلوي من 8000 قدم إلى 16000 قدم ، بمتوسط 8500 قدم في المنطقة المعرضة للنفط، و 9500 قدم في منطقة الغاز الرطب/المكثفات، و13000 قدم في منطقة الغاز الجاف. يبلغ سمك Frasnian Shale الإجمالي من 50 إلى 500 قدم، وتقدر الموارد القابلة للاستخراج من 106 تريليون قدم مكعب للغاز الصخري و 3.9 مليار برميل للنفط الصخري.

2.حوض اليزي

يقع حوض إليزي جنوب حوض غدامس (بيركين)، مفصولا بخط مفصلي في منحدر صخور الطابق السفلي، يتحكم هذا الخط المفصلي في الكثير من تواريخ توليد النفط وهجرته وتراكمه المختلفة لهذين الحوضين، كما يحد حوض إليزي من الغرب محور أمجد حاسي طوارق الهيكلي الذي يفصل حوض إليزي عن حوض مويدر،كما يقع حوض إليزي

الباليوزويك في شمال إفريقيا. يمكن دراسة الخصائص الترسيبية والبيئية والجيوكيميائية لهذه الوحدة الصخرية السوداء بشكل أفضل في حوض بركين الجزائري الشرقي (أي غرب غدامس) حيث توجد "الصخر الزيتي الساخن" الأكثر سمكا والأغنى عضويا.

[1] EIA. (U.S. Energy Information Administration),Technically Recoverable Shale Oil and Shale Gas Resources: Algeria, September 2015,Op-cite, p 16-17 .

على ارتفاع سفلي وبالتالي فإن تكويناته الصخرية أقل عمقا مما هي عليه في حوض غدامس (بركين)، وتبلغ المنطقة المحتملة للغاز الصخري والنفط حوالي 26600 ميل مربع[1].

يتم تقييم الصخر الزيتي السيلوري فقط على أنه محتمل في حوض إليزي، وتم استبعاد الصخر الزيتي الديفوني العلوي في حوض إليزي بسبب عدم كفاية السماكة والنضج الحراري المنخفض. أنظر الملحق رقم (08)

2.2.خصائص الخزان

- **تكوين السيلوري تانزوفت (Silurian Tannezuft)**: يتراوح عمقه من 3000 إلى 8000 قدم، بمتوسط 5000 قدم في المنطقة الشمالية المحتملة للحوض، يتراوح السماكة الإجمالية لصخر تانزوفت من 30 إلى 330 قدما ، بمتوسط صافي أجر يبلغ 162 قدما. يتراوح الكربون العضوي الكلي لهذا النوع الثاني من الصخر الزيتي بالكيروجين البحري من 2٪ إلى 10٪ ، ويقدر ب 0.5 مليار برميل من النفط الصخري.
- **تكوين الديفوني الفارسيني(Devonian Frasnian)**: تم استبعاد الصخر الزيتي الديفوني العلوي في حوض إليزي بسبب عدم كفاية السماكة والنضج الحراري المنخفض.

3. حوض تميمون

يقع حوض تيميمون في وسط الجزائر، ويحده من الشمال والشرق مرتفعات هيكلية، يختلف عمق وترسب حوض تيميمون اختلافا كبيرا بسبب التآكل على طول الارتفاعات الهيكلية خلال العصور القديمة وقسم الباليوزويك هو الأكثر سمكا في وسط حوض تيميمون، رقيقا إلى الشمال والشرق، و مصدر الصخر الزيتي الرئيسية في هذا الحوض هي الصخر الزيتي السيلوري والصخر الزيتي الديفوني العلوي. أنظر الملحق رقم (09 و10)

1.3.خصائص الخزان

- **تكوين السيلوري تانزوفت (Silurian Tannezuft)**: يتراوح عمق منطقة الغاز الجاف المحتملة لصخر تانزوفت في حوض تيميمون من 5000 قدم على حواف الحوض إلى ما يقرب من 15000 قدم في مركز الحوض ، بمتوسط 10000 قدم، مع تقدير 59 تريليون قدم مكعب كمورد غاز صخري محفوف بالمخاطر وقابل للاسترداد تقنيا.
- **تكوين الديفوني الفارسيني (Devonian Frasnian)**: يتراوح عمق منطقة الغاز الجاف المحتملة في الصخر الزيتي الديفوني العلوي في حوض تيميمون من حوالي 3300 قدم على طول حافة الحوض إلى حوالي 9000 قدم في مركز الحوض ، بمتوسط 6000 قدم، مع تقدير مع 93 تريليون قدم مكعب كمورد غاز صخري محفوف بالمخاطر وقابل للاسترداد تقنيا.

4.حوض آحنات

[1] EIA. (U.S. Energy Information Administration),Technically Recoverable Shale Oil and Shale Gas Resources: Algeria, September 2015, op cite, p

يقع حوض أحنة في منصة الصحراء الكبرى، جنوب حوض تيميمون الكبير، حوض Ahnet هو حوض يتجه نحو الشمال الجنوبي يحتوي على رواسب سميكة (أكثر من 3000 قدم) من رواسب الباليوزويك بما في ذلك الصخر السيلوري والديفوني الغني بالمواد العضوية.[1]

1.4.خصائص الخزان

- **تكوين السيلوري تانزوفت (Silurian Tannezuft)**: يتراوح عمق Tannezuft Shale في المنطقة المحتملة لحوض Ahnet من 6000 إلى 10500 قدم ، بمتوسط 8000 قدم. يتراوح سمك الصخر الزيتي من 150 إلى 500 قدم ، بمتوسط 330 قدما مع نسبة صافية إلى إجمالية عالية. يتراوح الكربون العضوي الكلي للصخر الزيتي من 1.5٪ إلى 4٪ ويحتوي على الكيروجين المعرض للغاز من النوع الثالث،مع تقدير 51 تريليون قدم مكعب كمورد غاز صخري محفوف بالمخاطر وقابل للاسترداد تقنيا
- **تكوين الديفوني الفارسيني (Devonian Frasnian)**: يتراوح عمق الصخر الزيتي في المنطقة المحتملة لحوض Ahnetمن حوالي 3,300 إلى 9,500 قدم ، بمتوسط 6,000 قدم ، مع منطقة الغاز الرطب / المكثفات ضحلة ومنطقة الغاز الجاف أعمق. يتراوح السمك الإجمالي للصخر الزيتي من 60 إلى 275 قدما، يتراوح الكربون العضوي الكلي من 3٪ إلى 4٪ وهو في الغالب كيروجين من النوع الثالث، مع تقدير0.2 مليار برميل كمورد نفطي صخري محفوف بالمخاطر وقابل للاسترداد تقنيا. أنظر الملحق رقم (11)

5. حوض مويدير

يقع حوض ميدير في وسط الجزائر غرب حوض إليزي وشرق حوضي تيميمون وآحنات. تفصل هذه الأحواض مجموعة متنوعة من التلال الهيكلية الصاعدة. الرواسب السيلورية والديفونية الباليوزية ، والتي تشمل الصخر الزيتي السيلوري المهم والصخر الزيتي الديفوني العلوي[2] أنظر الملحق رقم (12)

1.5.خصائص الخزان

- **تكوين السيلوري تانزوفت (Silurian Tannezuft)**: يتم تقييم الصخر الزيتي السيلوري فقط على أنه محتمل في حوض مويدير. يتراوح عمق Tannezuft Shale من 5000 إلى 10000 قدم، بمتوسط 6500 قدم في المنطقة المحتملة. يتراوح السمك الإجمالي للصخر الزيتي من 20 إلى 120 قدما.
- **تكوين الديفوني الفارسيني(Devonian Frasnian)**: الصخر الزيتي الديفوني، على الرغم من سمكه وثرائه عضويا، إلا أنه في الغالب ضحل للغاية وأقل من 3300 قدم باستثناء الصخر الزيتي من التقييم الإضافي.

6.حوض رقان

يقع في المنطقة الصحراوية في وسط الجزائر، ويفصلها عن حوض تيميمون سلسلة جبال أوغارتا، قد يحتوي هذا الحوض على أكثر من 800 متر من القسم السيلوري، على الرغم من أن التحكم في البئر في الجزء الشمالي العميق من

[1] EIA. (U.S. Energy Information Administration),Technically Recoverable Shale Oil and Shale Gas Resources: Algeria, September 2015, op cite, p 18.
[2] Ibid.

الحوض محدود، يحتوي الحوض أيضا على تكوين فراسنيان الديفوني العلوي الذي يقال إنه يصل إلى سمك أقصى يبلغ 400 متر. أنظر الملحق رقم (14)

1.6.خصائص الخزان

- **تكوين السيلوري تانزوفت** (Silurian Tannezuft): يتراوح عمق المنطقة المحتملة لصخر السيلوري تانزوفت من 16000 قدم في الشمال إلى 5000 قدم في الجنوب ، بمتوسط 10000 قدم. يتراوح السمك الإجمالي للقسم الغني بالمواد العضوية في المنطقة المحتملة من حوالي 130 إلى 230 قدما؛
- **تكوين الديفوني الفارسيني** (Devonian Frasnian): يتراوح عمق الصخر الزيتي الديفوني العلوي الضحل في حوض رقان من 5500 قدم إلى 16000 قدم، بمتوسط حوالي 10500 قدم في المنطقة المحتملة، يبلغ تركيز موارد (Frasnian Shale) في حوض رقان 97 مليار قدم مكعب ضمن منطقته المحتملة للغاز الرطب والمكثفات التي تبلغ 2،570 ميل مربع، ويقدر المورد المحفوف بالمخاطر في مكانه للمنطقة الإجمالية المحتملة البالغة 4،680 ميل مربع من الصخر الزيتي الديفوني في حوض رقان بـ 94 تريليون قدم مكعب من الغاز الصخري الرطب / الجاف بالإضافة إلى 6 مليارات برميل من النفط الصخري / المكثفات.

7. حوض تندوف

يقع حوض تندوف في أقصى الجزء الجنوبي الغربي من الجزائر، ويحده من الغرب المغرب ومن الجنوب موريتانيا، يغطي هذا الحوض الكبير، وهو الحوض الأقل استكشافا في منصة الصحراء الكبرى، مساحة تزيد عن 45000 ميل مربع، ويتميز هذا الحوض عدم اليقين بالغاز الصخري وإمكانات النفط الصخري، واستنادا إلى البيانات الحديثة من سوناطراك، فإن الصخر الزيتي الديفوني رقيق نسبيا، وقد تم استبعاد وحدة الصخر الزيتي هذه من التقييم الكمي الإضافي، ومع ذلك يبدو أن الصخر الزيتي السيلوري بنسبة أكبر وكميات واعدة.[1]

1.7.خصائص الخزان (المنطقة المحتملة)

يتراوح عمق الصخر الزيتي السيلوري (Tannezuft) في المنطقة المحتملة من 6600 إلى 14000 قدم، بمتوسط حوالي 10500 قدم، في حين أن إجمالي القسم السيلوري العلوي يمكن أن يصل سمكه إلى عدة آلاف من الأقدام، فإن الجزء الغني بالعضوية يبلغ سمكه الصافي 54 قدما فقط حيث يتجاوز الكربون العضوي الكلي 2٪، ويقدر المورد المحفوف بالمخاطر في موقع (Tannezuft Shale) في حوض تندوف بـ 135 تريليون قدم مكعب من الغاز الصخري الرطب/ الجاف و2 مليار برميل من النفط الصخري، ومن هذا المبلغ يقدر أن 26 تريليون قدم مكعب من الغاز الصخري الرطب/الجاف و0.1 مليار برميل من النفط الصخري.

[1] Ibid.

ثالثا:خصائص أحواض الغاز الصخري في الجزائر

تتميز أحواض الغاز الصخري في الجزائر، على عدة خصائص هي:[1]

الثراء العضوي، النضج الحراري (الغاز الجاف)، نوع الكيروجين، ، الكسور، المسامية وغاز التشبع، مصفوفة النفاذية، العمق الموضوعي، ضغط الخزان، للمزيد من التفصيل أنظر الملحق رقم (03.04.05) **(خصائص أحواض الجزائر)**

وفيما يلي خصائص أحوض الغاز الصخري في الجزائر حسب طبيعة الغاز مبينة في الجدول الآتي:

جدول رقم (02): خصائص أحواض الغاز الصخري في الجزائر

الأحواض	مساحة الحوض ميل مربع	طبيعة الغاز	الغاز الموجود والمحتمل (Tcf*)	الغاز المحتمل استخراجه (Tcf)
تميمون	43700	غاز جاف	762.6	152.5
آحنات	20000	غاز جاف + سائل	306.1	59.9
بركين	117000	غاز جاف + سائل	1226.9	282.3
إليزي	44900	غاز جاف + سائل	303.7	55.7
موديير	22300	غاز جاف	47.6	9.5
تندوف/ رقان	117000	غاز جاف + سائل	772.1	146.8
المجموع	/	/	3719	706.7

المصدر: نوال صياد، صبري مقيمح، **إستغلال الغاز الصخري بين الضوابط البيئية والاجتماعية والكفاءة الاقتصادية**، ألفا للوثائق، البوابة الشمالية للجامعة الأردنية، عمان الأردن ،الطبعة الأولى، 2020، ص141.

المطلب الثالث: مشروع استكشاف واستغلال الغاز الصخري في الجزائر والمرحل التي مر بها

قامت الحكومة الجزائرية بتقريب التوازنات بين المزايا التي يتيحها استغلال الغاز الصخري كمضاعفة الصادارت الطاقوية وزيادة إيارادات الخزينة العمومية، وتدعيم مكانة الجزائر في السوق الدولية للغاز وجذب الاستثمار الاجنبي وغيرها، وبين العقبات التي تحول دون ذلك(كالنقص في البنية التحتية وضعف الخبرة التكنولوجية وارتفاع تكاليف الاستثمار والمخاطر الأمنية والبيئية) وبينت استراتيجيتها الطاقوية على الولوج بقوة في هذا المصدر الواعد من الطاقة والاستثمار فيه، ومما زاد من تصميم الحكومة في الذهاب بعيدا ضمن مسعى استكشاف واستغلال الغاز الصخري في الجزائر، هو التراجع الكبير في إيرادات الخزينة العمومية من العملة الصعبة، بسبب تراجع مستويات إنتاج وتصدير المحروقات منذ عام 2007، وخصوصا بعد انهيار أسعار البترول في السوق الدولية بدءا من نهاية سنة 2014.

[1] Rahmouni Sofiane, **Etude des impacts environnementaux de gaz de schiste**, memoire presente pour l'obtention du diplome de magister en hygiene et securite industrielle option : gestion des risques, Université El-Hadj Lakhdar-Batna Institut d'Hygiène et Sécurité Industrielle, 2015, p 30.

* trillion cubic feat

أولا: بداية مشروع استغلال الغاز الصخري

وافقت الجزائر على استغلال الموارد غير التقليدية رسميا في القانون الجديد رقم 13-01 المؤرخ في 19 ربيع الثاني عام 1434 الموافق 20 فبراير 2013 المعدل والمتمم للقانون رقم 05-07 المؤرخ في 19 ربيع الأول عام 1426 الموافق 28 أبريل 2005 المتعلق بالمحروقات.

1.مرحلة الاستكشاف: يتكون عقد الاستكشاف والاستغلال في حالة الهيدروكربونات غير التقليدية، من فترتين:[1]

- فترة بحث لا تزيد عن أحد عشر (11) سنة من تاريخ دخول العقد حيز التنفيذ، مع مراعاة أحكام المادتين 37 و 42 من نفس القانون، مع مرحلة أولية مدتها ثلاث (3) سنوات، ويلي ذلك المرحلة الثانية والثالثة من البحث، ويستمر كل منها عامين، بالإضافة إلى هذه المراحل الثلاثة ، هناك مرحلة تجريبية مدتها القصوى (4) سنوات، والتي قد تمدد إحدى مراحل البحث المذكورة، سيتم منح المرحلة التجريبية للمقاول من قبل الوكالة الوطنية لتنمية الموارد الهيدروكربونية (ALNAFT).

2. مرحلة الاستغلال

قامت مجموعة سوناطراك بحفر أول بئر كتجربة أولى للغاز الصخري في حوض Ahnet، الواقع جنوب عين صالح، حيث تم حفرها على عمق 1800متر عموديا، و1000 متر أفقيا، وتم استخدام 7 مواد كيميائية فقط، والذي سيتبعه بئران آخران، حسب تصريحات المدير العام بالنيابة لمجمع سوناطراك سعيد سحنون، في ديسمبر 2014.[2]

لقد دخل مشروع إستغلال الغاز الصخري حيز الإستغلال بداية من:

- في تاريخ 2014/02/27 تم إطلاق مشروع لاستغلال الغاز الصخري من بستان النخيل القديم في تيميمون (ولاية أدرار) "بعد اعتماده من قبل السلطات الجزائرية"
- تم حفر 4 **آبار** بعد التفويض الذي منحه مجلس الوزراء لشركة سوناطراك لتنفيذ برنامج حفر 11 بئرا موزعة على 7 إلى 13 سنة، تعتزم الشركة العامة للمحروقات حفر أربعة آبار لاستكشاف هذا الغاز غير التقليدي في حوضي أحنات وإليزي، هذه الآبار هي من بين 117 بئرا تخطط سوناطراك لحفرها بمواردها الخاصة في عام 2014.

3. مصادر المياه في الجنوب

تقدر الموارد المحتملة التي يمكن تعبئتها في الجزائر ب 18 مليار م^3، بما في ذلك 10 مليارات م^3 من الموارد السطحية، و2.5 مليار م^3 من الموارد الجوفية في الشمال و5.5 مليار م^3 (سطحي وتحت الأرض) في الجنوب، إن احتياطيات طبقات المياه الجوفية في الصحراء الكبرى هائلة، ولكن تدفقات المياه من الأطلس الصحراوي لا تسهم إلا بنسبة صغيرة في تجديدها،كما ان القيود المادية والجيولوجية التي تميز هذه الأنظمة تجعله تراثا هشا يتطلب إدارة عقلانية للتشبع.[3]

---

[1] المادة 35 من قانون رقم 13-01 المؤرخ في 19 ربيع الثاني عام 1434 الموافق 20 فبراير 2013 المعدل والمتمم للقانون رقم 05-07 المؤرخ في 19 ربيع الأول عام 1426 الموافق 28 أبريل 2005 المتعلق بالمحروقات

[2] سوناطراك حفر أول بئر تجريبي للغاز الصخري على الموقع: http://www.elkhabar.com تاريخ الاطلاع 2023/11/21.

[3] Rahmouni Sofiane, **Etude des impacts environnementaux de gaz de schiste**,Op-cit, p 29.

وبغية تحسين وتعزيز تعبئة المياه المخصصة للاستهلاك البشري، تم التخطيط لإزالة المعادن من المياه قليلة الملوحة في المرتفعات والجنوب حسب الأولوية، أربعة عشر (14) محطة لإزالة المعادن قيد الإنشاء، على المدى الطويل، يبلغ إجمالي الحجم اليومي حوالي 205560 م^3 في يوم، سيتم توفيرها لهؤلاء السكان لتلبية احتياجاتهم يتم توزيع هذا البرنامج المركزي المفوض إلى ADE على النحو التالي:

- ورقلة: تسع (09) محطات في: 70500م^3/في اليوم حجم تعبئة: 78414 م^3 /في اليوم
- تقرت 34560م^3 حجم التعبئة 29636 م^3 /في اليوم
- الواد: 30000 م^3 حجم التعبئة 40000 م^3/ في اليوم
- مشروع تحويل عين صالح/ تمنراست: 50000 م^3 في اليوم
- اليزي: 10000 م^3/ في اليوم.
- تيندوف: 10500 م^3 /في اليوم حجم التعبئة 13219 م^3/ في اليوم

والملاحظ من هذه البيانات أن المناطق الصحراوية تحتاج الى كميات كبيرة من الماء لسد متطلبات سكانها، الا أن المشروع الجديد لاستغلال الغاز الصخري قد يضر بمقومات الحياة في المناطق المعنية وهي مصادر المياه (غير المتجددة أساسا) بما يستهلكه من كميات ضخمة منها وبما يفرزه من ملوثات خطيرة فيها وبما له من آثار على النشاط الفلاحي.

ثانيا: المراحل التي مر بها مشروع استغلال الغاز الصخري في الجزائر

في هذا العنصر يتم عرض أهم المحطات التي مر بها مشروع استكشاف واستغلال الغاز الصخري من مراحله الأولية، ثم مرحلة الانطلاق الرسمي وردود الأفعال المتباينة حوله في الجزائر، بعدها مرحلة تو قيف المشروع ثم العودة إليه من جديد، كما تجدر الاشارة الى غياب المعلومات وتضارب في الأرقام والتواريخ حول مراحله، المناطق المعنية، التقنيات المستخدمة، المخاطر المحتملة، والشركات المتدخلة، وهذا الأمر نجده أيضا في التجارب الدولية أخرى، ناهيك عن الجزائر(ما يميز موضوع الغاز الصخري الغموض وعدم الشفافية)، لذا فقد تم الاعتماد على وثائق وتصريحات صادرة عن جهات متخصصة، يمكنن من خلالها تقسيم المراحل التي مر بها مشروع الغاز الصخري في الجزائر وهي ستة مراحل نوجزها كالآتي:

1.المرحلة الأولى:(2000-2008): بداية الاهتمام شركة سوناطراك بالغاز الصخري كمورد طاقوي جديد تزامنا مع بروز الآفاق الواعدة لهذا المورد بعد نجاح التجربة الأمريكية، ومن بين مميزات هذه المرحلة، الاستعدادات لإطلاق مشروع غاز صخري بالجزائر، أين تم إقرار الشروط القانونية والعملية لإستغلاله وحصلت شركات أجنبية على عقود تتيح استكشاف واستغلال الغاز الصخري من دون أن تعطي الإذن بمباشرة التنفيذ، وهناك من يشير إلى سنة 2008 في انطلاق حقبة البحث عن هذا الغاز في الجزائر والتي لم يعلن عنها رسميا الا بعد سنوات من ذلك[1]

[1] محمد عشاشي، مرجع سابق، ص 453.

2.المرحلة الثانية: (2009-2012) دارسة وتقييم المخزون: وضع تقديرات لإحتياطات الجزائر من المحروقات غير التقليدية، وهي ثالثة عالميا بعد الصين والارجنتين الصادر عن وكالة المعلومات الطاقة الامريكية ويقدربـ 770 تريليون قدم، وأهم ما جاء فيها:[1]

- إنجاز الدراسات المطلوبة حول مخزون الغاز الصخري وتنفيذ عمليات الصدع بمساعدة شركات خدمات بترولية دولية منها Talisman الأمريكية؛
- توثيق قاعدة بياناتها الخاصة بالغاز الصخري من خلال اقتناء بيانات إضافية ساعدتها في تدقيق الحجم القائم في المساحات المستهدفة؛
- صدور في هذه الفترة مجموعة من التصريحات الرسمية لمسؤولين في قطاع المحروقات الجزائري،*

3.المرحلة الثالثة: (2013-2014) تعديل الإطار القانوني والتحقق من الطاقة التجارية للآبار: بواسطة حفر الآبار النموذجية للتعرف على قدارت الانتاج واعداد التقييم الاقتصادي للمشروع، لقد تم إطالق الانتاج في حقل (El Merk) كثاني أكبر حقل بترول بعد حقل "حاسي مسعود" بالشراكة بين شركتي سوناطراك الوطنية وأناداركو الأمريكية وفق قاعدة 51/49% والذي من شأنه رفع إنتاج حوض بركين إلى أكثر من 300 ألف برميل وهو مشروع مبتكر من حيث طريقة الاسترجاع المستخدمة في الآبار وتسيير البيئة، تم إصدار القانون رقم 10-13 المؤرخ في 20 فيفري 2013 المتضمن قانون المحروقات الجديد.[2]

4.المرحلة الرابعة: 2014 الانطلاق الرسمي للمشروع: شكلت هذه سنة مرحلة هامة ضمن مسار بناء مشروع الغاز الصخري في الجزائر حيث أعطى مجلس الوزراء موافقته على استعمال تقنية التكسير الهيدروليكي لتكون الجازئر بذلك أول دولة عربية توافق على خطوة من هذا النوع ولتشكل الانطالقة الفعلية لمشروع استكشاف واستغلال الغاز الصخري، واهم ما جاء فيها:

- لقد تم تأكيد الطاقة التجارية لهذه الموارد وذلك من خلال برنامج وطني يتضمن حفر 11 بئرا ويمتد ما بين 07 و13 سنة؛
- فتح سلسلة من العروض تشمل31 رخصة لاستغلال المحروقات منها 17 رخصة تخص المحروقات غير التقليدية والتي تعرض لأول مرة،وقد أسفرت هذه العملية عن منح أربعة 04 رخص منها واحدة خاصة بالتنقيب عن النفط الصخري فازت بها شركتا ستاتويل (Statoil) النرويجية ورويال داتش (Royal Deutsch) البريطانية الهولندية؛[3]

---

[1] مرجع نفسه، ص 454.

* تصريح وزير الطاقة والمناجم "يوسف يوسفي" في مارس 2011 والذي أشار فيه لأول مرة إلى الغاز الصخري ضمن مقترحات مشروع تعديل قانون المحروقات المزمع عرضه على البرلمان في خريف 2012، وتصريح الرئيس المدير العام لشركة سوناطراك عبد الحميد زرقين في مارس 2011، بأن الجزائر بها احتياطات ضخمة من الغاز الصخري، ثم تصريح آخر في فيفري 2012 صادر عن عبد المجيد عطار، نائب رئيس الجمعية الجزائرية لصناعة الغاز، يؤكد فيه على أهمية هذه الاحتياطات، ثم يليه تصريح آخر في ماي 2012 صادر عن السيد زرقين، مدير سوناطراك حول استثمار شركته لمبلغ 12 مليار دولار خلال السنوات الخمس المقبلة للبحث عن الغاز الصخري في الجزائر، ويسجل أنه خلال مناقشة البرلمان الجزائري لقانون المحروقات في نوفمبر 2012 ،تم الاستماع إلى العديد من الخبراء في مجال المحروقات غير التقليدية (اقتصاديون، إطارات سابقة في سوناطراك)، لكن دون الاستماع لأي من كبار المعارضين للغاز الصخري

[2] قانون رقم 13-01 المؤرخ في 2013/02/20، يعدل ويتمم القانون رقم 05-07 المؤرخ في 28 أبريل سنة 2005 والمتعلق بالمحروقات، الجريدة الرسمية عدد 11 ،الصادرة بتاريخ 2013/02/24.

[3] كارول نخلة، "تجربة الجزائر مع الغاز الصخري" ، مركز كارنيجي للشرق الأوسط (2015/04/23) ، ص 9، على الموقع: https://carnegie-mec.org/2015/04/23/ar-pub-59869 تاريخ الاطلاع 2023/11/02 .

- في 2014 شرعت شركتي سوناطراك الوطنية وطوطال الفرنسية في أعمال استكشاف الغاز الصخري في موقع أحنات بالتعاون مع شركتي (Haliburton) و(Schlumberger) فيما يخص العمليات التقنية؛
- تم تدشين بئر أحنات(Ahnet) رسميا يوم 27 ديسمبر 2014 كأول بئر نموذجي(Forage pilote) للغاز الصخري بالجزائر، بعدها اندلعت بمدينة عين صالح موجة من الاحتجاجات الشعبية في2014/12/31 ولم تتوقف إلا بالاعلان عن توقيف المشروع.

5.المرحلة الخامسة:(2015-2016) توسع المعارضة الشعبية وتوقف المشروع: في هذه المرحلة تم إنشاء اللجنة الوطنية للموراطوار حول الغاز الصخري CNMGS،* وعقد اجتماع لمجلس للوزراء بتاريخ 27 جانفي 2015 لتهدئة الاحتجاجات، وقد أعلن فيه عن تأجيل إنتاج الغاز الصخري، ومحاولة اقناعهم بالموقف الرسمي بضرورة استغلال الغاز الصخري لاكن دون جدوى، بعد ذلك أعلنت الشركة الوطنية سوناطراك توقيفها لعمليات تقييم مخزون من الغاز الصخري التي باشرتها بعد الانتهاء من عمليات حفر بئري أحنات1 وأحنات2 بعين صالح وذلك "بسبب عجزها عن تغطية تكاليف العملية، ذلك أن أسعار النفط عرفت تقهقرا حادا بين أكثر من 100 دولار في بداية عام 2014 إلى أقل من 40 دولار بداية عام 2016.

6.المرحلة السادسة:2017 محاولة بعث المشروع: في 14 جوان 2017 تم فيه عرض مشروع برنامج عمل حكومة مفاده تثمين أكبر لكافة الموارد والثروات التي تزخر بها البلاد بما فيه المحروقات الاحفورية التقليدية وغير التقليدية والطاقات المتجددة وفي 20 جوان 2017، نشرت "الوكالة الوطنية لتثمين موارد المحروقات إشعار بإسناد صفقة تقييم مخزون الجزائر من المحروقات غير التقليدية في أحواض الصحراء الجزائرية إلى الشركة الفرنسية (Franlab Beicip) بعقد قيمته حوالي 05 مليون دولار وبمدة إنجاز 24 شهرا، وذلك إثر مناقصة وطنية ودولية محدودة دعت إليها عام 2016، وقد تأكد هذا الاتجاه الحكومي الجديد مع تعيين أحمد أويحي (والمعروف بتأييده الشديد لاستغلال الغاز الصخري)[1] في الأخير تم تراجع الموقف الرسمي الجزائري من مشروع الغاز الصخري والتخلي عنه لصالح الغاز التقليدي والطاقات المتجددة.

تم ملاحظة ان الإشكال الكبير يكمن في أنه ضمن مسار تفكير وتخطيط الحكومة لهذا المشروع، لم تعط الإعتبارات البيئية والاستشارة للسكان المحليين أي اهتمام، رغم الطبيعة الخاصة لمشاريع الغاز الصخري، وبالمخالفة لأبجديات أفكار الحكم الراشد والتنمية المستدامة التي تقتضي الشفافية في إنجاز المشاريع العامة واستشارة السكان المحليين في القضايا التي تهمهم وترهن مصيرهم.

---

* يعد إنشاء اللجنة الوطنية للموراطوار حول الغاز الصخري CNMGS نقلة نوعية في المسار النضالي للحركة المناهضة لمشروع الغاز الصخري في الجزائر، من حيث جمعها لشتات المعارضين للمشروع من الداخل والخارج، ومن حيث نوعية المطالب وموضوعية الطرح، والتي تتجلى من خلال بيانها التأسيسي الذي طالبت فيه بما يلي:

- إنشاء لجنة مستقلة حول الغاز الصخري
- قيام الحكومة بنشر بعض الوثائق حول المشروع)كالوثيقة المعتمدة من طرف البرلمان حول الغاز الصخري، وتقرير المختصين المسلم من طرف الخبير االقتصادي "عبد الرحمان مبتول" إلى الوزير الأول، وكذا الاستنتاجات التي سمحت لهيئة تنظيم المحروقات des régulation de Autorité hydrocarbures بالموافقة على استغلال الغاز الصخري في الجزائر.

[1] محمد عشاشي، مرجع سابق، ص 464.

المطلب الرابع: ردود الفعل و مواقف الاطراف المعارضة والمؤيدة لإستغلال الغاز الصخري بالجزائر

لكونه مشروعا حكوميا غير عادي، وبالنظر إلى التطلعات التي يطرحها والتخوفات التي يثيرها، تعددت ردود الفعل بخصوص مشروع استكشاف واستغلال الغاز الصخري في الجزائر بين مؤيد ومعارض

أولا: الأطراف المؤيدة للمشروع:

تعددت الأطراف المؤيدة للمشروع بين داخلية وخارجية، رسمية وغير رسمية:

1.السلطة السياسية: وهي الرئاسة والحكومة وسائر الجهاز التنفيذي المبادرين بالمشروع بالإضافة إلى السلطة التشريعية (البرلمان) التي منحت الغطاء القانوني له كجزء من صلاحياتها في الشأن الطاقوي.

1.1.الحكومة والرئاسة: وقد انتقل مشروع الغاز الصخري في الجزائر من مستوى الدراسات التقنية لدى شركة سوناطراك، إلى المستوى السياسي منذ حكومة أويحي الثالثة 2012/2008 ووزيره للطاقة والمناجم يوسف يوسفي 2012-2010،(ثم حكومة الوزير االأول عبد المالك سالل الذي تبنى المشروع سياسيا، ودافع عنه طيلة فترة حكمه الممتدة من سبتمبر 2012 إلى ماي 2017 ، وهي الفترة التي ظهرت فيها و تطورت معضلة الغاز الصخر.

كما يمكن إدراج رئاسة الجمهورية ضمن الجهات المساندة للمشروع بقوة، حيث ظهرت مواقف للرئيس مباشرة وصريحة مؤيدة للمشروع في مناسبات عديدة، خاصة في فترة رئاسته الرابعة 2014-2019

2.1.الوزارة المكلفة بالطاقة: تبنت الوزارة المكلفة بالطاقة في الجزائر مشروع استكشاف واستغلال الغاز الصخري، خاصة منذ تولي الوزير يوسف يوسفي حقيبة الطاقة والمناجم في الفترة الممتدة من ماي 2010 إلى ماي 2015، وتبنيه للمشروع والدفاع عنه إلى درجة أن أطلق عليه البعض إعالميا تسمية "السيد غاز صخري".

3.1. شركة سوناطراك:[*] لقد بادرت الشركة منذ مطلع الألفية الثالثة إلى استكشاف إمكانيات استغلال المحروقات غير التقليدية في الجزائر بإمكانياتها الذاتية من جهة، وبالشراكة مع شركات عالمية وشركات خدمات دولية متخصصة

4.1.وكالات الضبط والتوجيه: تم إنشاء وكالتان حكوميتان تحت وصاية وزارة الطاقة تتكفلان بتوجيه وضبط قطاع المحروقات في الجزائر وفق الصالحيات المخصصة لكل منهما، وهما:

- الوكالة الوطنية لمراقبة النشاطات وضبطها في مجال المحروقات: التي دخلت حيز التنفيذ بدء من 2017/01/01، من مهامها التنظيم التقني وتطبيق العقوبات والغرامات على المخالفين.
- الوكالة الوطنية لتثمين موارد المحروقات: والمعروفة بوكالة "ألنفط (وتتكفل بترقية االستثمار في قطاع المحروقات وطرح المناقصات وتقييم العروض في مجاالت بحث واستغالل المحروقات وتسليم رخص التنقيب وغيرها

5.1.الوزارة المكلفة بالبيئة: رغم كون مشروع استكشاف واستغلال الغاز الصخري له آثار بيئية خطيرة، إلا أن وزارة الموارد المائية طمأنت مواطني الصحراء، وأكدت أنه لا توجد أي خطورة من عملية استكشاف الغاز الصخري على المياه

[*] **شركة سوناطراك:** هي الشركة الوطنية المنشئة من قبل الدولة في عام 1963، والمكلفة بعمليات الاستكشاف والانتاج ونقل وتحويل وتسويق المحروقات في الجزائر، تحتل سوناطراك المرتبة 12 ضمن المجمعات البترولية العالمية؛ والمرتبة الأولى افريقيا والخامسة عالميا ضمن الشركات المصدرة للغاز.

الجوفية التي تزخر بها المنطقة، كما طمأنت وزارة البيئة من عدم وجود تأثير سلبي في البيئة من جراء عملية استغلال الغاز الصخري[1]

6.1.السلطة التشريعية (البرلمان): تعتبر المؤسسة التشريعية الجزائرية ضمن المؤيدين الكبار لمشروع الغاز الصخري في الجزائر، فقد صوت نواب الشعب بأغلبية الأصوات لصالح مشروع قانون المحروقات لعام 2013، والذي يقنن لأول مرة عمليات التنقيب والاستغلال للطاقات غير التقليدية أي الغاز الصخري.

7.1.الوزارة المكلفة بالمياه: بالرغم من المخاطر الكبيرة المعلومة والمتوقعة من جراء استغلال الغاز الصخري والذي يؤثر بشكل سلبي على الموارد المائية من خلال الكميات الضخمة التي تتطلبها عمليات التكسير الهيدروليكي ومخاطر تسرب المياه المستعملة الملوثة الى طبقات المياه الجوفية فإن الوزارة المكلفة بالموارد المائية، استبعدت أن يشكل مشروع الغاز الصخري أي مخاطر، وعززت موقفها بالمخزون الهائل الذي تتمتع به الجزائر من المياه الجوفية التي يحويها باطن الجنوب والتي قدرها بـ 45 ألف مليار م^3.

2.مكونات المجتمع المدني: هناك أطراف أخرى ساهمت في تأييد مشروع الغاز الصخري والترويج له، والمتمثلة أساسا في أطراف من المجتمع المدني، الاحزاب السياسية، النقابات وخبراء المجموعة العلمية.

3.أطراف خارجية مؤيدة للمشروع: ومنها دول وكيانات مؤسسية وشركات دولية عاملة في قطاع الطاقة: ضمن الدول التي أبدت اهتمامها باستكشاف الغاز الصخري في الجزائر، نجد:

- دولة فرنسا التي صرح وزيرها للخارجية "لوران فابيوس" في ديسمبر 2012 عن وجود مشروع اتفاق مع السلطات الجزائرية يسمح بموجبه لشركات فرنسية بإجراء أبحاث استكشاف حول الغاز الصخري في الجزائر
- الولايات المتحدة الأمريكية أعطت إشارات عديدة عن تأييدها لمشروع استغلال الغاز الصخري في الجزائر، بدءا بالتقارير الدورية التي تصدرها وكالات رسمية أمريكية مثل وكالة معلومات الطاقة وتقريرها الشهير لعام 2013، الذي شجع الجزائر للمضي في المشروع، كذلك تصريح نائب كاتب الدولة الأمريكي للشؤون الاقتصادية (Rivkin Charles)، مبديا استعداد أمريكا لتقديم المساعدة التقنية للجزائر، لكنه اشترط ضرورة توفر ثلاثة قواعد أساسية لحث الشركات الأمريكية على التواجد في الجزائر وهي (وضوح الرؤية الاقتصادية والشفافية، ودولة القانون)
- **الاتحاد الأوروبي**: أكد على أهمية التعاون الطاقوي بين أوروبا والجزائر على اعتبار أن الجزائر ثالث مورد للغاز إلى أوروبا بعد روسيا والنرويج بما نسبته ما بين 13 %و15 %من حاجياتها، وشريك موثوقا لأوروبا بالنظر إلى مواردها الغازية الكبيرة بما فيها الغاز الصخري؛

[1] أحمد جابة، سيمان كعوان، الغاز الصخري في ضوء التجربة الأمريكية، مجلة المستقبل العربي، على الموقع: تاريخ الاطلاع 2023/07/05.
https://platform.almanhal.com/Files/2/78239

- **الشركات الدولية:** هناك العديد من الشركات أبدت اهتمامها بمشروع استكشاف والتنقيب عن الغاز الصخري في الج ازئر، منها شركات الأشغال مثل: (ANADARKO، TOTAL، RESOURCES –EOG، TALISMAN، SHELL، ENI)، و شركات الخدمات البترولية كالتكسير الهيدروليكي مثل:
(national oil well varco،Halliburton، Schlumberger)

4.أراء الخبراء والمختصين: حيث طمأن الخبير الطاقوي والبيئي بوزيان مهماه سكان الجنوب الجزائري، بعدم وجود أي أخطار أو تهديدات للغاز الصخري، الذي تعتزم الحكومة استغلاله، مؤكداً أن هذه المادة الحيوية ستكون بديلا وتشكل إضافة نوعية للاقتصاد الوطني، من خلال استحداث آلاف فرص العمل، وقدم الخبير مهماه بوزيان[1] رؤية علمية في استغلال الغاز الصخري معتبراً أنه، من الناحية الكيميائية، مادة لا تختلف عن الغاز الطبيعي والغاز المنزلي لكنه موجود في الصخرة الأم على مسافة زيد على 1000 متر.[2]

ثانيا: الأطراف المعارضة للمشروع:

لقد تعددت الأطراف المعارضة للمشروع استغلال الغاز الصخري، بين مكونات المجتمع المدني والمعارضة السياسية، لكن أبرزها كانت المعارضة الشعبية لسكان الجنوب خاصة في"عين صالح"

1.المعارضة الشعبية للمشروع: انطلقت الاحتجاجات الشعبية على مشروع الغاز الصخري بدءا من03 جوان 2014، وذلك بعد نشر مخطط عمل الحكومت للفترة من 2014-2019 المتضمن إنجاز عمليات تنقيب نموذجية قصد تحديد طرق إنتاج المحروقات غير التقليدية في أحواض مختلفة، وقد سبق هذا النشر صدور موافقة مجلس الوزراء بتاريخ 21 ماي 2014 على الانطالق في المشروع وفق مقتضيات المادة 23 مكرر من قانون المحروقات لعام 2013، وقد كانت المطالب الشعبية تسعى الى الوقف الفوري للمشروع، لاضراره بالسكان والمحيط وتهديده مقومات الحياة بالمنطقة وعلى رأسها الثروة المائية الباطنية غير المتجددة، فقد لقيت هذه الحركة الشعبية المناهضة للمشروع صدى واسعا على المستوى الدولي، حيث صدرت في صالحها العديد من البيانات التضامنية من عديد المنظمات الدولية غير الحكومية، المهتمة بقضايا البيئة والتنمية وحقوق الإنسان.

2. المجتمع المدني: سيتم عرض للمواقف الرافضة للمشروع من طرف بعض مكونات المجتمع المدني المحلي والوطني وتتمثل في:

1.2.الجمعيات: لقد تعمدت السلطات العمومية لكبح نشاطات الجمعيات الاكولوجية المناهضة للبيئة، الا أن هذه الاجراءات الردعية لم تمنع بعض الجمعيات الوطنية والمحلية من معارضة المشروع والنضال من أجل إلغائه، ومنها:

[1] [1]لخبير الطاقوي والبيئي بوزيان : اوضح أن الخرائط الجيولوجية الموجودة، تؤكد أن هناك تراكما بين الأحواض المائية الباطنية والتجويفات الحاوية للغاز الصخري، لكن المعلوم علميا أن المسافة بين هذه التجويفات والأحواض المائية كبيرة جداً، حيث إن الماء موجود على مسافة 300 متر فقط بينما الوصول إلى الغاز الصخري يتطلب حفر أكثر من 1000 متر، وبالتالي من المستبعد من الناحية العلمية تسرب الغاز الصخري أو المواد الكيميائية من منطقة الصخر الغازي إلى منطقة الأحواض المائية

[2] المرجع السابق.

- **الجمعية الوطنية لحرية المواطنين:** تزامن تأسيس هذه المنظمة غير الحكومية في 2012/10/20 مع مناقشة البرلمان الجزائري لمشروع قانون المحروقات 2013 والمتضمن تقنين نشاطات استكشاف واستغالل الغاز الصخري. حيث أرجعت معارضتها لعدة عوامل سياسية وإقتصادية وصحية، كما رأت بأنه يؤدي إلى مستقبل مجهول وتبذير لثروات البلاد، كما أعابت على السلطات عدم استشارة الشعب وأخذ موافقته حول المشروع.
- **جمعيات المجتمع المدني المحلي:** ساهم المجتمع المدني المحلي خاصة في منطقة "تيديكلت" في مدينة عين صالح بفعالية كبيرة في تأطير الاحتجاجات ضد الغاز الصخري بالمنطقة، وقد كان له دور كبير في توحيد مطالب وأهداف سكان المنطقة تجاه السلطات العمومية، وقد تجلى ذلك من خلال النداء المشترك الذي دعت إليه "اللجنة الوطنية للموراطوار حول الغاز الصخري" الموجه لرئاسة الجمهورية حول تعليق تجارب واستغلال الغاز الصخري بتقنية التكسير الهيدروليكي (والمعروف بالموراطوار Moratoire*).
- **الرابطة الجزائرية للدفاع عن حقوق الانسان:** التي أصدرت بيانات تضامنية مع سكان عين صالح ، حيث ساندت مطالبهم وأسمعت صوتهم بمناسبة المنتدى العالمي للحقوق الاجتماعية والاقتصادية، المنعقد في مارس 2015 بالقيروان التونسية
- **مرصد المواطنة الجزائري:** والذي شكل سابقا "اللجنة الوطنية للمو ارطوار حول الغاز الصخري"، بيانا ندد فيه بموقف حكومة أويحي حول قرار العودة إلى المشروع، وكذا افتقادها إلى برنامج لخلق الثروة. كما دعا المواطنين إلى التجند وخلق لجنة مستقلة حول الانتقال الطاقوي والبيئة،

2.2. الخبراء والجماعة العلمية: وقف العديد من الخبراء الجزائريون من قطاعات شتى (الطاقة، الاقتصاد، البيئة، علم الاجتماع، التعليم العالي والبحث العلمي...)، ضد مشروع استكشاف واستغلال الغاز الصخري في الجزائر، بسبب المخاطر الكبيرة التي تترتب على البيئة والسكان من جهة، وبالنظر إلى تكاليفه المرتفعة بيئيا وطاقويا، وماليا مقارنة بضعف الفوائد والمردودية التي ستجنيها الدولة منهمن جهة اخرى

ويرى مختصون أن كل المعطيات التي وفرتها الدراسات العالمية في مجال استغلال الغاز الصخري تؤكد على:

- أن استخراج الغاز الصخري غير مفيد اقتصاديا في المرحلة الأولى، ذلك أنه يوجه لتلبية الطلب الداخلي؛
- أن قانون الاستثمار يفتح المجال للأجانب من أجل استغلال هذا النوع من الغاز، ما يؤدي إلى استفادتهم من عمليات الاستغلال دون استفادة الجزائر، فإن التسرع في منح الحقول للأجانب من أجل استخراج الغاز الصخري في هذه الفترة مأساة، ذلك أنها تقنيا وعلميا لا يمكن أن تتحقق في البلاد إلا بعد 30 سنة[1]
- إن عمليات استخراج هذا النوع من الغازات مجازفة غير محسوبة العواقب على البلاد، وتأتي مخاطره جراء عمليات الاستخراج، التي تتطلب استعمال مواد كيميائية خطيرة وتقنيات التكسير الهيدروليكي؛ كما تتطلب استهلاكا كبيرا

* **موراطوار: Moratoire** هو مصطلح قانوني يعني وقف مؤقت لنشاط معين أو تأجيل البث في إجراء ما.
[1] محمد عشاشي، مرجع سابق، ص 312.

للمياه، حيث يتم استهلاك مليون م^3 من الياه المحلاة لكل مليار م^3 من الغاز الصخري، ما يوجب على الحكومة إلحاق مشاريع باستثمارات واسعة لحفر آبار المياه وإنجاز محطات للتحلية ومحطات لإعادة رسكلة المياه المستعملة[1]

3. الاحزاب السياسية: شاركت العديد من أحزاب المعارضة في التنديد بمشروع الغاز الصخري والمطالبة بإلغائه مثل "جبهة العدالة والتنمية"، "تجمع الجزائر الخضراء"، "جبهة القوى الاشتراكية "، هذا من داخل البرلمان، اما من خارج البرلمان، التنسيقية من أجل الحريات والانتقال الديمقراطي، كان من أبرز نشاطاتها في هذا الاطار تنظيم وقفات احتجاجية ضد المشروع بمناسبة الذكرى السنوية لتأميم المحروقات و إصدار بيانات مساندة لمحتجي الجنوب خاصة في عين صالح.

4. مكونات أخرى معارضة: هناك أطراف أخرى عبرت عن معارضتها للمشروع نذكر منها: شخصيات وطنية ومسؤولون سابقون:

- "أحمد بن بيتور"، الخبير الاقتصادي ورئيس الحكومة السابق الذي نفى أن يكون الغاز الصخري حال لأوضاع الاقتصاد الوطني نظرا لما يتطلبه من وقت طويل بين الاستكشاف والتطوير ودخول مرحلة الانتاج، بغض النظر عن آثاره على السكان والبيئة؛
- نزيم زويوش، المدير التنفيذي الأسبق لشركة سوناطراك الذي صرح بأن قرار الانطلاق في مشروع الغاز الصخري قرار متسرع ولا يؤخذ في الحسبان كلفة المخاطر، كما أن مردوده غير مضمون؛
- ومنهم "رشيد نكاز" الناشط السياسي، الذي نظم العديد من الفعاليات ضد مشروع الغاز الصخري ومنها العديد من اللقاءات الاعلامية، بالاضافة إلى وقفة احتجاجية أمام مقر شركة طوطال الفرنسية بباريس.

5.النقابات المستقلة: عبرت بعض النقابات المستقلة عن رفضها لمشروع الغاز الصخري في الجزائر ومنها "الكونفدرالية العامة المستقلة للعمال في الجزائر"وكذا "النقابة الوطنية المستقلة لمستخدمي الادارة العمومية"، كما شاركت بعض الفروع النقابية كالنقابات المستقلة.

6. أطراف خارجية معارضة للمشروع: تنوعت هذه الأطراف بين منظمات غير حكومية دولية تعنى بشؤون البيئة والتنمية وحقوق الانسان، وبين شخصيات علمية أو إيكولوجية أو سياسية وأمثلة على ذلك نذكر: منظمة (Attac) الفرنسية التي أطلقت حملة مناهضة لاستغلال الغاز الصخري في العالم وخاصة في منطقتي أوروبا والمغرب العربي أسمتها (free Frack Europe & Maghreb) عبر تنظيم ورشات عمل حول الغاز الصخري والذي وصفته "بإبادة البيئة المعلنة".

كما نددت مجموعة من المنظمات المعنية بحقوق الانسان بتجاوزات السلطات العمومية في حق سكان عين صالح بعد انطلاق الاحتجاجات الشعبية ضد المشروع طيلة سنة 2015 ومنها[1] :

[1]بوضاضة دنيا والعايب لحسن، الغاز الصخري بين متطلبات التنويع الطاقوي وتحدت استغلاله في الجزائر، مجلة دراسات اقتصادية، العدد 04، المجلد 01، 2017، ص08.

- **تقرير الادانة للتجاوزات للسلطات العمومية بالتزاماتها الدولية،** والذي أصدرته "الشبكة الأورو متوسطية لحقوق الانسان REMDH "الصادر بكوبنهاقن في 31 /2015/01، والذي أدانت فيه "إخلال السلطات المحلية بواجباتها في إعلام ومشاورة السكان، وكذا غياب الحوار مع السكان المعنيين مما ولد حالة من التوتر الدائم.
- كما أصدرت منظمة العفو الدولية (international Amnesty) بيانا حول الجزائر بتاريخ 2015/12/04 دعت فيه إلى وضع حد للإستهداف المستمر لمنتقدي الحكومة ونددت فيه بقمع السلطات للمعارضين السلميين، وذلك بعد قيام السلطات الجزائرية بحملة متابعات قضائية ضد نشطاء سلميين مارسوا حقهم في حرية التعبير والتجمع بمناسبة الاعتراض على مشروع الغاز الصخري خاصة في عين صالح وتامنراست، وصدور أحكام أولية بالسجن في حق العديد منهم، وقد هددت المنظمة باعتبارهم "سجناء رأي" في حالة صدرت أحكام نهائية في حقهم بالسجن الفعلي.
- الشخصيات العلمية والإيكولوجية والسياسية: "جوزي بوفي Bové Jozé "الناشط الايكولوجي الفرنسي، والبرلماني الأوروبي، والمعارض للعولمة (Altermondialiste) الذي طالب شركة توتال بالانسحاب من الجزائر، كما حث المجتمع المدني الجزائري على مواصلة ضغطه حتى إجبار الحكومة على سحب المشروع.
- كما حذر خبراء دوليون مثل مارك دوارن (Durand Marc) من مخاطر تلوث مصادر المياه والتي لم يتم تحليلها الا عرضيا ضمن دراسة المشروع، حتى في حالة عدم استعمال المياه الجوفية للصحراء، "بسبب أعمدة الآبار التي ستشكل ممرات دائمة للملوثات نحو المياه الجوفية مراجعة الأنظمة الجزائرية.

ثالثا: مراجعة الأنظمة الجزائرية:

يسرد الجدول اللآتي القوانين واللوائح التي تنطبق على حماية البيئة، كما يتم استخدام هذه اللوائح في التقييم الأولي لتأثيرات الغاز الصخري.[2]

[1] نبيل بن مرزوق، صالح سراي، الاستثمار في الغاز الصخري في الجزائر بين المنافع الاقتصادية والأضرار البيئية، مجلة الاقتصاد الدولي والعولمة، المجلد 03، العدد 04، 2020، تاريخ النشر 2020/12/01.

[2] Rahmouni Sofiane, Etude des impacts environnementaux de gaz de schiste, op-cit, p.28

جدول رقم (03): قائمة المراسيم المطبقة في الجزائر في مجال البيئة

الأثر	المراسيم
تلوث المياه الجوفية	مرسوم تنفيذي رقم 07-399 مؤرخ في 14 ذو الحجة 1428 الموافق 2007/12/23 يتعلق بمحيط الحماية النوعية للموارد المائية.
تلوث سطح التربة	المرسوم التنفيذي رقم 93-161 المؤرخ 10 يوليو 1993 الذي ينظم تصريف الزيوت ومواد التشحيم في البيئة الطبيعية.
إستهلاك الموارد المائية	مرسوم تنفيذي رقم 08-148 صادر في جمادى الأولى عام 1429 الموافق 2008/05/21 يحدد كيفيات منح الترخيص باستعمال الموارد المائية.
ميـاه الصـرف	- مرسوم تنفيذي رقم 93-160 مؤرخ في 1993/06/10 ينظم تصريف النفايات السائلة الصناعية. - مرسوم تنفيذي رقم 06-141 مؤرخ في 20 ربيع الأول عام 1427 الموافق 19-04-2006 يحدد القيم الحدية لتصريف النفايات السائلة الصناعية
تـلوث الهـواء	- مرسوم تنفيذي رقم 93-165 مؤرخ في 10-07-1993 ينظم انبعاثات الدخان والغازات والغبار والروائح والجزيئات الصلبة من المنشآت الثابتة في الغلاف الجوي - مرسوم تنفيذي رقم 06-138 مؤرخ في 16 ربيع الأول عام 1427 الموافق 2006/04/15، ينظم انبعاث الغازات والأبخرة والجسيمات السائلة أو الصلبة في الغلاف الجوي، وكذا ظروف ممارسة الرقابة عليها. - مرسوم تنفيذي رقم 07-207 مؤرخ في 15 جمادى الثانية 1428 الموافق 30-06-2007 ينظم استعمال المواد المستنفدة لطبقة الأوزون.
آثار الضوضاء	مرسوم تنفيذي رقم 93-184 مؤرخ في 27-07-1993 ينظم انبعاث الضوضاء.

Source :Rahmouni Sofiane, **Etude des impacts environnementaux de gaz de schiste**, memoire presente pour l'obtention du diplome de magister en hygiene et securite industrielle option : gestion des risques, Université El-Hadj Lakhdar-Batna Institut d'Hygiène et Sécurité Industrielle, 2015

نلاحظ انه فيما يتعلق بعملية التكسير الهيدروليكي، لا يوجد تنظيم في المرسوم الصادر عن الدولة الجزائرية لتحديد المتطلبات التي تحدد التقنيات التي سيتم استخدامها لإتقان هذه التكنولوجيا

المبحث الثاني: تقييم كفاءة إسغلال الغاز الصخري في الجزائر

إن مرحلة استغلال المحروقات غير التقليدية بما فيها الغاز الصخري، تتطلب تقنيات متطورة وقدرات عملية ومالية كبرى، لذا من الواجب دراسة الجدوى الاقتصادية لمثل هذا النوع من المشاريع المكلفة، وسنستعرض فيما يلي أهم الجوانب الاقتصادية التي يجب مراعاتها قبل الشروع في هذا الاستثمار، وكذا مختلف الصعوبات التي قد تعرقل انتاجية الغاز الصخري بالكفاءة المراد تحقيقها.

المطلب الأول: اقتصاديات الغاز الصخري في الجزائر

حتى نستطيع استنتاج ما اذا كان استغلال الغاز الصخري يحقق الكفاءة المطلوبة من عدمها يجب دراسة جملة من العوامل، منها التكاليف والايرادات، انتاجية آبار الاستغلال، العوامل الجيولوجية، وذلك من خلال:

أولا: مردودية الغاز الصخري في الجزائر

يرى العديد من الخبراء الاقتصاديين أن مردودية الغاز الصخري في الجزائر تبقى مرهونة بالخصائص الجيولوجية للصخرة المستهدفة، كما يجب إحتساب وإدخال التكاليف الخارجية السلبية كالتأثيرات على البيئة وعلى الصحة البشرية، وهو الجانب الذي لم يتم تقييمه إلى يومنا هذا، بالإضافة إلى ضرورة تصفية غاز الميثان الذي يحتويه الغاز الصخري، حتى يسهل تحويله إلى حالته السائلة (غاز سائل)، وهي عملية جد مكلفة ستؤدي إلى فائض التكلفة، ويقدر سعر التكلفة في الولايات المتحدة الأمريكية لمليون وحدة حرارية بريطانية من الغاز الطبيعي الصخري بحوالي 10 دولار أمريكي، في حين لا يتعدى سعر بيعه 4 دولار أمريكي، للإشارة هنا فإن هذه الأسعار مدعمة من طرف الحكومة الأمريكية، كما يرى العديد من الخبراء الاقتصايين أن اللجوء إلى إستخراج الغاز الصخري في الجزائر يعتبر مجازفة حقيقية، إذ سيؤدي إلى إنفاق الملايير من الدولارات، وهو ما يفتح المجال للتساؤل عن أسباب اللجوء إلى الاستثمار المكلف للغاز الصخري في الوقت الذي يمكن فيه الحصول على غاز طبيعي تقليدي أقل تكلفة بكثير من الغاز الصخري و أكبر مردوية في نفس الوقت.[1]

وفي المقابل قد تصبح عملية حفر بئر للغاز الصخري مجدية اقتصاديا اذا كانت تحتوي على سوائل الغاز المصاحبة، وهذا رأي المختصين في صناعة النفط والغاز فإن حقول الغاز الرطبة التي تحتوي على سوائل الغاز الطبيعي بنسبة 25%، تكون أكثر جذبا حتى لو كان سعر الغاز في حدود 3 دولار أمريكي /مليون وحدة حرارية بريطانية[2]، وخير مثال عن حقول الغاز الصخري المربحة، هما حقلي مارسيلوس وايجل فورد في أمريكا، في ظل تقلبات أسعار الغاز الحالية، لكونهما يتميزان بإنتاج سوائل كبيرة من الغاز الطبيعي، وبها مناطق كثيرة لم تحفر بعد، بالاضافة إلى تميزهما ببنى تحتية قائمة أو يمكن تشييدها بتكاليف معقولة، مما يسهل عملية نقل الغاز وسوائل الغاز الطبيعي إلى مراكز المعالجة في ولاية بنسلفانيا وولاية تكساس بالولايات المتحدة.

---

[1] Mohammed Said BAGHOUL: « Quelques aspects techniques, environne mentaux et économiques concernant la fracturation hydraulique», rapport su l'experience d'exploitation du gaz de schiste et la fracturation hydraulique rapport, Tamenrasset, février 2015, page 14.

[2] فهد التركي: مستقبل إنتاج النفط والغاز من المصادر الغير التقليدية، مرجع سابق، ص22.

ثانيا: موارد الغاز الصخري القابلة للإسترجاع تقنيا* في الجزائر

من المهم جدا التمييز بين الموارد القابلة للاستغلال تقنيا والموارد القابلة للاستغلال اقتصاد، فالموارد القابلة للاستغلال تقنيا هي تلك التي يمكن انتاجها وفقا للتكنولوجيا السائدة، بغض النظر عن الأسعار وتكاليف الانتاج، أما الموارد القابلة للاستغلال اقتصاد فهي الموارد التي يمكن انتاجها بمردودية حسب ظروف السوق السائدة. والتي ترتبط بثلاث عوامل: (تكاليف الحفر واكمال البئر، كمية الغاز والبترول المنتج حسب معدل حياة البئر وأسعار البترول والغاز المنتج)، تعتبر الموارد المعلنة من الغاز الصخري موارد قابلة للاستغلال تقنيا، لكن تكلفتها الاقتصادية تبقى غير معروفة خارج الولات المتحدة الامريكية، ولا يمكن الجزم ي شيء ما لم يتم البدء فعلا في استغلال هذه الموارد،[1] كما أن تطوير الغاز الصخري لا يتوقف عند العوامل الجيولوجية فقط؛ بل يتعداه إلى عوامل أخرى،سيتم التطرق لها في الفقرات القادمة.

حسب الدراسات التي شملت تشكيلات صخور السيلوري والفراسني لمجموع الاحواض الصحراوية الجزائرية، فقد سجلت من (2650 الى10585) ترليون قدم مكعب من الغاز المؤكد، أي ما يعادل (10الى40)% من مجموع كميات الغاز، ويتراوح معدل الاسترجاع في حقول بارنيت الأمريكية، (20 الى50) % في حين يصل إلى 30% في حقول صخر هايسنفيل، و(20الى40) % في حقول مارسيلوس، وعلى سبيل المقارنة فإن الموارد القابلة للاسترجاع تقنيا (TRR) من الغاز الصخري بلغت 665 ترليون قدم مكعب في الولايات المتحدة الأمريكية (EIA) عام.2013.[2]

أما الموارد القابلة للاسترجاع تقنيا (TRR) في الجزائر فيوضحها الجدول التالي:

جدول رقم (04): الموارد القابلة للاسترجاع تقنيا (TRR) في الجزائر

الحقل	الغاز(ترليون قدم مكعب)	سوائل الغاز
آحنات	1902	-
تيميمون	1925	-
بشار	53	-
بركين	954	215
إليزي	106	33
مجموع الغاز الموجود	4940	248

Source: Mohamed Kaced: « Le Potentiel Shale Gas en Algerie »>, Journees d'etudes « Tight & Shale Reservoirs », Sheraton Alger, institut Algerien du pertrole, Sonatrach, 17-18 Septembre 2013, p18

*يتم غالبا تصنيف موارد البترول والغاز الطبيعي الى أربعة تصنيفات، وهي(البترول والغاز المتبقي في المكامن ، الموارد القابلة للاستغلال تقنيا، الموارد القابلة للاستغلال اقتصاديا، الاحتياطات المؤكدة.

[1] بوضاضة دنيا والعايب لحسن،مرجع سابق، ص 180.

[2] Kaced Mohamed , Rahmani Athmane, Arab Mohamed, **« Le Potentiel Shale Gas en Algérie »** , journees d'etudes "tight & shale reservoirs", Sheraton, Alger, institut algerien du petrole, organisme , Sonatrach, " 17-18 Septembre 2013, p18. Sur site : https://www.researchgate.net/publiation/294220035_Shale_gas_ressources_of_Algeria

إن إجمالي موارد الغاز الموجود، والمتواجدة في المناطق المحتملة بأحواض آحنات، آحنات، تيميمون، بشار، بركين، إليزي، والتي كانت محل دراسات معمقة، هي مجموع ما يقارب 4940 ترليون قدم مكعب.
وبتطبيق معدل استرجاع (TRR) بـ 15 % فإن إجمالي الموارد الممكن استرجاعها من الغاز الصخري كل من أحواض، آحنات، تيميمون، بشار، بركين،إليزي، يقدر ب707 ترليون قدم مكعب.

المطلب الثاني: مقارنة بين آبار الغاز الصخري الجزائري وآبار الغاز الصخري الأمريكي

لقد تم إجراء مسح أولي من طرف شركة سوناطراك لجميع البيانات المتاحة في بعض الآبار الجديدة المحفورة في المناطق المحتملة التي تستهدف كلا من الصخر الزيتي السيلوري والفراسني، وتم تنفيذ هذه الآبار (3 مناطق) بشكل أساسي للأهداف التقليدية في خزانات الحجر الرملي من أجل تقييم تكوينات الغاز الصخري السيلوري والفرسني من الآبار في حوض وآحنات التي تشير إلى وجود جودة خزان جيدة على مساحة كبيرة، ويمكن إجراء مقارنة لرواسب الغاز الصخري في الولايات المتحدة في حقل بارنيت وهاينزفيل، مارسيلوس، فايتفيل، مع الغاز الصخري في الجزائر، والجدول الموالي يبين مقارنة بين الغاز الصخري الجزائري لتشكيلات صخر الفراسني الجزائري، مع أهم حقول الغاز الصخري في الولايات المتحدة الأمريكية بالنظر الى عدة عناصر التي تتحكم في تحقيق هدف الغاز الصخري وهي: الثراء العضوي وسمك ومدى مستوى الطين، النضج الحراري (نافذية الغاز الجاف)، نوع الكيروجين، المسامية وتشبع الغاز، ضغط الخزان، ووفقا لدراسة أجرتها سوناطراك لمراجعة لمكامن الغاز الصخري في الجزائر.

جدول(05): مقارنة بين الغاز الصخري في التشكيلات"الفراسنية" بالجزائر والولايات المتحدة الأمريكية

حقول الغاز في التشكيل الفراسني	سمك الآبار	متوسط المركبات العضوية TOC	مدى فعالية المسامية Effective la porosité	تشبع بالماء Saturation Water	النفاذية perméabilité	اجمالي الغاز الموجود GIP مليار قدم مكعب/ميل مربع
مارسيلوس	76	3.6	8.1	19	567	59
بارنيت	133	3.3	8	24.5	299	139
وودفورد	66	6	6.8	26.4	285	59
أطوكا	21	2.6	9.6	48	191	55
فايت فيل	84	3.6	7.2	29.1	288	53
هاينس فيل	112	2.2	8.4	39	270	129
آقل فورد	105	2.7	6.6	23	284.5	90
الجزائر(منطقة أ)	108	2.7	7.0	18	350	65
الجزائر (منطقة ب)	250	4.1	8.6	232	360	122
الجزائر (المنطقة ج)	248	4.0	9.0	22	354	122

Source: Kaced Mohamed , Rahmani Athmane, Arab Mohamed, « **Le Potentiel Shale Gas en Algérie** » , journees d'etudes **"**tight & shale reservoirs**"**, Sheraton, Alger, institut algerien du petrole, organisme , Sonatrach, " 17-18 Septembre 2013, P16.

- GIP : Gas In Place
- TOC: Total Organic Composition

نستخلص من هذا الجدول النقاط الآتية:

- إن خصائص الخزانات، ونوعية صخور الفراسني بالجزائر تعد من الصنف الأول عالميا من حيث غناها بالمواد العضوية، ومن حيث درجة النضج(إحتوائها على الغاز الجاف والسائل)، ونفاذية عالية، وضغط مياه منخفض للخزان(أقل من 25 %)؛
- يعد سمك صخر الفراسني الجزائري معتبر، إذ قد يصل إلى حوالي 230 متر؛
- محتوى طيني مرتفع على العموم في الجزائر؛
- خلاصة الدراسات الجيوميكانيكية الأولية في الجزائر، تشير إلى أن هذه الطبقات الطينية هي طبقات منتجة.

ثانيا:

المطلب الثالث: فرص و تحديات صناعة الغاز الصخري في الجزائر

هناك عدة عوامل ساهمت في نجاح تجربة الغاز الصخري في الولايات المتحدة الأمريكية، والتي قد لا تتوفر في دولة أخرى، وتعتبر الجزائر كغيرها من الدول التي تواجه صناعة الغاز الصخري في الجزائر العديد من المعوقات، الا أنها عازمة على المضي قدما في هذا الاستثمار، بامتلاكها عدة مقاومات تتمثل في :

أولا:فرص نجاح إستغلال الغاز الصخري في الجزائر

من بين أهم العوامل التي قد تساعد على نجاح تجربة الغاز الصخري في الجزائر مستقبلا نذكر أهمها :[1]

- موارد هائلة من الغاز الصخري الجزائري، إذ قدرت عدة منظمات عالمية موارد الجزائر من الغاز الصخري كإحتياطيات مؤكدة، دعمتها نتائج الدراسات والتقديرات لآبار مختلفة قامت بها شركة سونطراك .
- إمكانية إنتاج الغاز الجاف وسوائل الغاز في الأحواض الغربية، في حين يقع النفط الصخري في الخزانات ذاي الضغط العالي بالأحواض الشرقية.
- تعظيم الربح التجاري عن طريق تعظيم الرمال النفطية، وهذا راجع إلى تواجد الرمال النفطية فوق الطبقات الصخرية ما بين تكوينات صخور السيلوري و الفراسني
- توافر المياه بأحجام هائلة في طبقات المياه الجوفية، وعلى مساحات واسعة تمتد من الحدود الشرقية إلى الحدود الغربية لحوض آحنات لكن الإستخدام الصناعي لها في تطوير صناعة الغاز الصخري يخضع الى التشريعات والقوانين.
- إعتماد مشاريع بناء الأنابيب(غرب الأحواض)، وهذا راجع إلى الحقول التقليدية و غير التقليدية الواجب تطويرها في المستقبل القريب مثل أحنات وتينهارت و غيرها
- الفرصة في تطوير الغاز الصخري بتكاليف إستثمار منخفضة شرق الأحواض بفضل توفر البنى التحتية و شبكة أنابيب الغاز ذات القدرة الكبيرة.

[1] Kaced Mohamed , Rahmani Athmane, Arab Mohamed, « Le Potentiel Shale Gas en Algérie » , journees d'etudes "tight & shale reservoirs", Sheraton, Alger, institut algerien du petrole, organisme , Sonatrach, " 17-18 Septembre 2013, P17

- زيادة الطلب العالمي على الغاز خصوصا في أوروبا الزبون الأول للجزائر
- الشراكة التاريخية لشركة سونطراك مع كبرى شركات النفط والغاز العالمية، والمعروفة بخبرتها الطويلة في الميدان، وذلك بالتعاون معها وتبادل الخبرات.
- ملكية الموارد الطبيعية و المحروقات للدولة.
- وضع قانون يسمح بإستغلال الغاز الصخري في الجزائر عام 2013، تاريخ الصناعة النفطية والغازية في الجزائر.

ثانيا تحديات استغلال الغاز الصخري في الجزائر

من بين التحديات التي تواجه الجزائر استثمار هذا المورد الطاقوي نذكر ما يلي:

1.جيولوجيا وجغرافيا

تختلف العوامل الجيولوجيا وعمق الصخور الرسوبية في الجزائر عن الولايات المتحدة الأمريكية وهي:[1]

- **من حيث الخبرة الجيولوجية** الجزائر لا تضاهي مثيلتها في الولايات المتحدة الأمريكية فهي غير كافية ان لم نقل غير متوفرة، فالولايات المتحدة كانت السباقة في عمليات الاستكشاف، إذ إكتسبت و لمدة قرن ونصف القرن خبرة واسعة في مجال الحفر لإستخراج موارد الطاقة الأولية من النفط و الغاز الطبيعي، الشيء الذي مكنها من تحديد مواقع الصخور التي تحتوي على الغاز.
- **من حيث العمق**: على سبيل المقارنة، يصل عمق الأحواض في غدامس مثلا، ما بين 8000 و16000 قدم، بينما يصل عمق تكوينات الغاز الصخري في الولايات المتحدة الى 2600 و8500 قدم، وكمثال فإن حوض مارسيلوز الذي يتضمن أكثر من36 بالمئة من انتاج الغاز الصخري، يصل فيه العمق الى 8000 قدم ويبدأ من 1000 قدم[2]
- **أما جغرافيا** فإن أغلب الموارد غير التقليدية تتداخل إلى حد كبير مع المواقع المعروفة للموارد التقليدية (ضمان هياكل النقل في الموقع أو قربها النسبي)، ما عدا حوض موديير وتندوف اللذان يقعان في أقصى الغرب، كذلك فإن أهم مواقع الغاز الصخري (تندوف، رقان، تيميمون، ايليزي، احنات، موديير، غدامس بركين)، منعزلة وعدد السكان المحليين محدود جدا، كما هو الحال لأغلب موارد الطاقة التقليدية.

2. **البنى التحتية**: إن إنتاج وتوزيع الغاز الصخري يتطلب أكثر من بئر واحدة، كما أن مواقع الإنتاج يجب أن تحتوي على قدر كاف من الطرق وخطوط الأنابيب لنقل الغاز كما يجب توفير مرافق المعالجة والنقل الخاصة بالغاز المسال عبر النقل البحر.

3.التطورات التقنية والتقدم التكنولوجي في إستخراج الغاز الصخري: تعتمد عملية إستخراج الغاز الصخري على طريقة الحفر الأفقي وتقنية التكسير الهيدروليكي، التي تمتلكها شركات مختصة في الولايات المتحدة الأمريكية، و التي تنعدم في الجزائر، أما في حال التفكير في إستيراد مثل هذه التقنيات المتطورة فسيطرح مشكل التكاليف الباهضة لهذه

[1] نبيل مرزوق وصالح سراي، مرجع سابق.
[2] بوضاضة دنيا والعايب لحسن، مرجع سابق.

التكنلوجيا، بالإضافة إلى عدم توفر اليد البشرية المؤهلة(فنيا وتقنيا) للتحكم في عملية التكسير الهيدروليكي المعقدة، وصعوبة تحديد المواقع الجغرافية للآبار.[1]

4.عدم توفر القوانين والتشريعات المنظمة لإستغلال الغاز الصخري في الجزائر:على عكس القوانين المنظمة لقطاع المحروقات التقليدية الجزائرية، فإن الغاز الصخري يفتقر إلى الإطار القانوني والتنظيمي بالرغم من مخاوف إحتمال تلوث المياه الجوفية بالمواد الكيميائية المستعملة في تقنية التكسير الهيدروليكي.

5.المعارضة الشعبية لأعمال التنقيب عن الغاز الصخري في الجزائر: عدد السكان محدود في المناطق الصحراوية لكن ذلك لا يعني عدم معارضة السكان، وهو ما أثبتته الاحتجاجات التي عرفتها منطقة عين صالح بعد قيام سوناطراك بحفر الآبار التجريبية الأولى في حوض أحنات، كما أن تخوفات المجتمع المحلي من صناعة الغاز الصخري تعتبر من المسئل العالقة لدى الحكومة إذ تحتاج إلى المزيد من الوقت لتشرح للمجتمع مدى أهمية تطوير هذه الصناعة، وكذا التدابير الأساسية والضمانات المقدمة التي سيتم إتخادها لحماية البيئة وجودة الحياة المحلية،وكذا الفوائد التي يتوقع المجتمع المحلي الحصول عليها.

والملاحظ أن لهذه المعارضة سببين، فالسبب الأول يتعلق بالأضرار البيئية خاصة مشكلة تلويث المياه الجوفية والسبب الثاني يتعلق بفوائد الإستثمار والتي ستجنيها الحكومة وليس مالكي الأراضي كما هو الحال في الولايات المتحدة الأمريكية.

6. المسائل البيئية: تعد أهم الانشغالات والمخاوف تلك المرتبطة بالموارد المياه اللازمة لعمليات الحفر التي طرحها سكان الجنوب احتجاجا على استغلال الغاز الصخري، فاستخدام الماء في عمليات التكسير الهيدروليكي يثير القلق خاصة في دولة جافة مثل الجزائر، فأكثر من 80 % من التراب الجزائري عبارة عن صحراء، وأكثر من 95 % من أحواض الغاز الصخري تقع في الصحراء وفي مناطق جافة يقل فيها المطر كثيرا، كما أن أربعة من السبعة مناطق التي يتواجد فيها الغاز الصخري تتميز بإستخدام الماء في الصناعة في المقابل ورغم أن مساحة المياه قليلة، فإن الجزائر تقع فوق احتياطيات كبيرة جدا من المياه الجوفية، والتي تمتد على مدى مليون كيلومتر مربع تحت الجزائر، ليبيا وتونس، والتي تتضمن حوالي 60000 مليار متر مكعب من المياه الجوفية، لكن ورغم توفر هذه الاحتياطات فإن استغلال الغاز الصخري يتطلب كميات كبيرة من الماء، إذ يتطلب حفر بئر بعشر تجزئات للتكسير من 10000 الى 20000 متر مكعب وما يزيد من الضغط على موارد المياه هو أن معدل استهلاك المياه يصل إلى 2.5 مليار متر مكعب في السنة، في حين أن معدل تجدد هذه المياه هو مليار متر مكعب في السنة ، يضاف إلى ذلك مشكل النزاع حول استخدام المياه لنسبة للأحواض المشتركة مع ليبيا وتونس، يمكن اللجوء إلى طرق أخرى مثل استخدام المياه غير الصالحة للشرب والمياه المالحة أو إعادة استخدام المياه المستعملة في التكسير، كما يجب الاستفادة من التطورات التي تعرفها تقنية التكسير الهيدروليكي[2]

[1] جمال عبد الله : " **ثورة الغاز الصخري و أثرها على اقتصادات دول الخليج**"، تقرير مركز الجزيرة للدراسات الخليج العربي، أكتوبر2013، ص 5 .
[2] بوضاضة دنيا والعايب لحسن، مرجع سابق.

7.مناخ الاستثمار في الجزائر: حسب الوكالة الوطنية لتثمين المحروقات، يجب أن تقوم الجزائر بحفر حوالي 12 000 بئر خلال الخمسين سنة القادمة حتى تتمكن من انتاج 60 مليار متر مكعب من الغاز الصخري في السنة، الأمر الذي يستدعي تعبئة مبالغ ضخمة تصل إلى حوالي 300 مليار دولار، ومنه فإن تطوير الغاز الصخري يحتاج إلى أموال كبيرة وكذلك إلى التكنولوجيا مما يعني ضرورة العمل على جذب الاستثمار الأجنبي وتكييف قانون الاستثمار ليتماشى مع متطلبات تطوير هذا النوع من الموارد .

في هذا الإطار تمت المصادقة في سنة 2013 على قانون المحروقات الجديد 01- 13، والذي وفر القواعد العامة لاستكشاف واستغلال الموارد غير التقليدية، خاصة الغاز الصخري، ويعتبر هذا القانون جزء من المجهودات المبذولة لتحسين المناخ الاقتصادي و المالي، لكن التعديلات الجديدة لم تلغي قاعدة استحواذ سونطراك على 51% على الأقل، وهو ما يجعل مناخ الاستثمار غير جذابا، خاصة بالنسبة للغاز غير التقليدي، ولعل المناقصة التي تمت في سبتمبر 2014 خير مثال على ذلك، أين تم التوقيع على أربعة فقط من أصل 31 منطقة تم عرضها على المستثمرين.

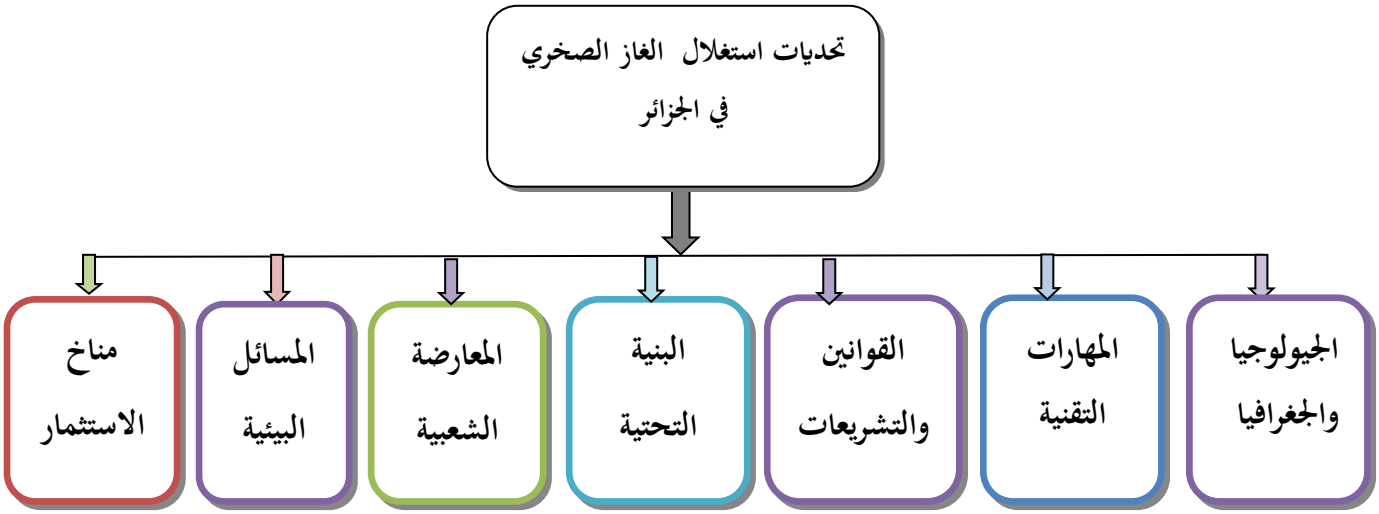
وبالتالي يتطلب الاستثمار للغاز الصخري في الجزائر على:

- **الحاجة الى عقود طويلة الأجل للإستثمار في الغاز الصخري:** يتطلب الإستثمار في الغاز الطبيعي سواء كان غازا تقليديا أو غير تقليدي عقود امتياز طويلة المدى إذا أريد لهذا الاستثمار أن يكون مجديا.
- **التكاليف الباهضة للغاز الصخري في الجزائر:** تعد تكلفة الغاز الطبيعي أعلى بكثير لمقارنة مع الولايات المتحدة الأمريكية، فإذا كانت التكلفة تصل فيها إلى 3.5 دولار لكل مليون وحدة حرارية بريطانية، فيمكن أن تصل في الجزائر إلى 15 دولار، ويزداد الوضع صعوبة خاصة في ظل انخفاض انتاجية الآبار، فبالنسبة لأهم خمسة حقول من الغاز الصخري في الولايات المتحدة الأمريكية، انخفضت الانتاجية بعد السنة الأولى إلى ما بين 20 % و 37 % من الانتاج الأولي، واستمر الانتاج في الانخفاض على طوال فترة حياة البئر، ولقد تم مواجهة هذا المشكل في الولايات المتحدة الأمريكية عن طريق ما يسمى "التجربة و الخطأ"، والتي تتضمن الحفر ثم التكسير دون القيام لتحليل الدقيق للخصائص الجيولوجية، حيث أن العدد الكبير للآبار المنخفضة التكاليف يغطي على الآبار غير المنتجة ، أي أن النجاح يمول الفشل، بالإضافة الى أن تكاليف(التنقيب، والإستكشاف وكذا الإستخراج) للغاز الصخري أكبر بكثير منها في الغاز الطبيعي التقليدي السهل الإستخراج هو ما يؤدي إلى التشكيك في وجود كفاءة إقتصادية في إنتاجه.
- **طبيعة حقوق ملكية باطن الأرض في الولايات المتحدة الأمريكية:** إن باطن الأرض في الولايات المتحدة الأمريكية هي ملك لصاحب الأرض، عكس الجزائر التي تعتبر هيدروكربونات باطن الأرض ملكية حصرية للدولة.[1]
- **عدم توفر خدمات ديناميكية وتنافسية:** أي عدم توفر الخدمات التنافسية التي تستجيب لمتطلبات المستثمرين في صناعة الغاز الصخري بالجزائر عكس توفرها في الولايات المتحدة الأمريكية.

[1] جمال عبد الله، **ثورة الغاز الصخري و أثرها على اقتصادات دول الخليج**، مرجع سابق، ص6.

- **تخوف الشركات الطاقوية الأجنبية من الوضع الأمني* في الجزائر والفساد الاداري لشركة سوناطراك** حيث أبدت الشركات الأجنبية تخوفها من الفساد والرشوة أكثر من تخوفها من الوضع الأمني، هذه الوضعية جعلت سونطراك هي التي تشرف لوحدها على انتاج ما يقارب 80 %من المحروقات في الجزائر، وبذلك فهي تتحمل مخاطر الاستثمار، وستزداد هذه المخاطر أكثر لنسبة للغاز الصخري الذي يحتاج إلى تقنيات دقيقة ومكلفة، شركات الطاقة العالمية من الضريبة العالية على الأرباح في الجزائر
- **الامتيازات والاعفاءات الضريبية:** قدم قانون الضريبة على الأرباح من النفط لعام 1980، ومعدلات الضريبة مرتفعة، أما في الولايات المتحدة الامريكية فقد عمدت على تخفيضا ضريبيا بديلا عن إنتاج الوقود غير التقليدي، والمقدر ب 3 دولارات لكل وحدة حرارية من برميل النفط، ومثل هذا القانون غير موجود في الجزائر

الشكل قم(01): أهم تحديات تطوير صناعة الغاز الصخري في الجزائر



المصدر: من إعداد الباحثة اعتمادا على الفقرات السابقة

يبدو أن استغلال الغاز الصخري في الجزائر يواجه تحديات كبيرة كما أن الرهانات صعبة، خاصة في الافتقار إلى بيانات دقيقة ،فبرغم أن الولايات المتحدة لديها بيانات هائلة تجمعت في عقود خلال عمليات استكشاف النفط والغاز والفحم التقليدية، إلا أن المعلومات في مجال الصخور الصفحية غير كافية، وسيكون الطريق بين عمليات الاستكشاف وعمليات الإنتاج طويلا،كما أن الأمر يعتمد أيضا على تصميم وتصنيع المعدات الملائمة، بالإضافة الى مشكلة التكلفة، لكن تجدر الإشارة إلى أن الجزائر تتمتع بخبرة كبيرة في مجال المحروقات، خاصة صناعة الغاز الطبيعي، ولديها علاقات دولية قوية تؤهلها لأن تنجح في تطوير الغاز الطبيعي.

المطلب الرابع:سناريوهات الغاز الصخري في الجزائر

ان الوقائع الحالية والتوقعات المستقبلية كلها تؤكد أن العقود الثلاث القادمة سيكون لها دور استراتيجي في تحديد مستقبل الطاقة في العالم عامة والجزائر خاصة، خاصة بعد وضوح نوايا الحكومة الجزائرية في العديد من المحافل السياسية

*هجمات تيقنتورين في سنة 2013 في اليزي.

بأنها لن تغلق ملف الغاز الصخري لكونه يعتبر هو المستقبل وخاصة بعد الأهمية الكبيرة التي أولتها الدول الصناعية الكبرى لهذا الموضوع، هذا ما جعل الجزائر مرهونة بمجموعة من السيناريوهات التي يجب أن تأخذها في عين الاعتبار والتي تتجسد في:[1]

أولا:السيناريو الأول (السوق والاقتصاد أولا): يقوم هذا السيناريو على مبدأ أن الجزائر مطالبة باكتشاف ودراسة كل قدراتها الطاقوية وخاصة في ظل إشكالية انخفاض الاحتياطي من النفط والغاز مما يشكل تهديدا لمستقبل البلاد، بالإضافة إلي التدهور الكبير الذي عرفته أسعار المحروقات على الصعيد العالمي مما تسبب عجز في الموازنة العامة للدولة، والتي استوجبت قيامها بتطبيق سياسة ترشيد النفقات، علاوة على المكانة التي يحتلها موضوع الغاز الصخري وخاصة بعد التقنيات الجديدة التي استحدثتها الولايات المتحدة الأمريكية (التكسير الهيدروليكي)

ثانيا:السيناريو الثاني (الأمن أولا):شهدت المناطق الصحراوية خاصة عين صالح من انتفاضات واحتجاجات والتنديد باستغلال الغاز الصخري في تراب الجزائر، الى جانب العديد من المنظمات البيئية والجمعيات والمجتمع المدني المناهضة لحماية البيئة، فهذا السيناريو يفترض أن الخوض في موضوع الغاز الصخري سوف تسوده العديد من التناقضات والصراعات التي سوف تنشب فيها موجات من المعارضة والمقاومة المضادة الناتجة عن الاحتجاجات التي سوف تسببها معارضة الشعب لحماية بيئتها من الاستخدام الغير مستدام للغاز الصخري مما يزعزع من الاستقرار الأمني، والجزائر في هذه المرحلة بالذات غير قادرة على تحمل أي اختلال في الجانب الأمني.[2]

ثالثا:السيناريو الثالث (الاستدامة أولا):إن هذا السيناريو يأخذ بعين الاعتبار المتطلبات البيئية على حساب كل المجالات الأخرى وهذا وفق نماذج التنمية الجديدة التي تدعم فيها الدولة مبدأ حماية البيئة في المقام الأول، حيث أظهرت الدراسات التي أقيمت مؤخرا أن الغاز الصخري يعتبر النوع الطاقوي الأكثر فتكا بالمحيط الإيكولوجي حيث أن الدراسات الصادرة من الدول التي قامت بالتجارب تؤكد أن استغلال الغاز الصخري يؤدي إلي مخاطر بيئية ينتج عنها تلوث المياه والهواء ومخاطر الزلازل، كما ينعكس ذلك على الصحة، كما أن هذه التقنية تستوجب استعمال كميات كبيرة من المياه(مع ندرة المياه في المناطق الصحراوية التي تتميز بالجفاف)، الا اذا تم استخدام المياه الجوفية أو المخزون الطبيعي للمياه المشترك بين تونس وليبيا و الجزائر (البيان) الذي قد يتعرض للتلوث، ومن هذا المنطلق يتوجب على الجزائر الاستغناء إما عن مشروع الغاز الصخري أو إيجاد تقنيات جديدة لا يستخدم فيها التكسير الهيدروليكي.

[1] مشري محمد الناصر، بوفاس الشريف، **"إمكانية استغلال الغاز الصخري كمصدر للتنويع الطاقوي في الجزائر: بين الضرورة الاقتصادية والمتطلبات البيئية"**، مجلة دراسات وأبحاث اقتصادية في الطاقات المتجددة، العدد 07، 01، 2017، ص 49.

[2] المصدر السابق، ص50.

المبحث الثالث: تقييم الآثار البيئية لاستغلال الغاز الصخري والخيارات الطاقوية البديلة في الجزائر

يعتقد كثير من المختصين ان عمليات انتاج الغاز الصخري قد تتسبب في مخاطر حقيقية على البيئة إذا لم تتم بالشكل صحيح، كما ان عمليات الانتاج الضخمه قد تسبب تشوهات جيولوجيه للطبقه الأرضية، بالاضافة الى الاثار الاقتصادية والاجتماعيه التي قد تنجم عن استخراج هذا المورد غير التقليدي

المطلب الأول: تقييم الاثار البيئية المحتملة لاستغلال الغاز الصخري في الجزائر

أكدت العديد من الدراسات الدولية التي اجريت حول مخاطر استعمال تقنيه التكسير الهيدروليكي في استخراج الغاز الصخري التي تسببها في كوارث واخطار بيئيه كبيرة تتمثل في تسرب الاشاعات من صخرة الأم، وخطر التلوث المحتمل لطبقات المياه الجوفيه والمساحات المحيطه ببئر الاستغلال نتيجة لغاز الميثان والمواد الكيميائيه المستعملة في التصديع.

أولا: تقييم الأثر البيئي للأحداث الحتمية والمحتملة لعملية استغلال الغاز الصخري

تستخدم هذه الدراسة نهجا أوليا لتحديد وتقييم أهم المخاطر البيئية، حيث تستند الدراسة بشكل أساسي إلى تجربة أمريكا الشمالية، وقد كانت ممارسة التكسير الهيدروليكي على نطاق واسع منذ أوائل عام 2000، وتم إجراء مراجعة ونقاشات مع الاستشاريين والدراسات الجيولوجية والأكاديمية في الجزائر وأمريكا الشمالية، في هذا السياق تم دراسة التأثيرات المرتبطة باستخراج الغاز الصخري من خلال الفرق بين الأحداث السطحية وتحت السطحية ، وأيضا من خلال التعرف على الفرق بين الأحداث الحتمية (الأنشطة المخطط لها والمؤكد حدوثها) ، والأحداث الاحتمالية (الحوادث غير المخطط لها وغير المؤكدة في الموقع)

1.الأحداث المحتملة: بطبيعتها أن الحوادث لا يمكن القضاء عليها تماما، إنها تؤدي حتما إلى آثار سلبية على البيئة، حتى لو تم وضع الخطط والممارسات واللوائح بشكل مثالي، يمكن التعامل مع الأحداث الاحتمالية بطريقتين مختلفتين على الأقل، وتعالج تقييمات الأثر البيئي المبكرة عموما هذه القضايا من خلال تدابير التقليل إلى أدنى حد والتخفيف، والثاني هو الحد من وتيرة وحجم التنمية بشكل عام .

2.الأحداث الحتمية: مثل سحب المياه لعملية التكسير الهيدروليكي ومعالجة أو التخلص من مياه الصرف الصحي (التدفق العكسي ومنتجات السوائل) والمواد الكيميائية.

ثانيا: الآثار البيئية:

إستنادا إلى الآثار البيئية المتعلقة باستكشاف واستغلال الغاز الصخري التي تم التطرق اليها في ما سبق ، سيتم القيام بدراسة والتركيز على عملية التكسير الهيدروليكي وما تخلفه من آثار بيئية وخاصة (تلويث المياه).

1.تلويث المياه الجوفيه نتيجه التكسير الهيدروليكي:

ان خطر التلوث المباشر للمياه الجوفية بعملية التكسير الهيدروليكي تأرجح بين آراء المختصين الى رأيين في الرأي الأول يرى انه خطر ضعيف نسبيا نظرا الى الطبيعة الجيولوجية للمنطقة في حين يرى الرأي الاخر أن تهديد تقنية التكسير الهيدروليكي للتلوث المياه الجوفية لا يمكن تفاديه.

يمكن اعتبار ثلاثة أنواع من الملوثات التي تقوم بتلويث المياه الجوفيه نتيجه التكسير الهيدروليكي هي:[1]

- المضافات الكيميائية المستخدمة في التكسير الهيدروليكي
- الهيدروكربونات الصخرية
- المواد الموجودة في حجر الأساس

يمكن أن يساهم تلوث المياه عن طريق إنشاء مسار تفاضلي أثناء عمليات الحفر أو عن طريق الحوادث التي تؤدي إلى إطلاق السوائل على الأرض (زيت المحرك ، مساعدات التكسير، النفايات السائلة،...)، يختلف خطر التلوث اختلافا كبيرا من بيئة إلى أخرى.

2.تلويث طبقات المياه الجوفيه والمساحات المحيطة ببئر الاستغلال

يعتبر بئر الاستغلال القناه الرئيسية لاسترجاع سوائل التكسير نحو سطح البئر، ونظرا لأسباب فيزيوكيميائيه، فان نوعية إسمنت الآبار في حوضي تيمون وعين صالح لم ترقى الى المستوى المطلوب، مما قد ينتج عنه تسربات للغاز من طبقات الإسمنت النفاذة وفي حالة الغاز الصخر فان 85 الى90% من الاحتياطات الغير مسترجعه التي إمتزجت مع 20 الى40% من السوائل التكسير الهيدروليكي ستبقى مجمعة في الصخرة الأم، ومع مرور الوقت بعد انتهاء فتره الانتاج فستكون لها ضغطا كبيرا وفوريا على البئر، مما يؤدي الى حدوث تلوثات هائلة.

إن الاستغناء عن آبار الغاز الصخري يتقرر عندما يصبح مستوى الإنتاج اليومي لا يحقق أي مردودية، وبالتالي يكون مصدر للأخطار البيئية المتمثلة في انشقاقات الإسمنت، والتسربات العموديه لغاز الميثان والمزيج الكيميائي لعملية التكسير الملوث.

لقد أثبتت الدراسات شلومبرجر (Schlumberger) سنه 2003، بدراسة 15000 للغاز الصخري في العالم أن 5٪ من الآبار المنتجة كانت لها تسربات ملوثه وأن 50٪ من تلك الآبار كانت لها تسربات بعد 15 سنة من ايقاف الانتاج، فالدراسة اثبتت انه على المدى الطويل(20 الى25 سنة)، كل الآبار ستسمح بتسرب سوائل التكسير نحو السطح، وايضا داخل التربة وبالتالي لمياه الجوفية.

في الجزائر وباعتبار استغلال الغاز الصخري له تكاليف جد مرتفعه ومعدلات نجاح جيولوجية واقتصادية منخفضة لهذا المشروع، فان حجم الآبار التي يمكن حفرها سيكون محدودا وليس له أثر يذكر على البيئة.

3.التكسير الهيدروليكي ومساحات الاراضي:

[1] Report for European Commission DG Environment, Support to the identification of potential risks for the environment and human health arising from hydrocarbons operations involving hydraulic fracturing in Europe, AEA Technology 2012. Sur site: cosulter le 15/11/2022.
http://ec.europa.eu/environment/integration/energy/pdf/fracking%20study.pdf

يعتبر التكسير الهيدروليكي حاليا التقنية الاكثر استعمالا في استكشاف واستغلال الغازات غير التقليدية، وبالاعتماد على الخبرة المكتسبة في أمريكا الشمالية، فان سوناطراك وشركائها الاجانب سيطبقون هذه التقنية في أماكن مختلفة في الجزائر لاستخراج الغاز الصخري بدءا من الصحراء الجزائرية وبعيدا عن الأنظار.

وبملاحظة الاستغلال الحالي للغاز الصخري في الولايات المتحده الأمريكية اين يظهر متوسط الابار 02 الى06 ابار لكل كيلومتر مربع، وكل بئر تحتل مساحة 1.5 الى 2 هكتار اثناء عمليه الحفر والتكسير، ومساحة 0.9 الى 1.2 هكتار في مرحلة الاستغلال، كما يجب اضافة مساحات طرق الايصال التي تحتل حوالي 02 هكتار لكل كلم مربع، اذا يمكن القول ان من04 الى 20% من مساحات الأراضي سيتم استخدامها لكل عملية حفر منها 02 الى06% يتم خسارتها نهائيا بالنسبه للأنشطة الأخرى.

لذا تؤدي عمليه استخراج الغاز الصخري الى انعكاسات كبيرة في تقليص مساحات الاراضي على حساب الاراضي الزراعية العمرانية والى انعكاسات سلبية على الجذب السياحي في المناطق المعزولة من السكان

4.التكسير الهيدروليكي وتسيير المياه

تتطلب عمليه التكسير الهيدروليكي كميات معتبره من المياه لكل بئر من الغاز الصخري، حيث يتطلب تجهيز مساحه 10 كلم مربع من ابار الغاز الصخري توفير 200000 الى 1200000متر مكعب من المياه وحوالي 200 الى 9000 متر مكعب من المواد الكيميائيه، وتقريبا 72000 طن من الرمال، وهو الشيء الذي يقتضي توفير المئات من الشاحنات، والتلوث الذي يصاحبها من الضوضاء، والتلوث الهوائي، وتدهور الطرقات انبعاث غاز CO_2 وغيرها من الغازات المضرة،كما ان كميات كبيرة من المياه التي تم حقنها في باطن الارض اثناء عمليه التكسير سوف تتعرض بفعل عوامل عديدة كالمياه الحرارة، الضغط، المواد الكيميائيه الى تتفاعل فيما بينها وعلى مراحل مشكلة بذلك في الأخير مواد جديدة جد سامة،

فقد لوحظ في الولايات المتحده الأمريكية تسربات لغاز الميثان الذي مس طبقات المياه الجوفيه الذي اختلط مع المياه المنزلية، كما حدث في ولاية بنسلفانيا الامريكية التي تحتوي لوحدها على حوالي80000 بئر، بمتوسط بئر واحده لكل1.5 كيلومتر مربع، فالإستعمال الموضعي للمياه الباطنية ادى الى جفاف العديد من هذه المياه الجوفية، وهذا ما يطرح المستقبل البيئي للمنطقة.

ان عمليات النقل والتخلص من فضلات المياه المستعمله في وسط الصحراء الجزائرية بعيدا عن كل رقابة قد يشكل مصدرا خطيرا لتلوث التربة، وباطن الارض، والبيئة، والصحة البشرية خصوصا.

5.مياه الصرف الصحي: يتم تخزين مياه التكسير المتدفقة في أحواض ترسيب مفتوحة بالقرب من الموقع أو فيه، هذه الأحواض عبارة عن خزانات احتجاز مزدوجة والموقع نفسه مبطن بغشاء مزدوج غير منفذ، يتم تخزين مياه البئر التي ترتفع في الموقع أو تصديرها خارج الموقع للمعالجة أو ببساطة التخزين، قد تحتوي هذه المياه على معادن ثقيلة أو عناصر مشعة موجودة بشكل طبيعي في الطبقات المستهدفة التي ترتفع مع طين الحفر مما يطرح أيضا مشاكل للانبعاثات المتطايرة.

6.تلوث الهواء: هناك العديد من المصادر المحتملة لانبعاثات الهواء من عمليات التكسير الهيدروليكي ، بما في ذلك إطلاق غاز الميثان من التدفق العكسي قبل وضع البئر في الإنتاج ، والانبعاثات من حركة مرور الشاحنات ومحركات الديزل المستخدمة في معدات الحفر ، والغبار الناتج عن استخدام الطرق الترابية.[1]

7.الضوضاء: مصادر الضوضاء هي حركات الشاحنات خلال مراحل عمود البناء والتطوير ، وهذه الضوضاء مؤقتة والضوضاء المنبعثة من الآلات والمضخات. يمكن تقليل هذه الحركات عن طريق استخدام خطوط أنابيب مؤقتة لنقل المياه أنظر **الملحق رقم (15)** الذي يوضح الآثار البيئية المتعلقة باستغلال الغاز الصخري

المطلب ثاني: دراسة مقارنة للنموذج الجزائري والنموذج الأمريكي لعملية التكسير الهيدروليكي وتلوث المياه

يتم في هذا الجزء محاولة تحليل مراحل عملية تطوير التكسير الهيدروليكي وتأثيراته على المياه بعد دورة حياة مياه التكسير من أجل المقارنة بين النموذجين الجزائري والأمريكي لإدارة المياه.

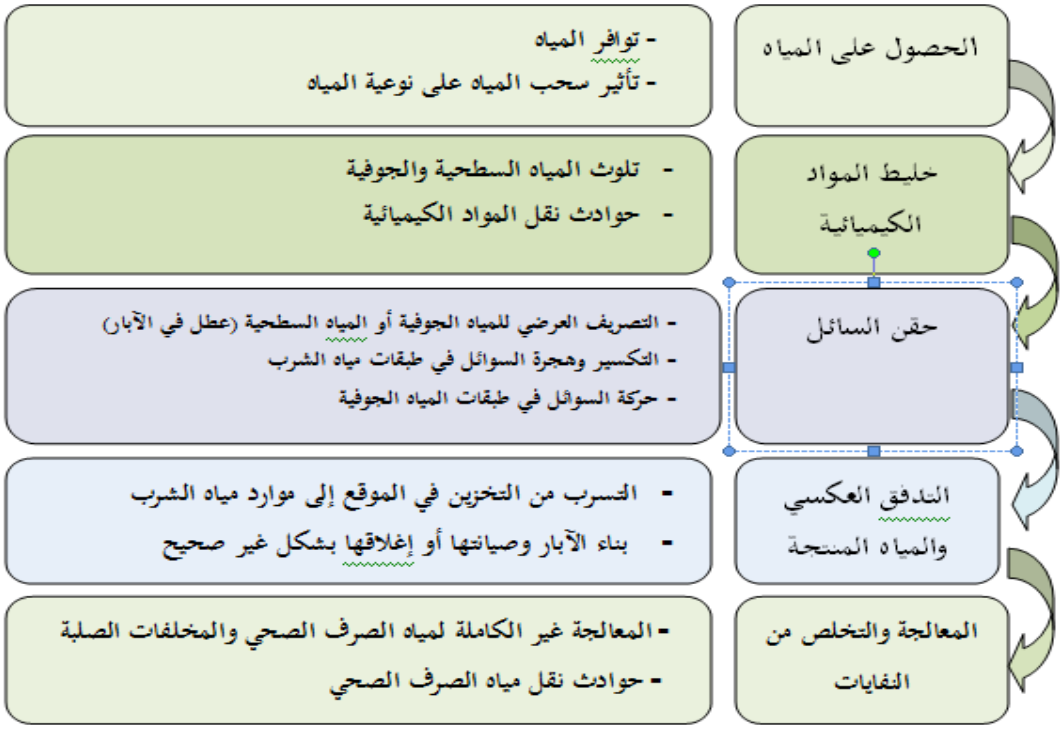
أولا: دورة حياة مياه التكسير الهيدروليكي:

تم تنظيم دراسة الآثار المحتملة للتكسير الهيدروليكي على الموارد المائية في خمسة مواضيع بناء على التفاعل المحتمل بين التكسير الهيدروليكي والموارد المائية، هذه المراحل الخمس لدورة مياه التكسير الهيدروليكي موضحة في الشكل وتشمل: الحصول على المياه، خليط المواد الكيميائية و حقن البئر بالسائل، التدفق العكسي والمياه المنتجة، معالجة المياه المستعملة والتخلص من النفايات.[2]

[1] Bureau d'Audience Publique sur l'Environnement, **Développement durable de l'industrie de gaz de schiste au Québec**, rapport 273, 2011, sur site :
http://www.bape.gouv.qc.ca/ consulter le 15/09/2021

[2] US Environmental Protection Agency. 2011. **Plan to Study the Potential Impacts of Hydraulic Fracturing on Drinking Water Resources.**.2011.
http://www.epa.gov/hfstudy/ , consulter le 15/08/2021.

الشكل رقم (02): مشاكل مياه الشرب المحتملة المرتبطة بكل مرحلة من مراحل دورة مياه التكسير الهيدروليكي



Source: US Environmental Protection Agency. 2011. **Plan to Study the Potential Impacts of Hydraulic Fracturing on Drinking Water Resources.**.2011.
http://www.epa.gov/hfstudy/ , consulter le 15/08/2021.

1.الحصول على الماء: عادة ما تكون سوائل التكسير الهيدروليكي قائمة على الماء، بنسبة 90٪ من السائل المحقون، وتم التصريح عن تقديرات الاحتياجات المائية لكل بئر غاز صخري حيث تتراوح بين 10000 م^3، و20000 م^3، وهذا اعتمادا على خصائص التكوين، ويختلف مصدر المياه،بشكل عام على (المياه الجوفية أو المياه السطحية أو مياه الصرف الصحي التي تمت معالجتها).

2.الخليط الكيميائي: في الموقع يتم خلط الماء بالمواد الكيميائية لإنشاء سائل تكسير هيدروليكي يتم ضخه في البئر، يخدم السائل وظيفتين: خلق ضغط لنشر الكسور ونقل الدعامة إلى الكسر، تضاف المواد الكيميائية إلى السائل لتغيير خصائصه (على سبيل المثال، اللزوجة، درجة الحموضة) لتحسين أداء السائل، يتم إضافة حوالي 1٪ من المواد الكيميائية إلى سوائل التكسير الهيدروليكي، وهو ما يعادل 200 م^3 لبئر الغاز الصخري

3.حقن السوائل: يتم ضخ سائل التكسير الهيدروليكي في البئر عند ضغوط كبيرة بما يكفي (700 بار) لكسر تكوين النفط أو الغاز المحتوي على الصخور.

4.التدفق العكسي وإنتاج المياه: عندما يتم تقليل ضغط الحقن، ينعكس اتجاه تدفق السوائل، مما يؤدي إلى استعادة التدفق العكسي وإنتاج المياه، ارتجاع الماء هو السائل الذي يتم إرجاعه إلى السطح بعد التكسير الهيدروليكي، المياه المنتجة هي السائل الذي يتم إرجاعه إلى السطح بعد إدخال البئر في الإنتاج. يطلق على كلا النوعين مياه الصرف الصحي للتكسير الهيدروليكي، وقد تحتوي على مواد كيميائية يتم حقنها كجزء من سائل التكسير الهيدروليكي، وهي المواد

الموجودة بشكل طبيعي في الغاز المنتج، عادة ما يتم تخزين مياه الصرف الصحي في الموقع في برك احتجاز أو خزانات متنقلة.

5.معالجة مياه الصرف الصحي والتخلص من النفايات: تختلف تقديرات جزء مياه الصرف الصحي المستعادة من التكسير الهيدروليكي حسب التكوين الجيولوجي وتتراوح من 10٪ إلى 70٪ من سائل التكسير الهيدروليكي المحقون،[1] وبالنسبة لعملية التكسير، سيتم إرجاع 20000 م^3 أو 14000 م^3 من السوائل إلى السطح، ولمعالجة هذه المياه يتم استخدام عدة طرق، إما عن طريق الحقن في الطبقات العميقة أو عن طريق محطات المعالجة أو عن طريق محطات لإعادة استخدامها.

ثانيا: دراسة مقارنة بين النموذج الجزائري والأمريكي

بعد الوقوف على نتائج الدراسة التي تمت حول الآثار البيئية المتعلقة باستغلال الغاز الصخري، وجد أن المرحلة الأكثر حرجا هي مرحلة التكسير الهيدروليكي (مشكلة استهلاك المياه، وتلوث طبقات المياه الجوفية)، ولمعالجة هذه المشكلة تم إجراء مقارنة بين نظام إدارة مياه التكسير الهيدروليكي في الولايات المتحدة ونظام الإدارة المقترح في الجزائر لتحديد كفاءة وفعالية هذه المرحلة، ولأجل ذلك هناك ثلاث قضايا رئيسية حول استخدام المياه لعملية التكسير الهيروليكي، والتي تتمثل في مصادر إمدادات المياه ومعدل استعادة المياه ذات التدفق العكسي، وتقنيات معالجة مياه الصرف الصحي.

1:النموذج الامريكي:

1.1.مصدر إمداد المياه لصناعة الغاز الصخري: يمكن أن تأتي إمدادات المياه لصناعة الغاز الصخري في الولايات المتحدة من المياه السطحية أو المياه الجوفية أو مصادر المياه الخاصة أو إعادة استخدام مياه الصرف الصحي في الصناعة، تقع معظم مواقع تطوير الغاز الصخري في الولايات المتحدة في مناطق ذات مستويات هطول سنوية معتدلة إلى عالية، ومع ذلك فإن احتياجات القطاعات الصناعية الأخرى والنمو السكاني المرتفع، تواجه صعوبات في الحفاظ على الطلب على المياه، يتم جلب المياه إلى المواقع إما عن طريق شاحنات الصهاريج أو عن طريق خطوط الأنابيب، والجدول الآتي يبين تقديرات للاحتياجات من المياه للحفر والتكسير الهيدروليكي في أكثر أحواض الصخر الزيتي نشاطا في الولايات المتحدة، حسب مجلس حماية المياه في أوكلاهوما سيتي.

[1] Rahmouni Sofiane, **Etude des impacts environnementaux de gaz de schiste**, Op-cit, p54.

جدول رقم (06): حجم المياه المستعملة في أحواض الغاز الصخري في الولايات المتحدة الامريكية

	حجم المياه لحفربئر($م^3$)	حجم المياه للتكسير($م^3$)	حجم المياه الاجمالي($م^3$)
بارنيت	1512	8694	10206
فايت فيل	226.8	10962	11188.8
هاينسفيل	3780	10206	13986
مارسيلوس	302.4	14364	14666.4

Source: Ground Water Protection Council and ALL Consulting. 2009**, Modern Shale Gas Development in theUS,** sur site: http://www.netl.doe.gov/technologies/oilgas/publications/epreports/shale_gas_primer_200 9.pdf consulter le: 13/12/2021.

تستهلك صناعة الغاز الصخري في الولايات المتحدة 7,560 إلى 15,120 $م^3$من المياه للحفر والتكسير الهيدروليكي وفقا لهذه الدراسة فإن كمية المياه المستخدمة لكل بئر في الصخر الزيتي مارسيلوس هي 14666.4 $م^3$ من المياه، في حين ان دراسة أخرى للجنة حوض نهر سسكويهانا، وهي لجنة تضم ولايات نيويورك وبنسلفانيا وماريلاند، فإن كمية المياه المستخدمة في التكسير الهيدروليكي لبئر في مارسيلوس تتراوح من 7,560 إلى 34,020 $م^3$، كما يخضع تطوير صناعة الغاز الصخري لمجموعة من القوانين الفيدرالية*، والتي ترافق جميع جوانب الإستكشاف والتطوير.

2.1.عملية الاسترداد: يتم استرداد 30٪ إلى 70٪ من المياه المحقونة أثناء التكسير الهيدروليكي، ويمكن أن تحتوي هذه المياه على جزيئات مذابة تحدث بشكل طبيعي في الصخر الزيتي وتركيزات الملح المتغيرة للغاية، يتم خلط مياه التكسير التي ترتفع إلى السطح في بعض الحالات بمياه التكوين، ويختلف تركيبها الكيميائي وفقا لجيولوجيا البيئة ويمكن أن تكون المياه شديدة الملوحة في بعض الرواسب، كما يمكن أن تحتوي المياه التي ترتفع إلى السطح أيضا على عناصر مشعة ويعتمد مستوى النشاط الإشعاعي في هذه المياه على نوع التربة وجيولوجيا التكوينات، لذا تتم إدارة مياه الصرف الصحي مؤقتا في موقع الحفر أو في خزانات فولاذية، عن طريق تصميم أحواض التخزين لتقليل احتمالية تلوث الموارد المائية.

3.1.معالجة المياه: تعتمد صناعة الغاز الصخري في الولايات المتحدة لتخلص من مياه الصرف الصحي بعدة طرق، منها الحقن العميق في التكوينات الجيولوجية باستثناء ولاية بنسلفانيا وولاية نيويورك، و نقل مياه الصرف الصحي المخزنة في خزانات فولاذية بالشاحنات إلى محطات المعالجة (التقنيات المستخدمة يمكنها معالجة هذه المياه جزئيا فقط، لأنها لا تستطيع معالجة المياه المالحة والمواد الصلبة الذائبة)، وللحد من نفقات إمدادات المياه، حاولت صناعة الغاز الصخري في الولايات المتحدة استخدام أنظمة معالجة متنقلة بحيث يمكن إعادة استخدام مياه الصرف الصحي (يتم استخدام نوعين أساسيين من التكنولوجيا في أنظمة المعالجة المتنقلة، التناضح العكسي والتبخر والتقطير الحراري)،كما تسعى بعض

* تدير وكالة حماية البيئة الأمريكية (EPA) معظم القوانين الفيدرالية، لكن تطوير هذه الصناعة على الأراضي الفيدرالية يديره في المقام الأول مكتب إدارة الأراضي وخدمة الغابات الأمريكية.

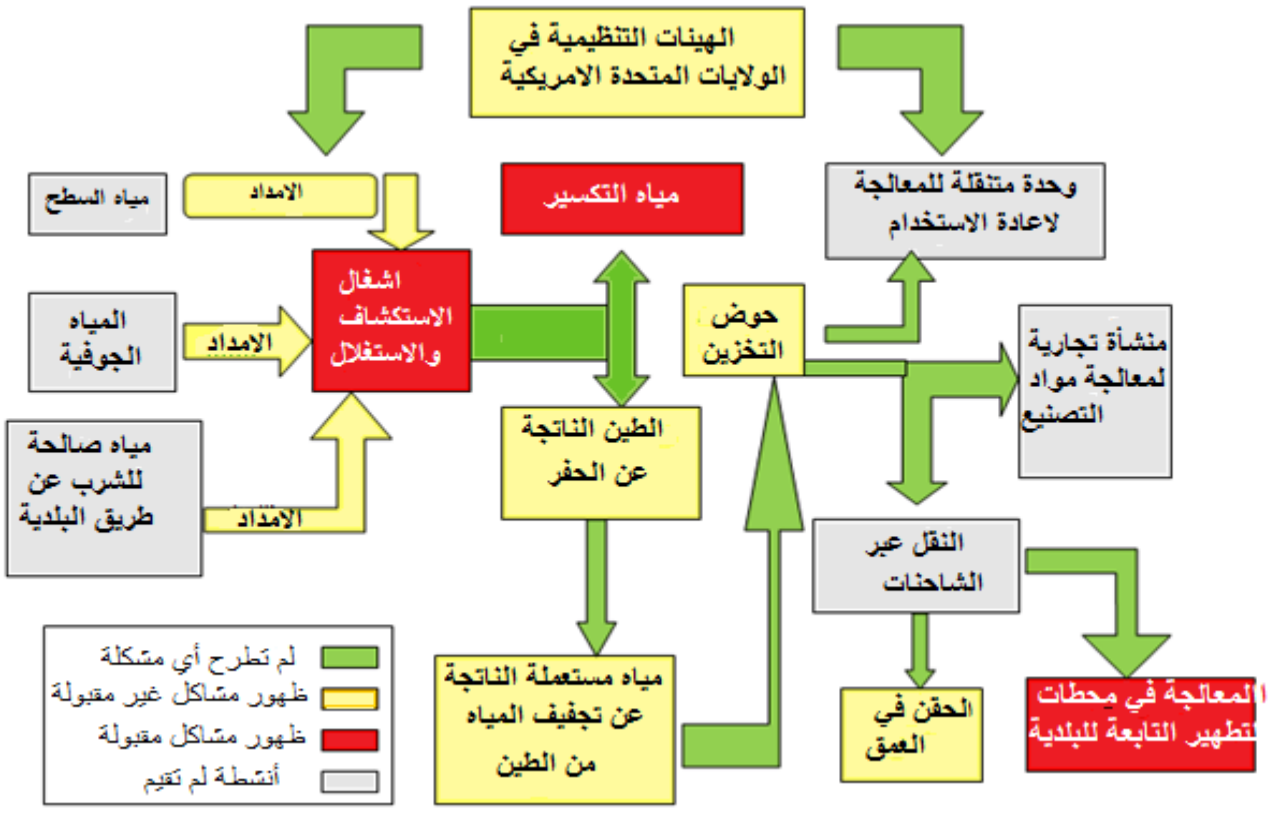
الولايات مثل ولاية بنسلفانيا، في إعادة استخدام مياه الصرف الصحي من صناعة البتروكيماويات والغاز، التي تحتوي على أقل من 30000 مجم/ لتر من إجمالي المواد الصلبة الذائبة.

وفيما يلي بعض النقاط الأساسية لنموذج إدارة المياه في الولايات المتحدة

- يتم سحب المياه من المياه السطحية أو المياه الجوفية أو مصادر المياه الخاصة أو أنظمة الإمداد البلدية أو إعادة استخدام مياه الصرف الصناعي؛
- تختلف كمية المياه اللازمة للتكسير الهيدروليكي اختلافا كبيرا من ولاية إلى أخرى؛
- تتراوح كمية مياه التكسير المستردة بين 30٪ و 60٪ من كمية المياه المحقونة؛
- التخلص من مياه الصرف الصحي يتم بأربع طرق رئيسية: الحقن العميق، والمعالجة التي تتم عن طريق البلدية، ومرافق المعالجة التجارية، ووحدة المعالجة المتنقلة؛
- يخضع تطوير صناعة الغاز الصخري لمجموعة من القوانين الفيدرالية والولائية والبلدية التي تؤثر على جميع جوانب الاستكشاف والتطوير

وفيما يلي تمثيل تخطيطي لنموذج أمريكي لإدارة المياه (لعملية التكسير)، الذي يسمح بتحديد الخطوات التي تحتاج إلى تحسين من أجل جعل هذا النموذج أكثر انسجاما مع الركائز الثلاث للتنمية المستدامة

الشكل رقم (03): النمذجة التخطيطية لنموذج الأمريكي لإدارة المياه لاستكشاف الغاز الصخري وتطويره



Source: Rahmouni Sofiane, **Etude des impacts environnementaux de gaz de schiste**, memoire presente pour l'obtention du diplome de magister en hygiene et securite industrielle option : gestion des risques, Université El-Hadj Lakhdar-Batna Institut d'Hygiène et Sécurité Industrielle, 2015, p58.

2.النموذج الجزائري

1.2.إمدادات المياه والكمية المستخدمة لصناعة الغاز الصخري

تعتمد إمدادات المياه لتطوير الغاز الصخري في الجزائر على مصدر واحد، هو المياه الجوفية، وهذا راجع الى موقع رواسب الغاز الصخري، حيث تشتهر الجزائر بجفاف مناخها في أغلب الأراضي الصحراوية بنسبة 84٪ من اجمالي مساحتها، تدار المياه في الجزائر بموجب القانون 12/05 المتعلق بالمياه والقانون 10/03 المتعلق بحماية البيئة في إطار التنمية المستدامة، وتنقسم الطبقات الجوفية للمياه في الجزائر الى ثلاثة أنواع هي:

- **المجمع النهائي: (The terminal Complex):** هو الأقدم استخداما ويشكل الاحتياطيات الهيدروليكية التي يعتمد عليها "ري معظم بساتين النخيل في الصحراء السفلى يتكون هذا المجمع من عدة طبقات مياه جوفية تقع في تكوينات جيولوجية مختلفة، و يتراوح سقفها عموما بين 300 و 400 متر تحت السطح الطبوغرافية، وهي موجودة في جميع أنحاء الصحراء الجزائرية الشمالية، وتغطي مساحة حوالي 665000 كم^2
- **الإنتركالاري القاري (The intercalary Continental):** أو طبقة المياه الجوفية الألبية،* تغطي مساحة حوالي 1,100,000 كم^2 (الجزائر وتونس وليبيا)، يوجد منسوب هذه المياه بشكل أساسي في الصحراء الجزائرية، وهو أكبر احتياطي للمياه العذبة في العالم، يحتوي على أكثر من 50.000 مليار متر مكعب من المياه العذبة، أي ما يعادل 50.000 ضعف سعة سد بني هارون الواقع في شرق البلاد والذي يغذي ست ولايات مجاورة، هذه المياه هي نتيجة التراكم الذي حدث خلال الفترات الرطبة التي مرت منذ مليون سنة أي في مرحلة من فترة الطباشيري المبكر والاخيرة، يمتد منسوب المياه الجوفية في مساحة تقارب ضعف مساحة فرنسا، بين ليبيا وتونس ومعظم الجزائر. يقدر التوزيع الإقليمي 70% للجزائر20% لليبيا وأخيرا 10% لتونس.[1]

2.2.الاسترداد: في الواقع لم يتم إجراء أي دراسة في هذا المجال في الجزائر، ومن خلال مقارنة خصائص الخزانات الجزائرية مع تلك الموجودة في الولايات المتحدة الأمريكية نجد أن خزانات بارنيت هي الأقرب إلى المكمن الجزائري، وسيتم اعتبار معدل الاسترداد بين 20٪ إلى 50٪ من مياه التكسير.[2]

ان مياه التكسير التي ترتفع إلى السطح في بعض الحالات هي خليط بمياه التكوين، و يختلف التركيب الكيميائي لمياه التكوين هذه وفقا لجيولوجيا البيئة ويمكن أن تكون المياه شديدة الملوحة في بعض الرواسب، ويمكن كذلك أن تحتوي هذه المياه على عناصر مشعة مثل الرادون والراديوم والثوريوم، يعتمد مستوى النشاط الإشعاعي في هذه المياه على نوع التربة وجيولوجيا التكوينات، ويتم جمع المياه المستعادة في أحواض احتجاز في الموقع للمعالجة فيما بعد.

3.2.معالجة المياه: تعتمد تقنيات معالجة التدفق العكسي من عمليات التكسير في المقام الأول على طبيعة وحجم الملوثات الموجودة. تقنيات العلاج الموجودة في الجزائر كتكنولوجيا المعالجة بالتبخير في الموقع، معالجة التصلب/التثبيت،

---

* **طبقة المياه الجوفية الألبية:** هو نظام طبقة مياه جوفية تغطي معظم الصحراء الجزائرية والتونسية ويمتد إلى ليبيا، ويحيط بكامل العرق الشرقي الكبير، وتعد أكبر احتياطي للمياه العذبة في العالم. يمتد على ثلاث دول، الجزائر وليبيا وتونس، توجد70% من منسوب المياه الجوفية في الأراضي الجزائرية في الجنوب الشرقي من البلاد

[1] طبقة المياه الجوفية الألبية (الجزائر) على الموقع: https://ar.wikipedia.org/wiki/ تاريخ الاطلاع 2023/12/20.

[2] Rahmouni Sofiane, **Etude des impacts environnementaux de gaz de schiste**,op cit , p 60.

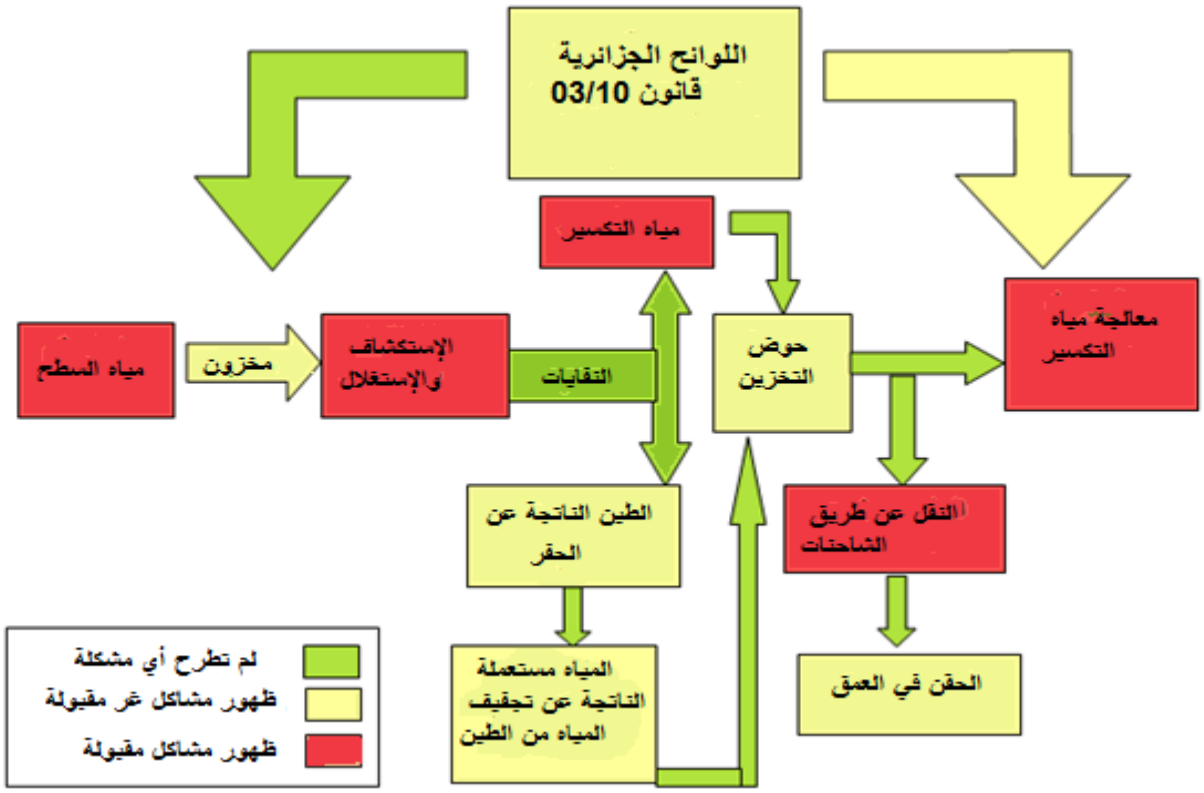
الحرق (النفايات الخطرة الخطرة)، المعالجة البيولوجية (هذا مشروع أطلقته سوناطراك لكنه لم ينطلق بعد)، عادة استخدام المياه التطبيقية عن طريق الحقن في الطبقات العميقة لتعزيز الإنتاج للمعالجة من المنشآت التجارية، ومحطة معالجة مياه الصرف الصحي .

تثير معالجة مياه الصرف الصحي من صناعة الغاز الصخري عددا من قضايا إدارة المياه:

- عدم توفر بيانات عن خصائص التدفق العكسي للتكسير؛
- عدم وجود محطات معالجة بلدية بسبب المساحة الكبيرة للصحراء؛
- محطات البلدية تعالج المياه المنزلية فقط؛
- نقل مياه الصرف الصحي ؛
- عدم وجود قوانين تحكم هذه المياه.

يمثل العرض التخطيطي ادناه لنموذج مقترح لإدارة مياه التكسير الهيدروليكي في الجزائر ، الذي يسمح بتحديد الخطوات الحاسمة التي تحتاج إلى تحسين بشكل مباشر من أجل تطوير تكنولوجيات أكثر أمانا لمعالجة مياه التكسير الهيدروليكي

الشكل رقم (04): النمذجة التخطيطية لنموذج إدارة المياه في الجزائر أثناء استكشاف واستغلال الغاز الصخري



Source: Rahmouni Sofiane, Etude des impacts environnementaux de gaz de schiste, memoire presente pour l'obtention du diplome de magister en hygiene et securite industrielle option : gestion des risques, Université El-Hadj Lakhdar-Batna Institut d'Hygiène et Sécurité Industrielle, 2015, p61.

ان القرار الذي اتخذته الحكومة الجزائرية للتنقيب عن الغاز غير التقليدي، جعل منتقدي هذا المشروع والذين يخشون من تسارع استنفاد احتياطيات المياه الموجودة في الخزان الجوفي الألبي، وذلك للاحتياجات المائية الكبيرة التي تتطلبها عملية استخراج الغاز، ، هناك أيضا خطر كبير للتلوث مع عواقب وخيمة على السكان المعتمدين على منسوب المياه الجوفية، على وجه الخصوص، بعد إطلاق المواد الكيميائية، نتيجة التكسير الهيدروليكي المستخدم في العملية.

ثالثا: تحليل مقارن للنموذج الجزائري والنموذج الأمريكي لإدارة المياه:

تستخدم أربعة معايير لقياس الأثر البيئي لكل نموذج من نماذج إدارة المياه من خلال مصدر الإمداد، القدرة الإستيعابية، حجم المياه المستردة، خصائص مياه الصرف الصحي، إعادة تدوير مياه الصرف الصحي وإعادة استخدامها، حسب ما يوضحه الجدول الآتي:

جدول رقم (07): تحليل مقارن للنموذج الجزائري والنموذج الأمريكي لإدارة المياه

معايير التقييم	النموذج الجزائري		النموذج الأمريكي	
	المزايا	المساوىء	المزايا	المساوىء
امدادات المياه، مصدر القدرة الاستعابية	توفر كميات معتبرة	مصدر واحد منخفض التجدد، المياه المالحة (التخلص منها)	تنويع مصادر الإمداد (4 مصادر) اكتمال خريطة المياه الجوفية	مصادر بعيدة عن مناطق الإنتاج
حجم المياه المستردة	غير متوفرة	متغير بين (20 إلى 50٪) الإدارة التقليدية	قد تكون معتبرة	متغير (30الى70٪)
خصائص المياه المسنعملة	معطيات غير متوفرة	اعتمادا على خصائص التكوين، فهي أقل نظافة	كاملة	ماء مستعمل أقل نظافة
إعادة تدوير المياه المستعملة وإعادة استخدامها	تطوير المنشآت التجارية للمعالجة (مشروع قيد التنفيذ)	نقص في المحطات، المشاريع لم تتجسد	تطوير المنشآت التجارية للمعالجة	

Source: Rahmouni Sofiane, Etude des impacts environnementaux de gaz de schiste, memoire presente pour l'obtention du diplome de magister en hygiene et securite industrielle option : gestion des risques, Université El-Hadj Lakhdar-Batna Institut d'Hygiène et Sécurité Industrielle, 2015, p 62.

نلاحظ من خلال هذا التحليل المقارن أن النموذج الجزائري يعاني من عدة عيوب، تتمثل في:

- مصدر إمداد منخفض التجديد؛
- المصدر الوحيد هو توفير مياه الشرب (النقل في صلاح / تمنراست والنقل (الجنوب / الشمال)؛
- تم التقاط طبقة المياه الجوفية على عمق أكثر من 2000 متر (ارتفاع تكلفة الحفر)؛[1]

[1] Rahmouni Sofiane, Op,cit, p 63.

- تتطلب جودة المياه الغنية بالملح معدات لتحلية المياه.

فيما يتعلق بخصائص مياه الصرف الصحي ومعدل الاسترداد غير متوفرة حيث يتم دراسة المشروع، ولم يتم بعد تطوير تقنيات معالجة وإعادة استخدام مياه الصرف الصحي في الجزائر، حيث تتم معالجة نفايات الحفر فقط (الطين) لضمان أفضل علاج، يجب اتباع النموذج الأمريكي لتطوير مرافق العلاج التجارية.

المطلب الثالث: الخيارات الطاقوية المتاحة في الجزائر

تعاني الجزائر من تراجع حاد في إنتاج الطاقة من مصادرها الأحفورية من النفط والغاز، مقابل نمو الطلب المحلي على الغاز والمنتجات البترولية بنسبة تقدر ب 7٪ سنويا، ما يقلل من فرص تصدير مصادر الطاقة هذه إلى الأسواق الدولية، وعلى هذا الأساس، وافقت الجزائر على برنامج للانتقال الطاقوي يهدف إلى تعزيز استخدام الطاقات المتجددة، من أجل تجنب العجز في الطاقة

أولا: الإقتصاد الجزائري والإعتماد على النفط والغاز:

تمتلك الجزائر عاشر أكبر احتياطي مؤكد من الغاز الطبيعي في العالم، وهي سادس أكبر مصدر للغاز ولديها ثالث أكبر احتياطي مؤكد من الغاز الصخري في العالم، كما تحتل المرتبة السادسة عشرة في الاحتياطي النفطي المؤكد الذي يقدر بنحو 12.2 مليار برميل.

وتتمتع الجزائر بإمكانات هائلة في مجال الطاقة المتجددة. لديها إمكانات شمسية عالية ، مع أكثر من 3000 ساعة من أشعة الشمس في السنة، ومع ذلك لا يزال الوقود الأحفوري المصدر الرئيسي لتوليد الكهرباء. تعتبر الجزائر من أكثر البلدان استهلاكا للطاقة، حيث بلغت مساهمة الوقود الأحفوري في توليد الكهرباء أكثر من 98.75٪ في عام 2016، هذه الاحتياطيات المهمة من الطاقة بمختلف أنواعها، التقليدية والمتجددة وحتى غير التقليدية (الغاز الصخري) تضع الجزائر تحت الاعتماد الرهيب على المحروقات باعتبارها الركيزة الأساسية لإيراداتها وميزانياتها المالية وأنشطتها الاقتصادية، علاوة على ذلك فإن 95٪ من دخل الجزائر من العملات الأجنبية يأتي من المحروقات التي تساهم بحوالي 40٪ من الناتج المحلي الإجمالي.

وتصدر الجزائر نحو 540 ألف برميل نفط يوميا، من إجمالي إنتاجها البالغ نحو 1.1 مليون برميل يوميا، ولقد انخفض إنتاج النفط الخام والغاز الطبيعي تدريجيا في السنوات الأخيرة، ويرجع ذلك أساسا إلى التأخير في إنجاز المشاريع، وصعوبة جذب شركاء الاستثمار، والمشاكل التقنية، فضلا عن البيروقراطية.

كما أضعفت صدمة انخفاض أسعار النفط في عام 2014 إيرادات البلاد وأثرت سلبا على الميزان التجاري واحتياطيات النقد الأجنبي، ارتفع عجز الميزانية من 1.4٪ من الناتج المحلي الإجمالي في عام 2013 إلى 15.7٪ من هذا الإجمالي في عام 2016، بينما انخفض إجمالي الاحتياطي من 194 مليار دولار في عام 2013 إلى ما يقدر بنحو 108 مليار دولار في عام 2016، و 51.6 مليار دولار في ديسمبر 2020، فقد أكدت انخفاض أسعار النفط ضعف الاقتصاد الوطني مرة أخرى، نتيجة لارتباطه الكبير بإيرادات الهيدروكربون غير المؤكدة والتي لا يمكن التنبؤ بها على

المدى المتوسط والطويل، ومع ذلك فإن استغلال الهيدروكربونات نفسها موضع تساؤل فيما يتعلق ب "أمن الطاقة" في المستقبل.

ثانيا: تحديات الجزائر في إنتاج وتصدير الغاز الطبيعي

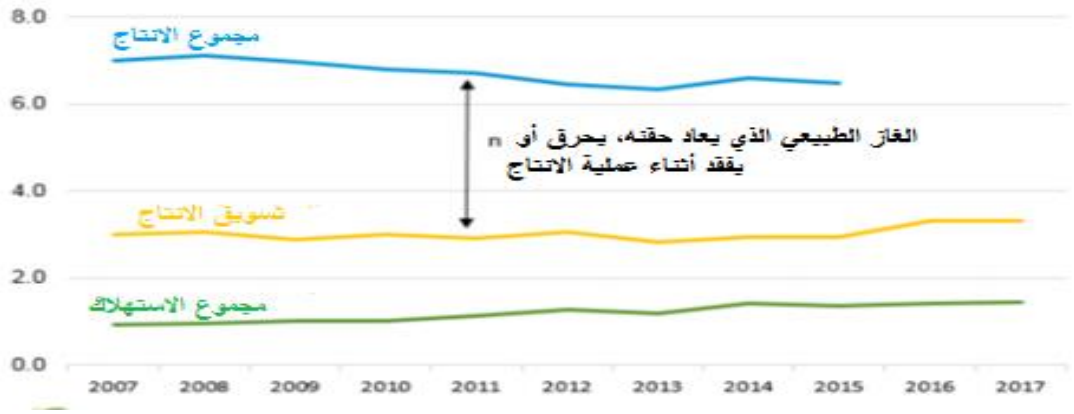
من المتوقع أن يواجه قطاع الغاز في الجزائر تحديات كبيرة على المدى المتوسط والطويل، نتيجة للنمو الاستهلاك الوطني للغاز الطبيعي وانخفاض إنتاجية الحقول، حيث سجل الاستهلاك المحلي للغاز الطبيعي 45.5 مليار متر مكعب في عام 2018، بزيادة قدرها 8.6٪ عن عام 2017 لذلك، ووفقا للسيناريو الحالي، سيقفز الاستهلاك الوطني من الغاز الطبيعي إلى نحو 67 مليار متر مكعب بحلول عام 2030، أي ما يعادل نحو 73٪ من الإنتاج الوطني.

ان الغاز الطبيعي هو المصدر الرئيسي لتوليد الكهرباء في الجزائر، خلال السنوات العشر الماضية، سجل الطلب الوطني على الكهرباء نموا متزايدا بنسبة 7٪ سنويا، ويرجع ذلك إلى النمو السكاني من ناحية والنمو الاقتصادي من ناحية أخرى،كما توضح تقديرات مجموعة البنك الدولي، فإن 99٪ من سكان الجزائر يحصلون على الكهرباء، مع حوالي 100٪ و 98٪ على التوالي في المناطق الحضرية والريفية، على الرغم من أنه في عام 2016، على نطاق واسع ويخدم جميع السكان تقريبا، إلا أن أنظمة النقل والتوزيع في الجزائر تعرضت لخسائر عالية نسبيا بنسبة 15.9٪.

على الصعيد الخارجي: تراجعت القدرة التنافسية الجزائرية للغاز الطبيعي بسبب دخول لاعبين جدد إلى السوق الأوروبية، مما أدى إلى اضطرار عدد من الدول إلى خفض وارداتها من الغاز الجزائري وقيام بعضها، مثل إيطاليا، بمراجعة العقود والأسعار،كما تتعرض صادرات الغاز الطبيعي الجزائرية إلى أوروبا لضغوط بسبب انخفاض الإمدادات الروسية والوفرة العالمية للغاز المسال، مما قلل بشكل كبير من الطلب على الغاز الطبيعي القادم من الجزائر مما أدى إلى انخفاض مستوى المبيعات المتوقعة بنحو 25٪ في سنة 2019 بالنسبة لسنة 2018.

وفيما يلي انتاج واستهلاك الغاز الطبيعي في الجزائر من سنة 2007 الى سنة 2017 حسب ما يوضحه الشكل الآتي

الشكل رقم (05) انتاج واستهلاك الغاز الطبيعي في الجزائر (تريليون قدم مكعب)



Source: Ghandir Hatem, Siagh Ahmed Ramzi, Algerian Energy Policy after 2020 Comparative SWOT Analysis for Promoting Renewable Energy and Shale Gas: Priorities, Opportunities and Challenges, Roa Iktissadia Review, V10, N 02,2020. p 129.

ثالثا: برنامج التحول الطاقوي في الجزائر 2011-2030

إن تحول الطاقة ضرورة تمليها عدة عوامل، أحدها تقلبات أسعار النفط، وزيادة الطلب الوطني على الطاقة في النمو السكاني، فضلا عن انخفاض الإنتاج وفي احتياطيات النفط والغاز المؤكدة، علاوة على ذلك فإن هذا التحول يمليه التحول العالمي المستقبلي نحو الطاقات المتجددة بسبب "أمن الطاقة" و "تغير المناخ" ، والتي تتطلب تقليل الاعتماد على الوقود الأحفوري.

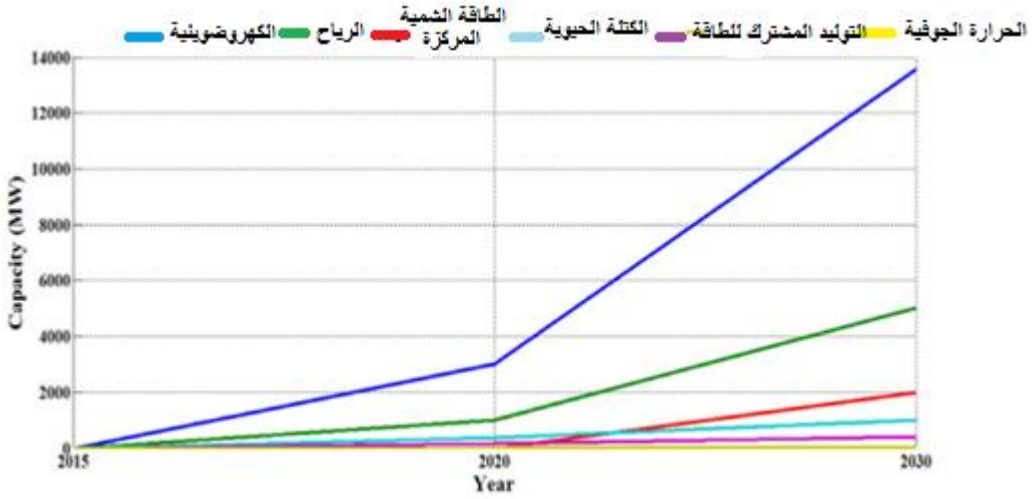
في عام 2011 وافقت الجزائر على سياسة الانتقال الطاقي، المسماة " البرنامج الوطني للطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة 2011 - 2030"، الذي يهدف إلى التوسع في استخدام الطاقات المتجددة في توليد الكهرباء لتقليل الاعتماد على الغاز الطبيعي كمصدر مهيمن في توليد الطاقة الكهربائية، و تم تعديله في عام 2015 ، لكنه استمر في أهدافه الواسعة، ثم في عام 2020، أجرت الحكومة بعض التعديلات على برنامج انتقال الطاقة، من خلال خطة عمل حتى عام 2035 تهدف إلى زيادة قدرة استغلال الطاقة المتجددة لإنتاج 4000 ميجاوات بحلول عام 2024، و15000 ميجاوات بحلول عام 2035، وهذا سيسمح بتوفير ما يقرب من 240 مليار م^3 من الغاز الطبيعي.

تعني عملية انتقال الطاقة التحول من نموذج وطني لإنتاج الطاقة واستهلاكها إلى نموذج آخر، وفقا لرؤية شاملة، يمكننا تلخيص الأهداف الرئيسية لعملية انتقال الطاقة على النحو التالي:

- تنويع موارد الاقتصاد الوطني،
- الحفاظ على موارد الطاقة الأحفورية،
- تنويع مصادر الطاقة وتقليل الاعتماد على موارد الطاقة الأحفورية سواء النفط أو الغاز؛
- حماية البيئة والمساهمة في الجهود الدولية للحد من انبعاثات الغازات الدفيئة.

يهدف برنامج الطاقات المتجددة إلى تحقيق مزيج من الطاقة في إنتاج الكهرباء حيث تبلغ مساهمة الطاقات المتجددة حوالي 27٪ بحلول عام 2030، يأتي حوالي 40٪ من إجمالي إنتاج الكهرباء المخصص للاستهلاك المحلي من الطاقات المتجددة.

الشكل رقم (06): امكانية الطاقة المتجددة لإنتاج الكهرباء والبرنامج الطاقة الوطني الجزائري للطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة (2015-2030)



Source: Zhour Abada, Malek Bouharkat, Study of management strategy of energy resources in Algeria, Energy Reports, 2018,V4,P 05, sur site: https://doi.org/10.1016/j.egyr.2017.09.004

تنتج الجزائر حاليا حوالي 400 ميغاواط من مصادر الطاقة المتجددة، ولديها 22 محطة للطاقة الشمسية، وفقا لخطة الحكومة من المفترض أن يكون مستوى الإنتاج في عام 2020 حوالي 4500 ميجاوات ، مما يعني أن الإنجاز كان أقل من 10٪ من الهدف، ويبدو واضحا أن تحقيق 22000 ميجاوات بحلول عام 2030 هو هدف بعيد المنال، في الواقع تتحدث الحكومة اليوم لإنتاج حوالي 15000 ميجاوات بحلول عام 2035. قبل ذلك ، قدر المسؤولون العموميون أن الإنتاج سيصل إلى 6000 ميجاوات بحلول عام 2027، وهو انخفاض كبير الهدف الأخير ليس سهلا أيضا، إذا اعتبرنا أنه يتطلب في المتوسط، بناء 120 محطة بقدرة 50 ميغاواط لكل محطة، أي 10 محطات سنويا، ومع ذلك ، لا يمكن الوصول إلى هذا المعدل وفقا للظروف الحالية. ويرجع ذلك إلى القواعد البيروقراطية، والعجز المالي الذي حددته شركة الكهرباء الوطنية سونلغاز، وغياب قطاع خاص قوي ومتخصص، قادر على تقديم إضافة نوعية وكمية للقطاع.

المطلب الرابع: نموذج SWOT للطاقات المتجددة والغاز الصخري:

تم تطبيق نموذج SWOT* لمقارنة الظروف الداخلية والخارجية وكذلك جميع المتغيرات لاستغلال الطاقات المتجددة والغاز الصخري في الجزائر كما هو مبين أدناه:

* **swot:** هي أداة تخطيط استراتيجي تستخدم لتقييم نقاط القوة والضعف والفرص والتهديدات التي ينطوي عليها مشروع تجاري.

جدول رقم (08): نموذج SWOT للغاز الصخري والطاقات المتجددة

	الغاز الصخري	الطاقات المتجددة
نقاط القوة	- تمتلك الجزائر ثالث أكبر غاز صخري قابل للاستخراج تقنيا على مستوى العالم - إمكانية الاستخراج محدودة أكثر من20 سنة - أكثر من 95٪ من حقول الغاز الصخري في البلاد تقع في الصحراء الكبرى - تمتع الدولة بخبرة كبيرة في مجال استغلال الغاز الطبيعي - جاهزية البنية التحتية وشبكات إمداد الغاز ومحطات توليد الكهرباء لاستقبال الغاز الصخري للتصدير إلى جنوب أوروبا - موارد محتملة للتنمية	- تمتلك الجزائر واحدة من أعلى الإمكانات الشمسية في العالم - بلا حدود: الطاقة المتجددة لن تنفد - المناطق الصحراوية متاحة لبناء مشاريع الطاقة المتجددة - توافر نقل الكهرباء الإقليمية - الطاقة المتجددة أكثر قدرة على المنافسة؛ - موارد محتملة للتنمية - تكنولوجيا صديقة للبيئة
نقاط الضعف	- عدم القدرة على امتلاك التكنولوجية اللازمة لتنفيذ استخراج الغاز الصخري ما لم تشارك مع شركات النفط العالمية. - تحدي المياه: زيادة القلق بشأن استخدام المياه ومعالجتها والتلوث في عمليات التكسير الهيدروليكي - المخاطر البيئية المحتملة: تشمل إنتاج كميات هائلة من مياه الصرف الصحي وإمكانية إحداث الزلازل. - تحدي التمويل: قد تدعو شركات النفط العالمية التي لديها رأس المال والمعرفة	- الشبكة ضعيفة وتحتاج إلى مزيد من التحسينات. - تتطلب تكنولوجية (RE) مبالغ كبيرة من الاستثمارات لتركيب محطات الطاقة المتجددة. - نقص الخبرة الفنية والإدارية في هذا المجال - نقص الأموال لدعم تطوير مشاريع الطاقة المتجددة،(دعم الوقود الأحفوري يعوق نمو الطاقة المتجددة). - غياب آليات جاذبة لتشجيع التمويل الأصغر. - وهناك عدد قليل من المؤسسات المالية المحلية التي تشارك حاليا في تمويل مشاريع الطاقة المتجددة
	- جذب الاستثمارات الأجنبية. - تلبية الطلب المحلي على الغاز الطبيعي - قد تصبح إمكانات الصخر الزيتي الكبيرة	- يمكن أن يؤدي انخفاض أسعار تقنيات الطاقة المتجددة إلى إضافة قدرات معترف بها كل عام - استخدم الأنظمة الكهروضوئية لتشغيل الشوارع

الفرص	مكونا متزايد الأهمية لصادرات البلاد من الغاز إلى أوروبا في المستقبل - يمكن أن يجلب تدفقا جديدا للدخل ويسهل النمو الاقتصادي. - خلق فرص عمل جديدة	والإعلانات والمناطق النائية. - خلق فرص استثمارية جديدة وشراكات مع المؤسسات والشركات الدولية - توفير الكهرباء للمناطق خارج الشبكة في الأماكن الصحراوية النائية. - خلق فرص عمل جديدة
التهديدات	- الاضطرابات الاجتماعية: في جانفي2015، اندلعت الاحتجاجات في عين صالح، وامتدت إلى مدن أخرى بما في ذلك تمنراست وأدرار وورقلة - العودة إلى الاعتماد على الطاقة الأحفورية مرة أخرى بدلا من تنويع الاقتصاد. - التأثير السلبي على البرنامج الوطني لتنمية الطاقات المتجددة.	- المؤسسات التي تنفذ برنامج الطاقة المتجددة هي مؤسسات تعمل في مجال الطاقة التقليدية (سوناطراك وسونلغاز) - اضمحلال أسعار النفط وأثره على تنافسية الطاقة المتجددة - اكتشاف مصادر جديدة للطاقة يمكن أن تهدد مستقبل الطاقة المتجددة - تشتت جهود البحث والتطوير.

المصدر: من اعداد الباحثة اعتمادا على الفقرات السابقة

يبدو أن صانع القرار الجزائري في قطاع الطاقة أصبح مشتتا بين الذهاب لاستغلال الطاقات المتجددة بالسرعة والطريقة المطلوبة، أو نحو استغلال الغاز الصخري ، القضية ليست في اختيار الطاقة المتجددة أو الغاز الصخري، حيث أن كل مصدر لديه فرص وتحديات محتملة، ومن خلال هذا التحليل يتبين أن كل من الطاقات المتجددة والغاز الصخري لديها إمكانات هائلة وأيضا تحديات كبيرة تواجه عملية استغلالها، وكلا المصدرين مهمان جدا للاقتصاد الوطني من حيث زيادة إيرادات البلاد، وتأمين الطاقة اللازمة لمختلف القطاعات، كذلك لم يعد الانتقال الطاقوي واستغلال أنواع مختلفة من مصادر الطاقة (التقليدية، غير التقليدية، المتجددة) أمرا اختياريا بالنسبة للجزائر، حيث أن التغيرات الداخلية تتعلق بانخفاض الاحتياطي الوطني من النفط والغاز وزيادة الطلب المحلي على الطاقة، فضلا عن التحول العالمي نحو الطاقات المتجددة، فقد ضغطت على صانع القرار الجزائري للاستجابة لهذه المتغيرات، من خلال إدخال تعديلات في فيفري 2013 على قانون الهيدروكربونات لعام 2005 بهدف (تعزيز الاستكشاف والتطوير واستغلال الموارد غير التقليدية).

على الرغم من الجدل حول استغلال الغاز الصخري، فإن الرأي الرسمي هو أن المخاطر البيئية والمخاوف المجتمعية مبالغ فيها، نظرا لانخفاض مخاطر استغلال موارد الطاقة غير التقليدية على البيئة، كون أن الآبار بعيدة عن سكان والمياه الجوفية بعيدة عن الموارد الجيولوجية لهذه المصادر

كما يرى العديد من الخبراء الاقتصاديين أن المستقبل الطاقوي للجزائر ليس في الغاز الصخري، وإنما في تعظيم الموارد التقليدية من جهة وفي تطوير الطاقات المتجددة من جهة أخرى وذلك في إطار المزيج الطاقوي واقتصاديات الطاقة

خلاصة الفصل:

تبنت الحكومة الجزائرية ملف الغاز الصخري كبديل طاقوي واعد، وذلك بعد ظهور بوادر عن بلوغ الذروة في قطاع المحروقات التقليدية الوطنية، التي بدأت تسجل تراجعا في الإنتاج منذ سنة 2007، وقد تعزز هذا المسعى بعد التراجع الكبير لأسعار المحروقات في السوق العالمية بعد سنة 2014، وعلى الرغم من أن الجزائر تملك ثالث مخزون من الغاز الصخري في العالم، الا انها تواجه عدة تحديات تعوق استغلال هذا المورد وتتلخص نتائج دراسة تجربة الجزائر في استغلالها للغاز الصخري في ما يلي:

- عمليات استغلال الغاز الصخري في الجزائر واجهت الرفض الشعبي بحكم غياب التواصل بين المجتمع المحلي والسلطات الرسمية الامر الذي يجعل عملية استغلال الغاز الصخري في الجزائر يعد خيار على المدى الطويل وهو ما يعززه ويدعمه تصريح هيلج لوند الرئيس التنفيذي لشركه ستات اويل بقوله انه من المبكر استنتاج ما اذا كان الغاز الصخري سيؤثر خارج الولايات المتحده بقدر تاثيره داخله؛

- إلى أن الجزائر تتمتع بخبرة كبيرة في مجال المحروقات، خاصة صناعة الغاز الطبيعي، ولديها علاقات دولية قوية تؤهلها للخوض في صناع الغاز الصخري الا انها لا تملك المؤهلات والتقنيات المحتكرة من الشركات الاجنبية لاستخادم عملية التكسير الهيدروليكي؛

- ما زالت الجزائر بعيدة كل البعد عن مراعات التدابير البيئية خاصة غي ادارة المياه الستخدمة في عملية التكسير الهيدوليكي وأثبت نموذج الجزائري عدم القدرة لادارة المياه بمقارنة بالنموذج الأمريكي؛

- اتخاذ الجزائر سياسة التنويع الطاقوي لدعم الاقتصاد بدلا من الاتجاه نحو تدعيم القطاعات الاقتصادية الاخرى، لا يشجع خروجها من دائرة إعتماد إقتصادهاعلى الثروة الباطنية (الاقتصاد الريعي)، خاصة الموارد الطاقوية غير التقليدية المعرضة للنظوب كمثيلاتها النفط والغاز الطبيعي، الا ان الاستثمار في الطاقات المتجددة يغنيها عن صرف تكاليف مادية إضافية ، ومراعاة البعد البيئي.

الخاتمة

الخاتمة

لقد تناولت الدراسة موضوع تحديات الغاز الصخري كأحد الموارد الطاقوية البديلة للموارد الطاقوية التقليدية (الأحفورية)، من حيث الآثار البيئية والجدوى الاقتصادية لاستغلاله، لذا سعت هذه الدراسة للإجابة على الإشكالية الرئيسية التي تتمحور حول تفعيل إستراتيجية استغلال الغاز الصخري في الجزائر من خلال تثمين الجدوى الاقتصادية والحد من التداعيات البيئية مع إمكانية الاستفادة من التجربة الأمريكية، كما تم طرح أسئلة متفرعة عن هذا التساؤل الرئيسي، وصياغة الفرضيات ومحاولة إثباتها أو نفيها، وهو ما تم تحليله في متن البحث، واستخلاص جملة من النتائج والتوصيات وآفاق الدراسة، يتم عرضها في النقاط التالية:

أولا: واختبار الفرضيات

تم اختبار الفرضيات الأربعة على النحو الآتي:

- بالرغم من المجهودات المبذولة للتوجه نحو استغلال الموارد الطاقوية المتجددة حفاظا على البيئة، إلا انه لا زال الوقود الأحفوري يحتل الصدارة من حيث تلبية حجم الطلب المتزايد للطاقة عل حساب ما يخلفه من مخاطر بيئية التي تتزايد بتزايد إستخدامه، ليس هذا فقط بل عمدت الكثير من الدول الى تبني فكرة الاستثمار في استخراج موارد أحفورية أخرى تتمثل في الموارد الصخرية (غير تقليدية) لأجل تنويع المزيج الطاقوي وتحقيق الأمن الطاقوي، لكن تطوير مثل هذه الموارد يواجه عدة تحديات بيئية أخرى متفاوتة الخطورة مقارنة بالموارد التقليدية، بالرغم من تطور تقنيات استخراجها، التي قد لا تكون متاحة للعديد من الدول الأخرى، لذا فالموارد غير التقليدية لا تعتبر بديل أمثل لموارد الطاقة التقليدية نظرا لخطورة استغلالها؛ **(وهذا ما ينفي الفرضية الأولى)**
- إن عملية استخراج النفط الصخري تعتمد على تقنيات متطورة لتفتيت الصخور بالمواد الكيماوية في باطن الأرض "التكسير الهيدروليكي"، التي ينتج عنها إنبعاثات عالية من الغازات السامة كثاني أكسيد الكربون وغاز الميثان وغيرها من الغازات الأخرى، حيث تساهم جميع تلك الغازات بدرجة عالية في ظاهرة الاحتباس الحراري للأرض وتلوث البيئة، كما إن الطبيعة الجيولوجيا، والقانونية السائدة في دول الراغبة في استغلال هذا المورد، والمواقف الرافضة والمؤيدة لاستغلاله، كلها عوامل تقف بين تطوير استخراج الغاز الصخري من عدمه؛ **(وهذا ما يثبت صحة الفرضية الثانية)**
- رغم النتائج المحققة من خلال استغلال الغاز الصخري في الولايات المتحدة الأمريكية، فليس من المتوقع والسهل أن تنتقل ثورة إنتاج الغاز الصخري من الولايات المتحدة إلى مناطق أخرى من العالم وذلك نتيجة لجملة من العوامل، منها ارتفاع أسعار النفط، والتقدم في مجال التكنولوجيا، والملكية الخاصة لحقوق المعادن الجوفية،وامتلاكها لأعداد كبيرة من أجهزة الحفر مما سمح بتطور صناعة الغاز الصخري التي تحتاج الى التوسع في أعمال الحفر(المكلفة)، ورسوخ صناعة الخدمات والبنية التحتية لديها، ووفرة المياه، والضرائب التنافسية، والبيئة المواتية للاستثمار، ولان الدول الأخرى لا تمتلك جزءا كافيا من هذه السمات، يشكك الخبراء في إمكانيّة تكرار تجربة الولايات المتحدة قريبا في أماكن أخرى؛ **(وهذا ما ينفي الفرضية الثالثة)**

- ان الجزائر تفتقر إلى معظم المقومات التي تمتلكها الولايات المتحدة الأمريكية ما يجعل استغلال وإنتاج الغاز والنفط الصخريين أمرا مستبعدا في المستقبل القريب، العقبات الرئيسة التي يواجهها هذا الاستثمار: الموقع النائي للمساحة التي تحتوي على النفط والغاز الصخري في البلاد، وغياب البنية التحتية، ومحدودية المياه، والحاجة إلى مزيد من الحفر لان آبار النفط والغاز الصخريين تنضب بشكل أسرع من آبار النفط والغاز التقليدية وتجدر الإشارة إلى أن الاستثمار في الغاز والنفط الصخريين يواجه نفس التحديات التي يواجهها النفط والغاز التقليديين، لان الغاز والنفط الصخري سيتباطأ على الأرجح بفعل العوامل نفسها التي لطالما أعاقت الاستثمار في قطاع النفط والغاز التقليدي في الجزائر (**وهذا ما ينفي الفرضية الرابعة**)؛

ثانيا: نتائج الدراسة: توصلت الدراسة إلى عدة نتائج والتي تتمثل في:

- مصادر الطاقة التقليدية (الأحفورية) والطاقة غير تقليدية حسب طبيعة تركيبها وطريقة استخراجها، وتتميز كل منهما بشكل عام بخاصية النفاذ، واستخدامها يؤثر بشكل كبير على البيئة، رغم أهمية ما يحقق استخدامها من مزايا لاقتصاديات الدول؛
- إن تطوير أساليب وتقنيات استخدام المصادر الطاقوية أحد المسارات الهامة لتحسين الكفاءة الإستخدامية للطاقات الناضبة من خلال تطوير تقنيات استغلال، والإستثمار في ترقية الفعالية الطاقوية؛
- على الغاز الصخري أن يواجه التحديات البيئية والاقتصادية المرتبطة بهذه الصناعة بحذر والعمل على تبني أفضل الممارسات والتقنيات لتحقيق استدامة الاستخراج والحفاظ على البيئة والمجتمعات المحلية في المدى البعيد؛
- تسعى الجزائر لتطوير إمكانياتها من الغاز الصخري لمواجهة الضغوط المتزايدة على قطاع الغاز الطبيعي، حيث يعرف الاستهلاك المحلي تزايد مستمرا في ظل استقرار الإنتاج مما أثر على التزامات الجزائر في مجال التصدير، لكن ارتفاع التكاليف و الاستخدام الكثيف للمياه يقف عائقا أمام تطوير مثل هذه الموارد، بالإضافة إلى النقص في التقنيات والتطور التكنولوجي الذي تعاني منه سنواطراك في هذا المجال وضعف جاذبية مناخ الاستثمار في الجزائر، فالجهود التي تبدلها الجزائر غير كافية لنظر إلى حجم التحديات التي تواجه قطاع الغاز الطبيعي وسوناطراك لن تستطيع وحدها مواجهة كل ذلك؛
- الجزائر تواجه حتما تحديات كبيرة في مجال ارتفاع تكاليف إنتاج الغاز الصخري مقارنة بإنتاج الغاز الطبيعي، لأن العائدات الاقتصادية ستكون ضعيفة في البداية، حيث تعتمد تكاليف استغلال إنتاج الغاز الصخري على البيئة الموجود فيها، خاصة عمق تكوين الزيت الصخري، وتوافر المياه اللازمة، والبنية التحتية، وتقع أغلب احتياطيات الغاز الصخري في الجزائر في أمكنة بعيدة في الصحراء، ما قد يشكل عقبة كبيرة لتطوير آبار منتجة؛
- لقد شكلت المواقف المنددة عائقا أمام مستقبل استغلال الغاز الصخري في الجزائر، وهذا يفسر غياب التواصل بين المجتمع المحلي والسلطات الرسمية الأمر الذي يجعل عملية استغلال الغاز الصخري في الجزائر خيارا في المدى الطويل؛

- إن تحليل ودراسة القضايا البيئية المتعلقة باستغلال الغاز الصخري في الجزائر خطوة مهمة في تحديد المخاطر البيئية، فقد تم التوصل الى أن صناعة الغاز الصخري في الجزائر يشوبها الشك ولن تنجح للعديد من االأسباب وهي:

- تقنية التكسير الهيدروليكي التي تتطلب كميات هائلة من المياه (10 إلى 20000 م^3/ بئر، مع أن الإجهاد المائي الصحراء التي تعاني منه معظم أماكن تواجده، حيث هناك مصدر واحد للمياه في الصحراء للسكان والزراعة سيكون نفس مصدر التكسير الهيدروليكي.
- الجزائر لا تمتلك هذه التكنولوجيا مما يعني أنها تبحث عن شركات دولي للعمل في الجزائر.
- تعتبر الشركات العالمية أن المواد الكيميائية المستخدمة من قبل هذا التكنولوجيا هي سر لذلك هناك غموض حول هذا الخليط الذي يحتوي على منتجات مسرطنة.
- الموارد البشرية الحالية ليست جاهزة للتعامل مع هذه العمليات الدقيقة.
- عدم توفر البيانات أو الدراسات التي أجريت في الجزائر (السرية)، وبالتالي التحليل النوعي للآثار البيئية ودورة حياة المياه في عملية التكسير الهيدروليكي له قيود كبيرة مرتبطة بجودة البيانات المستخدمة.

ثانيا: توصيات واقتراحات الدراسة

من أهم التوصيات والاقتراحات التي تم الخروج بها بعد هذه الدراسة تتمثل في:

- ان استغلال الغاز الصخري أثار نقاشات كبيرة على المستوى العام، كون أن الطريقة التي يتم بها استغلال الغاز الصخري بالتكسير الهيدروليكي تثير انتقادات كبيرة كونها تؤدي إلى تلويث طبقات المياه الجوفية، وبذلك ينبغي على الجزائر، على غرار البلدان التي تزخر بهذا النوع من المخزون الطاقوي الكبير، منح الوقت والتريث للتحكم في التكنولوجيات واكتساب التقنيات اللازمة، وإشراك الخبراء كل في مجال اختصاصه، حتى يمكن تفادي مختلف المخاطر سواء على الصعيد الاقتصادي أو على الصعيد البيئي؛
- اذا أصبح الغاز الصخري في الجزائر خيارا لا مفر منه في الأمد المتوسط، والطويل، يجب زيادة البحث والتطوير في مجال تقنيات استغلال الغاز الصخري، مع الأخذ في الاعتبار أحدث التقنيات المستخدمة في التجربة الأمريكية، ويتطلب ذلك إجراء دراسات شاملة لفهم تأثيراته البيئية والاقتصادية والاجتماعية، بالإضافة إلى تبني الممارسات البيئية المستدامة وضمان المشاركة المجتمعية الفعالة؛
- لعلى الخطوة الأولى في أي تطلع وتوجه نحو المستقبل في مجال الطاقة، تكمن في الاستخدام الرشيد لمصادر الطاقة، والتوجه لاستخدام مصادر الطاقة البديلة المتجددة تفاديا للتكاليف المرتفعة لاستغلال الموارد الطاقة غير التقليدية، دون التعرض البيئة لمخاطر التلوث؛
- التنويع الاقتصادي أصبح ضرورة حتمية لتشجيع القطاعات الاقتصادية وتخفيف الضغط على قطاع الطاقة، بدلا من التوجه نحو التنويع الطاقوي وإستغلال الموارد غير التقليدية التي لا زالت لحد الان صناعتها محتكرة من طرف الشركات الأجنبية؛

- ان إنتاج النفط الصخري في وقتنا الحاضر عند الأسعار الحالية غير مجد اقتصاديا، وهو ما ينفي مقدرته على منافسة الغاز التقليدي تحت أي ظرف من الظروف، وهذا لا يعني أننا نستمر في إسرافنا في الإنتاج ونتجاهل أننا نتعامل مع مورد ناضب، بل يجب أن نسرع إلى تنويع الدخل من مصادر إقتصادية أخرى، ومحاولة تقليل الاعتماد على المصادر الأحفورية، من أجل إطالة عمر هذه الثروة، والحفاظ على الموارد الصخرية للاستفادة منها مستقبلا بالكفاءة المطلوبة وبأقل ضرر بيئي ممكن، مع مراعاة حقوق الأجيال القادمة في ثرواتهم الطبيعية.

ثالثا: آفاق الدراسة:

مهما بلغ البحث من تحقيق الأهداف المسطرة له تبقى هناك رؤى علمية أخرى تستحق العمل عليها، لذا في هذه الدراسة لازالت بعض الأسئلة الجديرة بالبحث من زوايا أخرى، وتصلح أن تشكل إنطلاقة لدراسات علمية أخرى وتتمحور هذه التساؤلات العلمية في:

- ما مدى تفعيل إستراتيجية التنويع الطاقوي على صادرات النفط والغاز الطبيعي في الجزائر في ظل متطلبات التنمية المستدامة؟
- ما مدى تحقيق التنويع الاقتصادي في ظل فشل سياسة الطاقوية المتبعة في الجزائر في دعم إيرادات الموازنة العامة للدولة؟
- هل يمكن أن يكون الغاز الصخري بديلا للطاقة التقليدية، عند التحكم في تقنيات استخراجه والحد من أضراره البيئية في الجزائر؟

قائمة المراجع

قائمة المراجع

أولا:المراجع باللغة العربية

أ.الكتب

1. أحمد مدحت إسلام، الطاقة وتلوث البيئة، دار لفكر العربي، مصر ،1999.
2. أسامة حسين شعبان، الأخطار و الكوارث البيئية، دار الفجر للنشر و التوزيع، مصر، 2013.
3. أكثم محمد أبو العلا وآخرون، ترشيد استهلاك الطاقة الكهربائية: الأهداف والمسؤوليات والإجراءات، مصر، مارس 2013.
4. الحفار سعيد محمد، الموسوعة البيئية العربية، المجلد الأول، وحدة الدراسات البيئية، جامعة قطر، الدوحة، 1992.
5. الهيتي نوزاد عبد الرحمن، حسن ابراهيم المهندي، عيسى جمعة ابراهيم، مقدمة في اقتصاديات البيئة، دار المناهج للنشر والتوزيع، ط1،عمان، الأردن، 2010.
6. إيمان عطية ناصف، **مبادئ اقتصاديات الموارد البيئية** المكتب الجامعي الحديث، الإسكندرية، 2008.
7. بيتر هوفمن، ترجمة د. ماجد كنج ، مصادر الطاقة المستقبلية : الهيدروجين وخلايا الوقود و التوقعات لكوكب أنظف، دار الفارابي الطبعة الأولى لبنان 2009.
8. ثامر البكري، أحمد نزار النوري، التسويق الأخضر، دار اليازوري للنشر والتوزيع، الأردن، 2007.
9. حامد الريفي، اقتصاديات البيئة، دار التعليم الجامعي، الإسكندرية، 2015.
10. حسن أحمد شحاته، التلوث البيئي ومخاطر الطاقة، الدار العربية للكتاب، مصر، 2008.
11. ستيفن سميث، ترجمة إجي بنداري، الاقتصاد البيئي مقدمة قصيرة جدا، مؤسسة هنداوي للتعليم والثقافة، الطبعة الأولى، 2014.
12. سعود يوسف عياش، تكنولوجيا الطاقة البديلة، سلسلة كتب ثقافية شهرية، المجلس الوطني لثقافة وللآداب، العدد 38، الكويت، (د س ن).
13. سمير سعدون مصطفى، بلال عبد الله ناصر، محمود حضر سلمان، الطاقة البديلة مصادرها استخداماتها، دار اليازوري العلمية للنشر والتوزيع، الأردن الطبعة الاولى، 2011.
14. عارف صالح مخلف، الادارة البيئية، الحماية الادارية للبيئة، عمان، الاردن، دار اليازوري للنشر والتوزيع، 2007، على الرابط:
https://cte.univ-setif2.dz/moodle/mod/book/view.php?id=11737&chapterid=2665
15. عايد راضي خنفر، مهند راضي خنفر، الاقتصاد كاداة لحماية البيئة و دوره ومتطلبات نجاحه، مجلة جامعة أسيوط للبحوث البيئية، المجلد 11، العدد 01، مصر، 2008.

16. عبد الحكيم جمعة، الغاز الطبيعي، دار النهضة العربية، مصر، 2012.
17. عبد العلي خفاف، ثعبان كاظم خضري، الطاقة وتلوث البيئة، دار الميسرة للنشر والتوزيع، الأردن، 2007.
18. عبد المطلب النقرش، الطاقة: مفاهيمها وأنواعها ومصادره، وزارة الطاقة والثروة المعدنية، الأردن، 2005.
19. علي حامد عبد الله الملا، النفط وتأثير عائداته على التنمية المستدامة، وزارة التخطيط التنموي والإحصاء، قطر، 2014.
20. فرج عبد العزيز، عزت، اقتصاديات الصناعة والطاقة، الدار الهندسية، مصر.
21. قدي عبد المجيد، منور أوسرير، محمد حمو، الاقتصاد البيئي، دار الخلدونية للنشر والتوزيع، ط9، الجزائر، 2010.
22. محمد ابرهيم محمود، الساسة البيئية وتأثيرها على الوضع التنافسي للصادرات الصناعية المصرية، دار النهضة العربية، مصر 2004.
23. محمد ابرهيم محمود، الساسة البيئية وتأثيرها على الوضع التنافسي للصادرات الصناعية المصرية، دار النهضة العربية، مصر 2004،
24. محمد عبد البديع، الاقتصاد البيئي والتنمية، الطبعة الأولى، دار الأمين، مصر، 2006.
25. محمد ماهر محمود، الطاقة المتجددة ومجالات استخداماتها في مصر، الهيئة العامة المصرية للكتاب، مصر، 1992.
26. محمد مصطفى محمد الخياط، **الطاقة: مصادرها وأنواعها واستخداماتها**، وزارة الكهرباء والطاقة، مصر، 2006.
27. محمد موسى الجبورى، النظام القانوني لعقد الاستثمار في تصفية النفط الخام، دار الجامعة الجديدة للنشر الإسكندرية، 2013.
28. منور أوسرير، محمد حمو، الاقتصاد البيئي، دار الخلدونية للنشر والتوزيع، الطبعة الأولى،2010 الجزائر.
29. مهدي احمد رشيد، جغرافيا النفط، الجنادرية للنشر والتوزيع، عمان 2014.
30. مؤنس رشاد الدين، المرام، قاموس عربي عربي، دار الراتب الجامعية، لبنان، 2000.
31. نجم عبود نجم، البعد الأخضر للأعمال المسؤولية البيئية لرجال الأعمال، مؤسسة الوراق للنشر والتوزيع، الأردن، الطبعة الأولى،2008 .
32. نوال صياد، صبري مقيمع، إستغلال الغاز الصخري بين الضوابط البيئية والاجتماعية والكفاءة الاقتصادية، ألفا للوثائق، البوابة الشمالية للجامعة الأردنية، عمان الأردن ،الطبعة الأولى، 2020.

ب.الرسائل والأطروحات

1. جباري عبد الجليل، **أهمية تطوير الطاقة الشمسية في تحقيق التنمية المستدامة دراسة حالة – الجزائر و مصر–** أطروحة مقدمة لنيل شهادة دكتوراه علوم في العلوم الاقتصادية، تخصص: مناجمنت المنظمات، جامعة محمد خيضر بسكرة، 2018.
2. خوالدية بن عوالي، **استخدام العوائد النفطية: دراسة مقارنة بين تجربة الجزائر والنرويج**، مذكرة مقدمة لنيل شهادة الماجيستر، كلية العلوم الاقتصادية والتجارية وعلوم التسيير، قسم العلوم الاقتصادية، تخصص اقتصاد دولي، جامعة وهران، الجزائر، 2016/2015 ،ص 11.
3. زهرة روايقية، **تحسين كفاءة استخدام الطاقة من أجل تحقيق التنمية المستدامة في الاقتصاديات العربية**، أطروحة الدكتوراه الطور الثالث، علوم اقتصادية، تخصص تجارة دولية وتنمية مستدامة، جامعة 08 ماي 1945 قالمة، 2019.
4. زواوية أحلام، **دور اقتصاديات الطاقات المتجددة في تحقيق التنمية الاقتصادية المستدامة في الدول المغاربية "دراسة مقارنة بين الجزائر، المغرب وتونس"**، مذكرة مقدمة كجزء من متطلبات نيل شهادة الماجستير في إطار مدرسة الدكتوراه في العلوم الاقتصادية وعلوم التسيير، تخصص الاقتصاد الدولي والتنمية المستدامة، جامعة فرحات عباس سطيف1، 2013
5. سارة بوسعيود، **دور إستراتيجية مكافحة الفساد الاقتصادي في تحقيق التنمية المستدامة: دراسة مقارنة بين الجزائر وماليزيا**، مذكرة مقدمة لنيل شهادة الماجيستر، كلية العلوم الاقتصادية والتجارية وعلوم التسيير، قسم علوم التسيير، تخصص الاقتصاد الدولي والتنمية المستدامة، جامعة سطيف، الجزائر، 2012/2011
6. سهيلة زناد، **استرتيجية ترقية الكفاءة الاستخدامية لمصادر الطاقة البديلة لاستخلاف الثروة البترولية وفق ظوابط الاستدامة، دراسة حالة الطاقة الشمسية في الجزائر**، اطروحة مقدمة لنيل شهادة الدكتوراه علوم تخصص علوم اقتصادية، جامعة فرحات عباس سطيف1، 2018.
7. صباح براجي، **دور حوكمة الموارد الطاقوية في إعادة هيكلة الإقتصاد الجزائري في ظل ضوابط الإستدامة،** مذكرة مقدمة كجزء من متطلبات نيل شهادة الماجستير في إطار مدرسة الدكتوراه في العلوم الإقتصادية وعلوم التسيير تخصص إقتصاد دولي والتنمية المستدامة، جامعة فرحات عباس سطيف1، 2013.
8. علي خنافر، **القضايا البيئية العالمية الراهنة و إنعكاساتها على القدرة التنافسية للإقتصاد الجزائري وتحوله إلى الاقتصاد الأخضر**، أطروحة مقدمة لنيل شهادة دكتوراه علوم في العلوم الاقتصادية، تخصص العلوم الاقتصادية ، جامعة محمد خيضر بسكرة، 2017-2018.
9. مباركي ابراهيم، ترشيد **استخدام الطاقة وحماية البيئة لتحقيق التنمية المستدامة، دراسة مستقبلية، آفاق 2030**، رسالة ماجستير، غير منشورة، كلية العلوم الاقتصادية، جامعة الحاج لخضر باتنة،2014

10. محمد عشاشي، **إشكالية البيئة والتنمية في الجزائر حالة التغيرات المناخية والغاز الصخري**، أطروحة مقدمة لنيل شهادة دكتوراه علوم، كلية العلوم السياسية تخصص العلاقات الدولية، جامعة قسنطينة 3، 2020-2021.

11. مسعودي محمد، **دور الجباية في الحد من التلوث البيئي**، أطروحة الماجستير في فرع العلوم الاقتصادية تخصص اقتصاد وتسيير البيئة، جامعة قاصدي مرباح ورقلة، 2014/2013.

12. مهيدي لحول، الضابط البيئي لاستغلال الغاز الصخري، اطروحة دكتوراه علوم، جامعة ابن خلدون تيارت، كلية الحقوق والعلوم السياسية، تخصص قانون بيئي، 2019.

13. هواري عبد القادر، الكفاءة الإستخدامية لاستغلال الطاقات المتجددة في الاقتصاديات العربية، دراسة مقارنة للمردودية الاقتصادية بين الطاقات المتجددة والطاقات غير المتجددة، أطروحة دكتوراه في العلوم الاقتصادية، تخصص الاقتصاد الدولي والتنمية المستدامة، جامعة فرحات عباس، سطيف1، 2018.

ج. المجلات والجرائد

1. المرسي السيد حجازي، تطور العلاقة بين الاقتصاد والبيئة: دراسة تحليلية، مجلة جامعة الملك سعود للعلوم الإدارية، مجلد 04، العدد 01، الرياض 1996.

2. أحمد جابة، سيمان كعوان، الغاز الصخري في ضوء التجربة الأمريكية، مجلة المستقبل العربي، على الموقع: تاريخ الاطلاع 2023/07/05. https://platform.almanhal.com/Files/2/78239

3. أوسياف عمار ياسين، الغاز الصخري في الجزائر: بين بديل لتنويع المداخيل وإشكالية تلوث البيئة، مجلة دراسات وأبحاث اقتصادية في الطاقات المتجددة، المجلد 6 ،العدد 1.

4. بوضاضة دنيا والعايب لحسن، الغاز الصخري بين متطلبات التنويع الطاقوي وتحدت استغلاله في الجزائر، مجلة دراسات اقتصادية، العدد 04، المجلد 01، 2017.

5. حمزة بالي، إلياس شاهد، دراسة التقييم البيئي في الجزائر– دراسة تحليلية قانونية– ، مجلة العلوم القانونية السياسية، المجلد 08، العدد 02، ص 86.

6. رمزي بودرجة، الطاقات المتجددة ودورها في تحقيق التنمية المستدامة : تجربة ألمانيا نموذجا، مجلة ميلاف للبحوث والدراسات، العدد 05 ، جوان 2017.

7. زبير فتاح محمد، تحديد اتجاه السببية بين أسعار النفط العالمية والكميات المنتجة من النفط والغاز الصخري الأمريكي (2002-2012)، المجلة الأكاديمية لجامعة نوروز، لكية الإدارة والإقتصاد, جامعة دهوك، كردستان، العراق، المجلد 06، العدد 01،

8. عايد راضي خنفر، مهند راضي خنفر، الإقتصاد كآداة لحماية البيئة ودوره ومتطلبات نجاحه، مجلة جامعة أسيوط للبحوث البيئية، المجلد 11، العدد 01، مصر، 2008.

9. عبد علي كاظم المعموري، شفق نجم عبد الوهاب، طبيعة التنافس بين الغاز الطبيعي التقليدي والصخري في الاسواق العالمية، مجلة كلية الادارة والاقتصاد للدراسات الاقتصادية والإدارية والمالية، المجلد 13، العدد 3، 2021.

10. علاوي صفية، سياسة تحسين الأداء البيئي كمدخل لتحقيق الإنتاج الأنظف في المؤسسة الاقتصادية المعاصرة – بالإشارة الى بعض المؤسسات الجزائرية– مجلة الحقوق والعلوم الإنسانية – دراسات إقتصادية– جامعة زيان عاشور بالجلفة، 23 (02) على الموقع الالكتروني:
https://www.asjp.cerist.dz/en/downArticle/417/4/2/85772

11. فارس مسدور، أهمية تدخل الحكومات في حماية البيئة من خلال الجباية البيئية، مجلة الباحث، العدد 02، 2010/2009.

12. محمد فرج محمد عبد الله البرقي، تطور التنمية المستدامة، تعريفها وأبعادها وأهدافها من المنظور الوضعي والاسلامي، مجلة وادى النيل للدراسات والبحوث الإنسانية والاجتماعية والتربوية، على الرابط:
https://journals.ekb.eg/article_295479_feba7d22e61ca00ddf2f40e0fdb1a615.pdf

13. مطانيوس مخول، عدنان غانم، نظم الإدارة البيئية ودورها في التنمية المستدامة، مجلة دمشق العلوم الاقتصادية والقانونية، المجلد 25، العدد 02، جامعة دمشق، 2009.

14. ممدوح سلامة مرسي احمد، الإدارة البيئية لتقييم الاثر البيئي للمشروعات، مقال منشور في مجلة اسيوط للدراسات البيئية، العدد 32، 2008.

15. مشري محمد الناصر، بوفاس الشريف، إمكانية استغلال الغاز الصخري كمصدر للتنويع الطاقوي في الجزائر: بين الضرورة الاقتصادية والمتطلبات البيئية، مجلة دراسات وأبحاث اقتصادية في الطاقات المتجددة، المجلد07،العدد 01، 2017.

16. نسيمة سابق، الأمن الطاقوي في الجزائر ثنائية الغاز الصخري و الهواجس البيئية، مجلة دراسات وأبحاث المجلة العربية للأبحاث والدراسات في العلوم الإنسانية والإجتماعية، مجلد 12، العدد 04، أكتوبر 2020.

17. وائل حامد عبد المعطي، دور الغاز الطبيعي في تحقيق التنمية المستدامة في الدول العربية (الجزء الأول) ، مجلة النفط والتعاون العربي، المجلد 41 ،العدد 154 ،منظمة الأقطار العربية المصدرة للبترول، الكويت، 2015.

18. وائل زكي، **الكفاءة الاقتصادية لإنتاج البرتقال في سورية**، مجلة جامعة دمشق للعلوم الزراعية، العدد 01 المجلد 29 جامعة دمشق، سوريا، 2013،

2. نبيل بن مرزوق، صالح سراي، الاستثمار في الغاز الصخري في الجزائر بين المنافع الاقتصادية والأضرار البيئية، مجلة الاقتصاد الدولي والعولمة، المجلد 03، العدد 04، 2020، تاريخ النشر 2020/12/01

د. الدراسات، المؤتمرات والملتقيات

1. احمد طرطار، طارق الراشي، الغاز الصخري كمصدر جديد للطاقة,الفرص المتاحة و التهديدات المطروحة ضمن إطار حماية البيئة من اجل التنمية المستدامة". ورقة بحثية مقدمة ضمن فعاليات الملتقى الدولي حول السياسات الاستخدامية للموارد الطاقوية بين متطلبات التنمية القطرية و تامين الاحتياجات الدولية ,كلية العلوم الاقتصادية التجارية و علوم التسيير, جامعة سطيف, الجزائر,2015،
2. جبار سعاد وماحي سعاد، الطاقة في الجزائر موارد وامكانات، مداخلة مقدمة الى المؤتمر الدولي الأول، السياسات الاستخدامية للموارد الطاقوية بين متطلبات التنمية القطرية و تامين الاحتياجات الدولية، كلية العلوم الاقتصادية، جامعة فرحات عباس سطيف1، الجزائر، يومي 08/7/ افريل/2015،
3. خبابة عبد الله، التنمية المستدامة المبادئ والتنفيذ من مؤتمر ريو دي جانيرو 1992 إلى مؤتمر بالي 2007، مداخلة ضمن المؤتمر العلمي الدولي: التنمية المستدامة والكفاءة الاستخدامية للموارد المتاحة، المنعقد بكلية العلوم الاقتصادية وعلوم التسيير، جامعة فرحات عباس، 08/07 أفريل 2008، منشورات مخبر الشراكة والاستثمار في المؤسسات الصغيرة والمتوسطة في الفضاء الأورو مغاربي، دار الهدى للطباعة والنشر، عين مليلة، 2008.
4. رشيدة حططاش، الغاز الطبيعي المسال بين تنمية الإلتزامات الدولية وتحديات تحقيق التنمية المستدامة: دراسة حالة شركة قطر غاز، بحث مقدم للملتقى الأول حول السياسات الإستخدامية للموارد الطاقوية بين متطلبات التنمية القطرية وتأمين الإحتياجات الدولية، الورشة الأساسية الأولى، كلية العلوم الاقتصادية والتجارية وعلوم التسيير، جامعة سطيف1، 2015.
5. سارة جدي، "إستراتيجية الانتقال الى اقتصاد أخضر: آليات الانتقال الطاقوي في الجزائر"كتاب أعمال الملتقى الدولي الأول حول: الجزائر نحو حتمية التوجه نحو الاقتصاد الأخضر لتحقيق التنمية المستدامة، 10-11 ديسمبر 2018، كلية العلوم الاقتصادية التجارية وعلوم التسيير، جامعة عباس لغرور خنشلة، سنة النشر 2019.
6. سفيان خلوفي، الغاز الصخري والتنمية المستدامة: تعارض ام تكامل، الملتقى الوطني حول تحديات تحقيق الأمن الطاقوي، كلية الحقوق والعلوم السياسية قسم الحقوق وجمعية الكوكب الأخضر، جامعة الحاج لخضر، باتنة، الجزائر
7. طالب حسن الحيالي، النفط الصخري جدوى الإنتاج وتحديات المستقبل، حوكمة رأس الخيمة، دائرة التنمية الأقتصادية، ادارة الدراسات والإحصاء ديسمبر 2015، متاح على الموقع: https://css.rak.ae/Documents
8. طالب حسين الحيالي، النفط الصخري جدوى الإنتاج وتحديات المستقبل، حوكمة رأس الخيمة دائرة التنمية الاقتصادية، السلسلة الاقتصادية 03، إدارة الدراسات والإحصاء ديسمبر 2015
9. عمار خليل التركاوي، القوانين والتشريعات المنظمة للإدارة البيئية، المؤتمر العربي الثالث للإدارة البيئية، الاتجاهات الحديثة في إدارة المخلفات الملوثة للبيئية، منشور، مصر، 2004.
10. فوزي عبد الرزاق وكاتية بوروبة، التنمية المستدامة ورهانات النظام الليبرالي بين الواقع والأفاق المستقبلية، داخلة ضمن المؤتمر العلمي الدولي: التنمية المستدامة والكفاءة الإستخدامية للموارد المتاحة ، المنعقد بكلية العلوم الاقتصادية

وعلوم التسيير، جامعة فرحات عباس، 08/07 أفريل 2008، منشورات مخبر الشراكة والاستثمار في المؤسسات الصغيرة والمتوسطة في الفضاء الأورو مغاربي، دار الهدى للطباعة والنشر، عين مليلة، 2008.

11. محمد فرحي، إشكالية تقييم المؤثرات الخارجية و مسؤولية العدالة الاجتماعية، المؤتمر العلمي الدولي حول سلوك المؤسسة الاقتصادية في ظل رهانات التنمية المستدامة والعدالة الاجتماعية ، ورقلة ، 2012 على الموقع: https://ibir-api.hbku.edu.qa/node/21660

12. مؤتمر القمة العالمي للتنمية المستدامة، "المياه والطاقة و الصحة والزراعة والتنوع البيولوجي" جوهانسبيرغ، جنوب افريقيا، على الموقع الالكتروني: https://www.un.org/ar/conferences/environment/johannesburg2002

13. مؤتمرات البيئة والتنمية المستدامة، الأمم المتحدة من الموقع الالكتروني: https://www.un.org/ar/conferences/environment

هـ. التقارير

1. أحمد بن محمد السياري، نظرة عامة على أهم مصادر الطاقة غير التقليدية، مؤسسة النقد العربي السعودي، جويلية 2015.

2. الإطار الاسترشادي العربي لتحسين كفاءة الطاقة الكهربائية وترشيد استهلاكها لدى المستخدم النهائي، إدارة الطاقة، أمانة المجلس الوزرائي العربي، (د س ن).

3. تقرير شل حول التنمية المستدامة لعام 2008، الطاقة المسؤولة، متاح على الموقع: http://www.shell.com/responsibleenergy

4. تقرير المؤشر العربي لطاقة المستقبل، كفاءة الطاقة "اتجاه الطاقة المستدامة العربي يبدأ الآن"، المركز الإقليمي للطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة، 2013.

5. تقرير التنمية في العالم "التنمية وتغير المناخ"، البنك الدولي، 2010.

6. تقرير عن التنمية في العالم 2003، التنمية المستدامة في عالم دائم التغير: التحول في المؤسسات والنمو ونوعية الحياة، مركز الأهرام لترجمة والنشر، البنك الدولي، الطبعة العربية، القاهرة، 2003.

7. تقرير الجمعية العامة لمؤتمر الأمم المتحدة، تحويل عالمنا: خطة التنمية المستدامة لعام 2030 ،الدور 70، سبتمبر 2015.

8. حافظ قبيسى، الطاقة الشمسية، (معهد الانماء العربي).

9. جمال قاسم حسن، النفط و الغاز الصخريين و أثرهما على أسواق النفط العالمية، صندوق النقد العربي، 2015.

10. جمال عبد الله : " **ثورة الغاز الصخري و أثرها على اقتصادات دول الخليج**"، تقرير مركز الجزيرة للدراسات الخليج العربي، أكتوبر2013.

11. فهد التركي وبيير لاروج، **مستقبل إنتاج النفط والغاز من المصادر غير التقليدية**، جدوى للاستثمار (المملكة العربية السعودية)، ديسمبر 2013،على الموقع: http://content.argaam.com.s3-eu-west-1.amazonaws.com/cdc56476-6d54-4ba5-b7f7ddd4e8916dd.pdf

12. فهد تركي، أسد خان، النفط الصخري الأمريكي عند نقطة الانعطاف، جدوى الاستثمار، أكتوبر 2015.
13. هانز جواكيم باركمان وآخروف، **قدرات الكتلة الحيوية في بلدان حوض المتوسط**، الجمعية البرلمانية للاتحاد من اجل المتوسط، لجنة الطاقة والبيئة والمياه، من الموقع:
http://www.europarl.europa.eu/intcoop/empa/pdf/energie_draft_report_biomase_plus_amendments_ar.pdf
14. دراسة موارد الطاقة: نظرة مركزة على الغاز الصخري، مجلس الطاقة العالمي، 2010، متاح على الموقع الالكتروني:
https://www.worldenergy.org/assets/downloads/Shale_Gas_Ar.pdf
15. مجموعة البنك الدولي، وثيقة نهج إستراتيجية الطاقة، شبكة التنمية المستدامة، أكتوبر 2009.
16. مؤتمر القمة العالمي للتنمية المستدامة "المياه والطاقة و الصحة والزراعة والتنوع البيولوجي" جوهانسبيرغ، جنوب افريقيا، على الموقع الالكتروني: .http://www.un.org/arabic/conferences/wssd/pdf
17. مؤتمرات البيئة والتنمية المستدامة، الأمم المتحدة من الموقع الالكتروني:
https://www.un.org/ar/conferences/environment
18. منظمة الأمم المتحدة للتنمية الصناعية، الدورة الرابعة عشرة، أنشطة اليونيدو UNIDO ، المتصلة بالطاقة والبيئة، فينا، 2011.
19. منظمة الأقطار العربية المصدرة للنفط، (أوباك)، التقرير الإحصائي السنوي 2016 ، على الرابط:
http://www.oapecorg.org

و. المواثيق والقوانين

1. الجريدة الرسمية للجمهورية الجزائرية، قانون رقم 03-10 المتعلق بحماية البيئة في إطار التنمية المستدامة، المؤرخ في 20 جويلية 2003.
2. قانون 03-10 لسنة 2010،المادة الرابعة، فقرة (07)، الجريدة الرسمية العدد43، جويلية 2003.
3. قانون رقم 13-01 المؤرخ في 2013/02/20، يعدل ويتمم القانون رقم 05-07 المؤرخ في 28 أبريل سنة 2005 والمتعلق بالمحروقات، الجريدة الرسمية عدد 11، الصادرة بتاريخ 2013/02/24.

ز . قاموس البيئة العام

1. وردم باتر محمد علي، الأشقر يوسف محمد، قاموس البيئة العام، الطبعة الأولى، دار الشروق للنشر والتوزيع، الأردن، 1998.
2. مؤنس رشاد الدين، المرام، قاموس عربي عربي، دار الراتب الجامعية، لبنان، 2000.

ثانيا: المراجع باللغة الأجنبية.

A. OEUVRAGES

1. Albert Legault, pétrole gaz et les autres énergie,FRANCE,2007,p108
2. Alian Haurie, La Gestion de L enveronnement et l entrepris , EPFL-suisse, 2003.
3. Catherine Aubertin et Franck Dominique VIVIE, Le Développement durable enjeux politiques économiques et sociaux, La documentation française, IRD Edition, Paris 2005.
4. Jean Claude Lenoir, Christian Bataille, les techniques alternatives à la fracturation hydraulique pour l'exploration et l'exploitation dhydrocarbures non conventionnels, office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques, France, 2013.
5. Jean-Louis Fellous, Catherine Gautier, les gaz de schiste nouvel eldorado ou impasse ? Odile Jacob, France, 2014
6. John Deutch, Richard K. Lester _ Making Technology Work: Applications in Energy and the Environment _ Published in the United State of America by COMBRIDGE University Press, New York, 2004.
7. Lee S. Fredman, The Microeconomics of Public Policy Analysis, Part 1, Princeton University Press, 2002.
8. Loïc chavveau, le développement durable produire pour tous, protéger la planète, petite encyclopédie rousse, édition 03, France, 2009.
9. Philippe Charlez et Pascal Baylocq, Gaz et pétrole de schiste …..en questions, Techniq, Paris 2014.
10. Guillaume Charon, Gaz de schiste : la nouvelle donne énergétique, enjeux techniques, économiques, écologiques et géostratégiques, Techniques, Paris, 2014.
11. Hussen Ahmed, Principles of Environmental Economics, Published by Routledge, second edition, New York, 2004.
12. Jean Claude Lenoir, Christian Bataille, les techniques alternatives à la fracturation hydraulique pour l'exploration et l'exploitation dhydrocarbures non conventionnels, office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques, France, 2013.
13. John Twidell , Tony Weir" Renewable Energy Resources " published by Taylor and Francis , second edition , London and New York , 2006.

B. Revues, Seminaires et Theses

1. Anne-Marie Nicol, Helen Ward, On shaky ground: Evidence of public health impacts from shale gas production and hydraulic fracturing, National Collaborating Center for Environmental Health, NCCEH Environmental Health Seminar February 25, 2016
2. Brahimi Meriem, Benlaib Boubakeur, Impact du gaz de schiste sur la cointégration entre les prix du gaz naturel et du pétrole brut, Revue d'excellence pour la recherche en économie et en gestion, Vol 05 , N° 02, 2021.
3. Brockw.A& taylor M.S,economic growth and environment , review of theory and empirics, Handbook of economic growth, Holland ,2004, p 345.
4. coulon Cécile et Monin Pierre, « La pollution atmosphèrique induite par L'exploitation du gaz du schiste » atelier du cerces centre d'enseignement et de recherche sur l'environnement et la société environnemental research and teachnig institute, erti, ens, école national supérieure Paris, 1er semestre 2015
5. Faouzi Aloulou, Senior Economist Office of Petroleum, Natural Gas and Biofuels Analysis, For Chatham House Annual Conference on Middle East and North Africa Energy London, U.K., January 27th 2015.sur site: https://publications.gc.ca/site/archiveearchived.html?url=https://publications.gc.ca/collections/collection2015/bdp-lop/bp/2015-18-fra.pdf
6. Gaz de schiste, Conférence des Nations Unies sur le commerce et le développement, (CNUCED), N°09, 2018, sur site : https://unctad.org/fr/system/files/official-document/suc2017d10fr.pdf
7. Ghandir Hatem, Siagh Ahmed Ramzi, Algerian Energy Policy after 2020 Comparative SWOT Analysis for Promoting Renewable Energy and Shale Gas: Priorities, Opportunities and Challenges, Roa Iktissadia Review, V10, N02,2020.
8. Gregor Erbach, "Shale gas and EU energy security", European Parliamentary Research Service,briefing ,December 2014.
9. Hameed Nezhad_ World Energy Scenarios To 2050: Issues and Option, University Minneapolis, September, 2009. www.nezhadpmd.com/worldenergyscenarios.pdf
10. Hussen Ahmed, Principles of Environmental Economics, Published by Routledge, second edition, New York, 2004.
11. Penny becklumb, le gaz de schiste au canada-risques environnementaux et réglementation, étude générale, Devision de l' economie, des ressource et des affaire internationales, 2015.sur site :

12. Mokhtar Osmani et Faycal Loucif, " Renewable energies and shale gas in Algeria, between fact and perspective", coloque sur les politiques d'utilisation des ressources énegétiques entre les exigences du développement national et la sécurité des besoins internationaux, université de sétif1,pp 14-15

13. Rahmouni sofiane, Etude des impacts environnementaux de gaz de schiste, presente pour l'obtention du diplome de magister en hygiene et securite industrielle option : gestion des risques, Université El-Hadj Lakhdar-Batna Institut d'Hygiène et Sécurité Industrielle Laboratoire de Recherche en Prévention Industrielle (LRPI), 2015, P08

14. Kaced Mohamed , Rahmani Athmane, Arab Mohamed, **« Le Potentiel Shale Gas en Algérie** » , journees d'etudes **"**tight & shale reservoirs**"**, Sheraton, Alger, institut algerien du petrole, organisme , Sonatrach, " 17-18 Septembre 2013, p18. Sur site : https://www.researchgate.net/publiation/294220035_Shale_gas_ressources_of_Algeria

15. Zhour Abada, Malek Bouharkat, Study of management strategy of energy resources in Algeria, Energy Reports, 2018,V4,P 05, sur site: https://doi.org/10.1016/j.egyr.2017.09.004

C. Rapports

1. Agence internationale de l'énergie (AIE): « Les règles d'or pour un âge d'or du gaz ». Édition spéciale sur le gaz non conventionnel, Paris, 2013.
2. Bp, Statistical Review of World Energy 2016 p 32.sur site: www.bp.com.
3. Bureau d'Audience Publique sur l'Environnement, **Développement durable de l'industrie de gaz de schiste au Québec**, rapport 273, 2011, sur site : http://www.bape.gouv.qc.ca/ consulter le 15/09/2021
4. Célia Belin Chargée de mission au CAPS, Espoirs et illusions de la "révolution du schiste" aux Etats-Unis, avril 2013.
5. Cahier d'information : Les marchés de L'énergie, Canada, 2014-2015,p 40, sur site:https://naturalresources.canada.ca/sites/www.nrcan.gc.ca/files/energy/files/pdf/2014/140173EnergyMarketFacts_f.pdf
6. eia, U.S. Energy Information Administration, international Energy Outlook, 2011.
7. EIA, Technically Recoverable Shale Oil and Shale Gas Resources: An Assessment of 137 Shale Formations in 41 Countries Outside the United States, (June 2013)

8. EIA. (U.S. Energy Information Administration),Technically Recoverable Shale Oil and Shale Gas Resources: Algeria, September 2015, sur site: https://www.eia.gov/analysis/studies/worldshalegas/pdf/Algeria_2013.pdf
9. EIA, (US information administration), “Country analysis brief: Algeria”. (March 11, 2016).
10. Laurent Carroué, « La révolution du gaz et du pétrole de schiste aux États-Unis : enjeux technologiques, territoriaux et géostratégiques », Géoconfluences, juin 2022. Sur site : https://geoconfluences.enslyon.fr/informationsscientifiques/dossiersthematiques/geographie-critique-des-ressources/articles/gaz-et-petrole-de-schiste-etats-unis
11. Le Conseil des académies canadiennes, Le savoir au service du public, Incidences environnementales liées à l’extraction du gaz de schiste au Canada, sur site : https://www.rapportscac.ca/wpcontent/uploads/2018/10/shalegas_execsummfr.pd
12. Mohammed Said BAGHOUL: « Quelques aspects techniques, environne mentaux et économiques concernant la fracturation hydraulique», rapport su l'experience d'exploitation du gaz de schiste et la fracturation hydraulique rapport, Tamenrasset, février 2015.
13. Michel Meyer, Les gaz de schistes " Définition, état des lieux et perspectives, SIG", Février 2013, sur site : https://www.rts.ch/emissions/geopolitis/divers/4756191.html/BINARY/Dossier-gaz-de-schiste-SIG.pdf
14. (OPEC), Annual Statistical Bulletin, Organization of the petroleum Exporting Countries, 2020,
15. Paul Stevens, The Shale Gas Revolution: Developments and Changes, Energy, Environment and Resources, August 2012,Sur site: http://www.chathamhouse.org/sites/files/chathamhouse/public/Research/Energy%2C%20Environment%20and%20Development/bp0812_stevens.pdf
16. Report of Economics & Statistics Department, Shale Gas and New Petrochemicals Investment : Benefits for the Economy, Jobs, and US Manufacturing. American Chemistry Council, March 2011.
17. Report for European Commission DG Environment, Support to the identification of potential risks for the environment and human health arising from hydrocarbons operations involving hydraulic fracturing in Europe, AEA Technology 2012. Sur site: cosulter le 15/11/2022. http://ec.europa.eu/environment/integration/energy/pdf/fracking%20study.pdf

18. Stefan Lechtenböhmer, Incidences de l'extraction de gaz de schiste et de pétrole de schistes bitumineux sur l'environnement et la santé humaine, direction générale des politiques internes département thématique a: politiques économiques et scientifiques, 2011, p 43. Sur site :http://www.europarl.europa.eu/activities/committees/studies.do?language=FR
19. the world bank. environmental assessment sourcebook ,world bank technical paper NO.139, Washington, 1991.
20. Technically Recoverable Shale Oil and Shale Gas Resources: Algeria, September 2015, sur site:https://www.eia.gov/analysis/studies/worldshalegas/pdf/Algeria_2013.pdf
21. US Environmental Protection Agency. 2011. Plan to Study the Potential Impacts of Hydraulic Fracturing on Drinking Water Resources..2011.http://www.epa.gov/hfstudy/ , consulter le 15/08/2021.
22. Ground Water Protection Council and ALL Consulting. 2009**, Modern Shale Gas Development in theUS,** sur site: http://www.netl.doe.gov/technologies/oilgas/publications/epreports/shale_gas_primer_200 9.pdf consulter le: 13/12/2021.

ثالثا: مواقع الانترنت المستعملة

1. البيئة والاقتصاد علاقة تبادلية، متاح على الموقع:
https://www.feedo.net/Environment/Ecology/EnvironmentalEconomics.htm
2. الاقتصاد والبيئة، متاح على الموقع: متاح على الموقع: https://ao-academy.org/2006/12/824.html
3. الفحم الحجري من الموقع: https://e3arabi.com/science
4. شوقي السيد، بحث عن الطاقة المتجددة، متاحة على الموقع الالكتروني:
www.netfirms.com/domain-names
5. طالب حسن الحيالي، النفط الصخري جدوى الإنتاج وتحديات المستقبل، حوكمة رأس الخيمة، دائرة التنمية الإقتصادية، إدارة الدراسات والإحصاء ديسمبر 2015، متاح على الموقع:https://css.rak.ae/Documents
6. مفهوم الاستدامة البيئية، على الموقع الالكتروني: https://www.almrsal.com/post/914182
7. منهج مفتوح للتعريف على أساسيات صناعة النفط ،"حوكمة النفط والبيئة" متاح على الموقع:
https://www.eia.gov/kids/energy-sources/oil/#oil_environment-basics
8. شير صبحي أحمد، طاقة الحرارة الجوفية، متاح على الموقع:
https://download-engineering-pdf-ebooks.com/10716-free-book
9. نظرة عامة عن طاقة الحرارة الأرضية، **المعرفة**، متاح على الموقع: https://www.marefa.org
10. ثورة النفط الصخري، الباحثون السوريون، متاح على الموقع الالكتروني:https://www.syr-ers.com

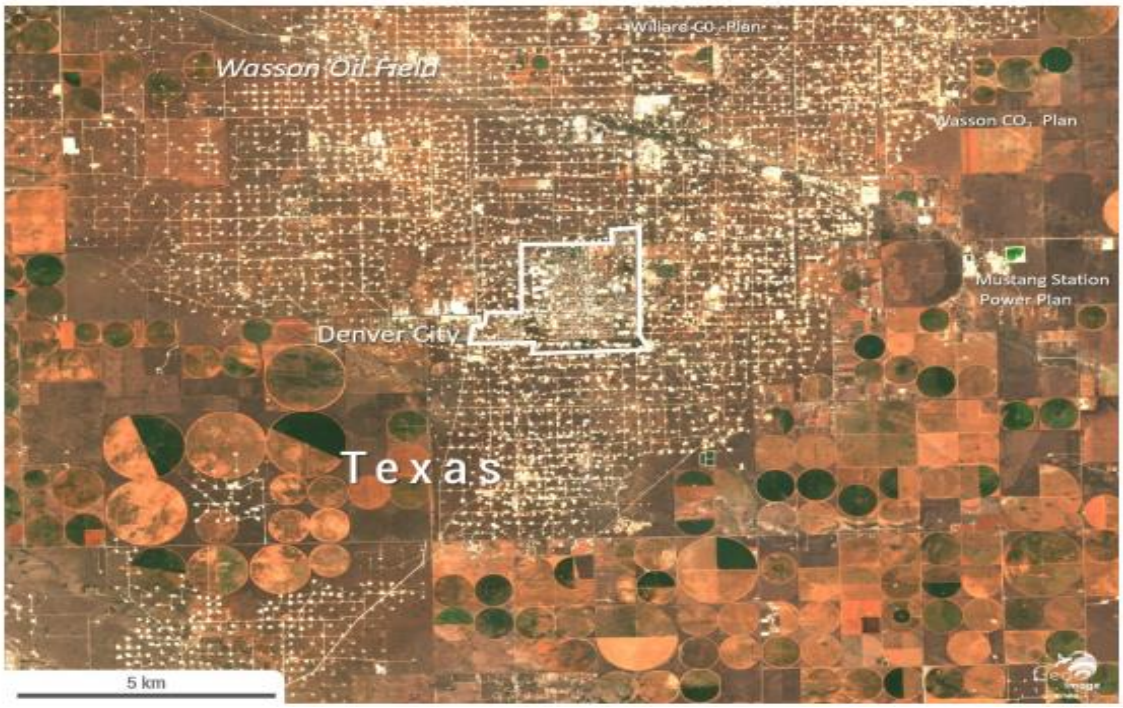
11. احتياطيات الغاز الصخري والقابل للاستخراج في شمال افريقيا على الموقع الالكتروني:
https://ar.wikipedia.org/wiki
12. التكسير الهيدروليكي على الموقع: تاريخ الاطلاع 2022/05/20
https://fr.wikipedia.org/wiki/Fracturation_hydraulique
13. طبقة المياه الجوفية الألبية (الجزائر) على الموقع: https://ar.wikipedia.org/wiki/ تاريخ الاطلاع 2023/12/20.
14. وكالة معلومات إدارة الطاقة الأمريكية على الموقع:
https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=2170
15. ذروة النفط، على الموقع: https://ar.m.wikipedia.org
16. وكالة إدارة معلومات الطاقة الأمريكية على الموقع:
https://www.eia.gov/naturalgas/weekly/img/202309_monthly_dry_shale.png
17. زيادة إنتاج النفط الصخري والصراع السياسي يساهمان في زيادة إحراق الغاز في العالم، على الموقع:
https://www.albankaldawli.org/ar/news/press-release/2019/06/12/increased-shale-oil-production-and-political-conflict-contribute-to-increase-in-global-gas-flaring
18. سوناطراك حفر أول بئر تجريبي للغاز الصخري على الموقع: http://www.elkhabar.com

1. Association Asel-gaz de schiste, «la fracturation hydraulique». France, 2012. Sur site :www.asel.eu.com/gds.html
2. Charles Caillon, «gaz et pétrole de schiste: les troubles fêtes de la mutation énergétique». In: www.actuenvironnement.com consulter le 11/10/2020.
3. Connecticut Farm Energy Program_ Energy Best Management Practices Guide En Save, Inc.2010.sur site: www.CTFarmEnegy.org
4. Exploitation responsable du schiste Accroître la base de connaissances sur le pétrole et le gaz de schiste au Canada, Conférence des ministres de l'énergie et des mines Yellowknife, Territoires du Nord-Ouest Août 2013, p 31.Sur site: https://naturalresources.canada.ca/sites/nrcan/files/www/pdf/publications/emmc/Shale _Resource f.pdf?_gl=1*23msh3*_ga*NjU2ODI5ODk1LjE2OTcyNDI4MTk.*_ga_C2N57Y7DX5*MTY5NzI4NTc4NS40LjEuMTY5NzI4NzAwNC4wLjAuMA
5. EIA, Dry shale gas production estimates, sur site : consulté le 22/11/2022 https://www.eia.gov/tools/faqs/faq.php?id=907&t=8
6. https://geoconfluences.ens-lyon.fr/images/img-ress-eau-energie-matiere/img-carroue1/etats-unis-gaz-petrole-3000px.png/image_view_fullscreen
7. EIA: crude oil and natural gas proved reserves, Taux annuel de croissance composé sur la période 2007–2015,https://www.eia.gov/naturalgas/crudeoilreserves/

8. Exploration et production des ressources de schiste et de réservoirs étanches, sur site: https://ressources-naturelles.canada.ca/energie/sources-denergie-et-reseau-de-distribution/gaz-naturel/ressources-schiste-reservoirsanches-canada/exploration-et-production-des-ressources-de-schiste-et-de-reservoirs-etanches/17678
9. Francois Renard,Gaz de schiste : impacts environnementaux,sur site: https://books.openedition.org/editionscnrs/11147?lang=fr#tocfrom1n3
10. Incidences environnementales liées à l'extraction du gaz de schiste au canada, sur site : https://www.rapportscac.ca/wpcontent/uploads/2018/10/shalegas_execsummfr.pdf
11. Gaz de schiste,des regle d'or, sur site: https://www.actu-environnement.com/ae/news/AIE-golden-rules-hydrocarbures-non-conventionnels-15799.php4
12. Gaz de schiste : impacts environnementaux, sur site: https://books.openedition.org/editionscnrs/11147?lang=fr
13. la production de gaz de schiste dans le monde.sur site :https://www.planetoscope.com/Source-d-energie/1460-la-production-mondiale-de-gaz-de-schiste.html
14. .https://geoconfluences.ens-lyon.fr/images/img-ress-eau-energie-matiere/img-carroue1/etats-unis-gaz-petrole-3000px.png/image_view_fullscreen
15. Oil Sands, Gas and Oil Shales, Energy Business Reports,Sur site: https://www.domainmarket.com/search?searchInput=Oil+Sands%2C+Gas+and+Oil+Shales&type=c&search=true
16. Paul Reig, Tianyi Luo & Jonathan N. Proctor, «**Global shale gas development: water availability and business risks**». In:www.wri.org/publication/globale
17. http://content.argaam.com.s3-eu-west-1.amazonaws.com/cdc56476-6d54-4ba5-b7f1-7ddd4e8916dd.pdf
18. Ressources naturelles Canada, sur site : https://www.seismescanada.rncan.gc.ca/hazard-alea/simphaz-fr.php
19. Rainer Aringhoff, Georg Brakmann, Sven Teske, Greenpeace publication, 2005 www.greenpeace.org
20. Raymond Bonnaterre, «Gaz de schistes: La Chine possèderait d'énormes: réserves, la France ferait partie des pays privilégiés annonce l'EIA Le blog energie (2011). http://www.leblogenergie.com/2011/04/07
21. Xavier Pinon, Gaz et pétrole de schiste : intérêts économiques et impact sur l'environnement, sur site: https://selectra.info/energie/guides/environnement/gaz-schiste.
22. www.sciencesetavenir.fr/infographies/gaz_de_schiste_5_termes_essentiels_à_connaitre_11592.

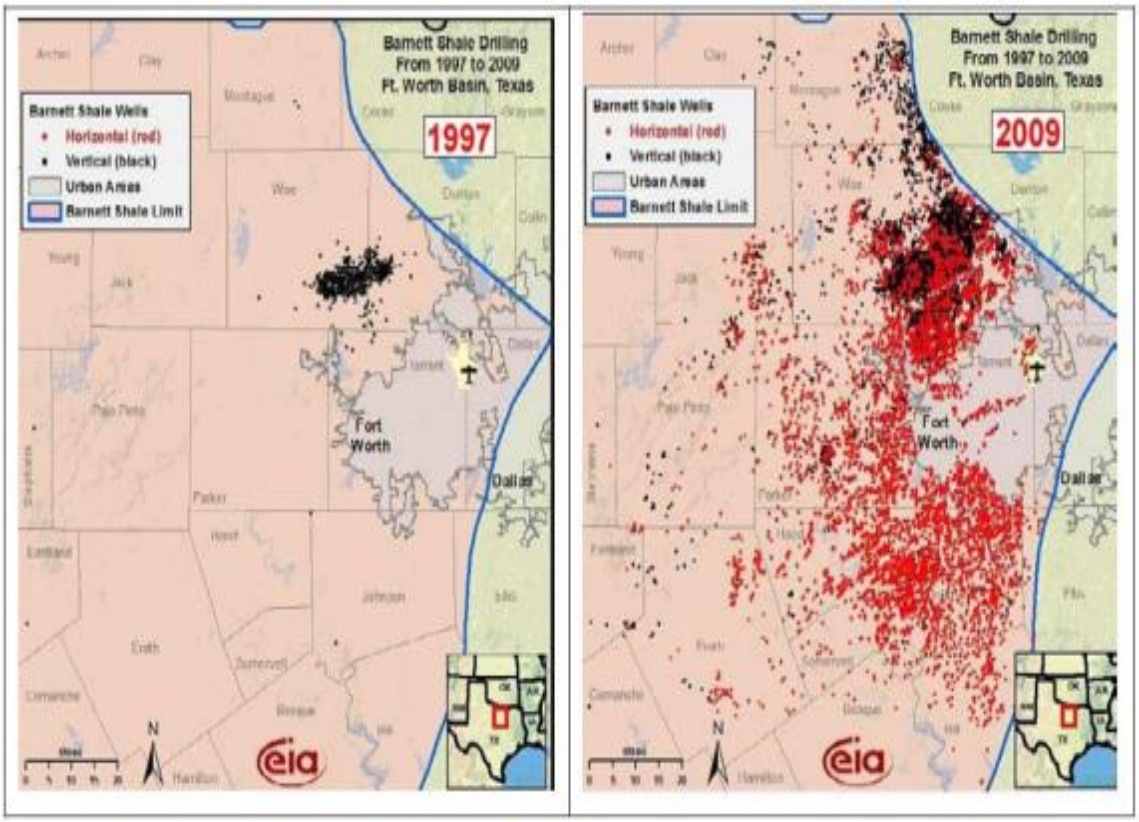
الملاحق

الملحق رقم (01): التنظيم الهندسي والتسلسل الهرمي لحقل واسون النفطي حول مدينة دنفر (تكساس) في حوض بيرميان



Source :Laurent Carroué, « La révolution du gaz et du pétrole de schiste aux États-Unis : enjeux technologiques, territoriaux et géostratégiques », Géoconfluences, juin 2022.
Sursite :https://geoconfluences.enslyon.fr/informationsscientifiques/dossiersthematiquesgeographie-critique-des-ressources/articles/gaz-et-petrole-de-schiste-etats-unis

الملحق رقم (02): تطور استغلال الغاز الصخري من (1997 الى 2009) في حقل بارنيت بتكساس (USA)



Source: Michel Meyer, Les gaz de schistes - Définition, état des lieux et perspectives, SIG – Février 2013, sur site : https://www.rts.ch/emissions/geopolitis/divers/4756191.html/BINARY/Dossier-gaz-de-schiste-SIG.pdf

ملحق رقم (03): خصائص أحواض (غدامس/ بركين ، اليزي) في الجزائر

Basic Data	Basin/Gross Area		Ghadames/Berkine (117,000 mi² *)					Illizi (44,900 mi²)	
	Shale Formation		Frasnian			Tannezuft		Tannezuft	
	Geologic Age		U. Devonian			Silurian		Silurian	
	Depositions Environment		Marine			Marine		Marine	
Physical Extent	Prospective Area (mi²)		2,720	3,840	3,490	6,050	22,080	9,840	16,760
	Thickness (ft**)	Organically Rich	275	275	275	115	115	180	180
		Net	248	248	248	104	104	162	162
	Depth (ft)	Interval	8,000-10,500	9,000-10,000	10,000-16,000	10,000-14,500	11,000-16,000	3,300-8,000	3,300-8,300
		Average	8,500	9,500	13,000	10,500	13,000	5,000	5,000
Réservoir Properties	Reservoir Pressure		Mod. Overpress.	Mod. CVerpress.	Mod. Overpress.	Mod. Overpress.	Mod. Overpress.	Mod. Overpress.	Mod. Overpress.
	Average T0C (wt. %)		6.0%	6.0%	6.0%	5.7%	5.7%	5.7%	5.7%
	Thermal Maturity (%Ro)		0.85%	1.15%	1.70%	1.15%	1.90%	1.15%	1.70%
	Clay Content		Medium	Medium	Medium	Medium	Medium	Medium	Medium
Resource	Gas Phase		Assoc. Gas	Wet Gas	Dry Gas	Wet Gas	Dry Gas	Wet Gas	Dry Gas
	GIP Concentration (Bcf/mi²)		35.4	111.4	133.9	42.9	54.5	50.9	60.7
	Risked OP (Id)		48.2	213.8	233.7	129.9	601.3	100.1	203.6
	Risked Recoverable (Tcf)		4.8	428	58.4	26 0	150.3	15.0	40.7

* $Mi^2 = 2{,}58\ km^2$ ** Ft= pied=0,30 m

EIA. (U.S. Energy Information Administration),Technically Recoverable Shale Oil and Shale Gas Resources: Algeria, September 2015, sur site: https://www.eia.gov/analysis/studies/worldshalegas/pdf/Algeria_2013.pdf

ملحق رقم (04): خصائص أحواض (تيمون، وميدر) في الجزائر

Basic Data	Basin/Gross Area		Timimoun (43,700 mi²)		Ahnet (20,200 mi²)			Mouydir (22,300 mi²)
	Shale Formation		Frasnian	Tannezuft	Frasnian		Tannezuft	Tannezuft
	Geologic Age		U. Devonian	Silurian	U. Devonian		Silurian	Silurian
	Depositions Environment		Marine	Marine	Marine		Marine	Marine
Physical Extent	Prospective Area (mi²)		32,040	41,670	1,650	5,740	11,730	12,840
	Thickness (ft)	Organically Rich	200	100	275	60	330	60
		Net	180	90	248	54	297	54
	Depth (ft)	Interval	3,300 - 9,000	5,000-15,000	3,300 – 6,600	5,000 -9,500	6,000 -10,500	5,000- 10,000
		Average	6,000	10,000	5,000	7,000	8,000	6,500
Réservoir Pro perties	Reservoir Pressure		Mod. Overpress.	Mod. Overpress.	Mod. Overpress.	Mod. Overpress.	Mod. Overpress.	Mod. Overpress.
	Average T0C (wt.%)		4.0%	2.8%	4.0%	3.0%	2.8%	3.0%
	Thermal Maturity (%Ro)		1.70%	2.00%	1.15%	1.70%	2.00%	2.20%
	Clay Content		Medium	Medium	Medium	Medium	Medium	Medium
Resource	Gas Phase		Dry Gas	Dry Gas	Wet Gas	Dry Gas	Dry Gas	Dry Gas
	GIP Concentration (Bcf/mi²)		72 9	35.5	77.6	21.6	109.0	18.5
	Risked OP (Id)		467.1	295.5	25.6	24.8	255.7	47.6
	Risked Recoverable (Tcf)		93.4	59.1	3.8	5.0	51.1	9.5

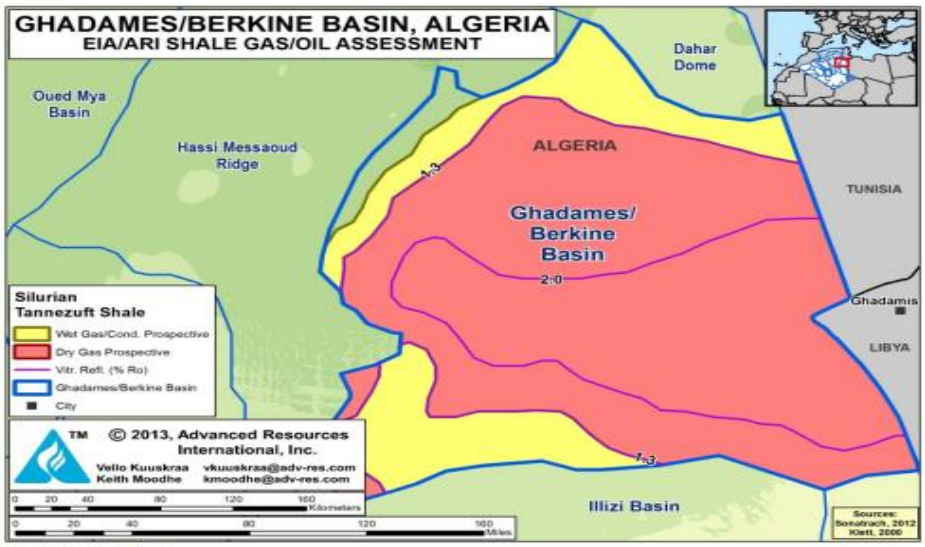
EIA. (U.S. Energy Information Administration),Technically Recoverable Shale Oil and Shale Gas Resources: Algeria, September 2015, sur site: https://www.eia.gov/analysis/studies/worldshalegas/pdf/Algeria_2013.pdf

ملحق رقم (05): خصائص أحواض (رقان، تندوف) في الجزائر

Basic Data	Basin/Gross Area		Reggane (40.000 mi²)				Tindouf (77.000 mi²)	
	Shale Formation		Frasnian		Tannezuft		Tannezuft	
	Geologic Age		U. Devonian		Silurian		Silurian	
	Depositions Environment		Marine		Manne		Marine	
Physical Extent	Prospective Area (mi²)		2,570	2,110	10,150	24,600	5,340	23,800
	Thickness (ft)	Organically Rich	330	260	130	230	60	60
		Net	297	234	117	207	54	54
	Depth (ft)	Interval	5,500-14,500	6,600-16,000	5,000-9,500	7,500-16,000	6,600-13,000	6,600-14,000
		Average	10,000	11,000	8,000	12,000	10,000	11,000
Réservoir Pro perties	Reservoir Pressure		Mod. Overpress.	Mod. Overpress.	Mod. Overpress.	Mod. Overpress.	Mod. Overpress.	Mod. Overpress.
	Average T0C (wt.%)		3.0%	3.0%	4.0%	4.0%	4.0%	4.0%
	Thermal Maturity (%Ro)		1.15%	1.70%	1.15%	1.80%	1.15%	2.50%
	Clay Content		Medium	Medium	Medium	Medium	Medium	Medium
Resource	Gas Phase		Wet Gas	Dry Gas	Wet Gas	Dry Gas	Wet Gas	Dry Gas
	GIP Concentration (Bcf/mi²)		103.9	97.3	38.3	94.4	18.9	24.2
	Risked OP (Id)		53.4	41.0	77.8	464.5	20.2	115.2
	Risked Recoverable (Tcf)		8.0	8.2	11.7	92.9	3.0	23.0

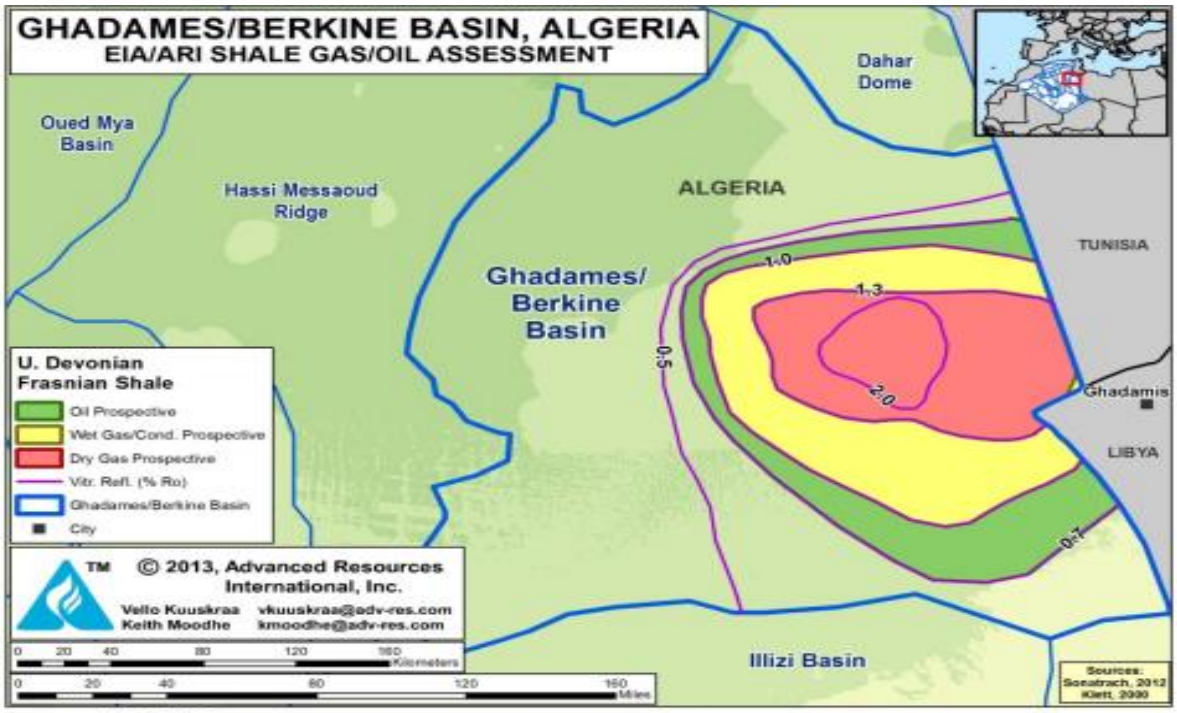
EIA. (U.S. Energy Information Administration),Technically Recoverable Shale Oil and Shale Gas Resources: Algeria, September 2015, sur site: https://www.eia.gov/analysis/studies/worldshalegas/pdf/Algeria_2013.pdf

الملحق رقم (06): حوض غدامس (Silurian Tanzuft) في الجزائر



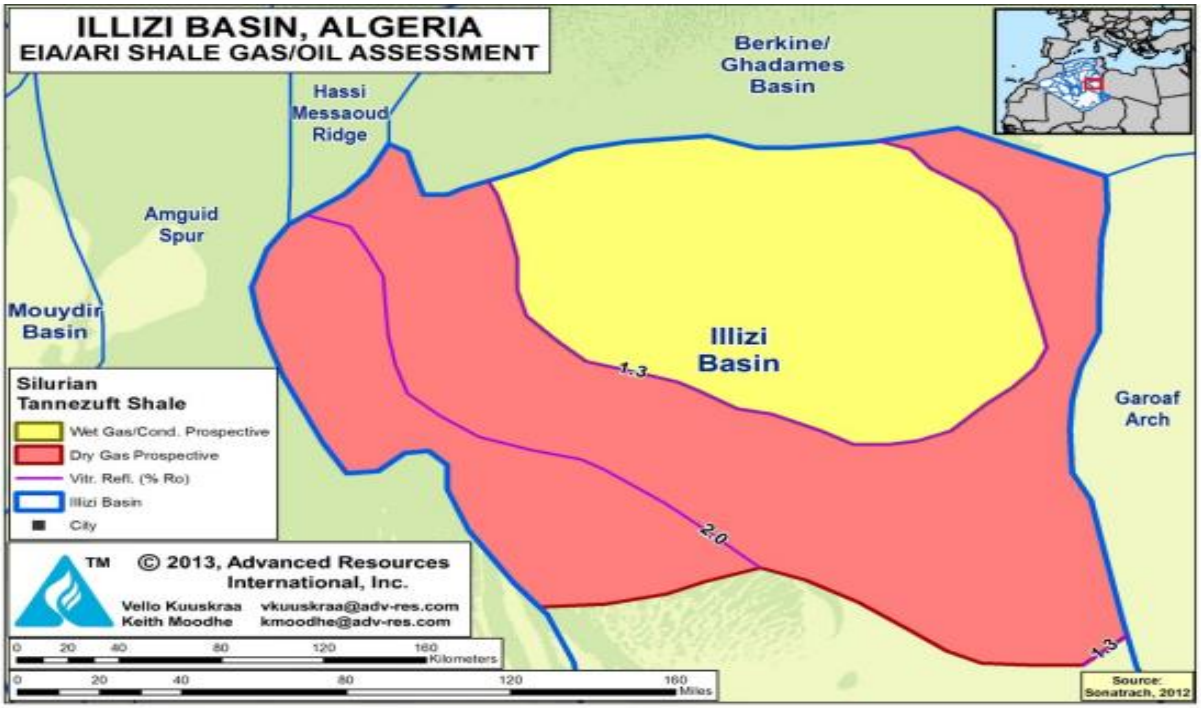
Source: ARI, 2013.

الملحق رقم (07): حوض غدامس (Devonian Frasnian)

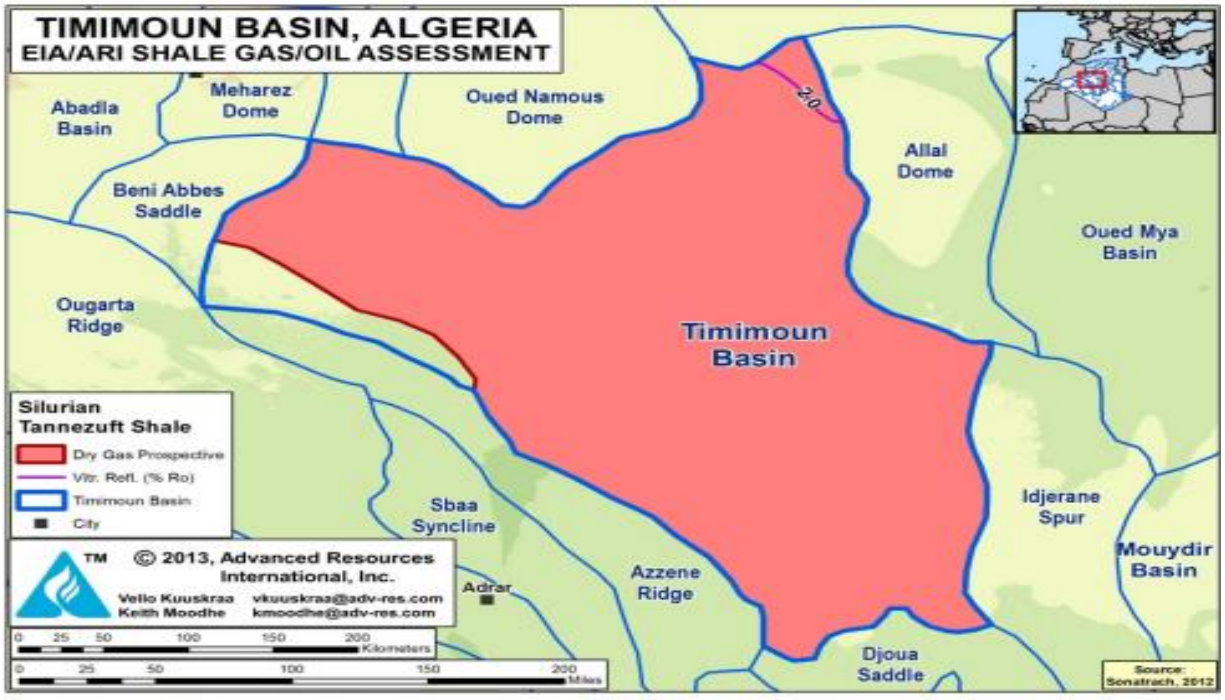


Source: ARI, 2013.

الملحق رقم (08):حوض اليزي (Silurian Tanzuft) في الجزائر

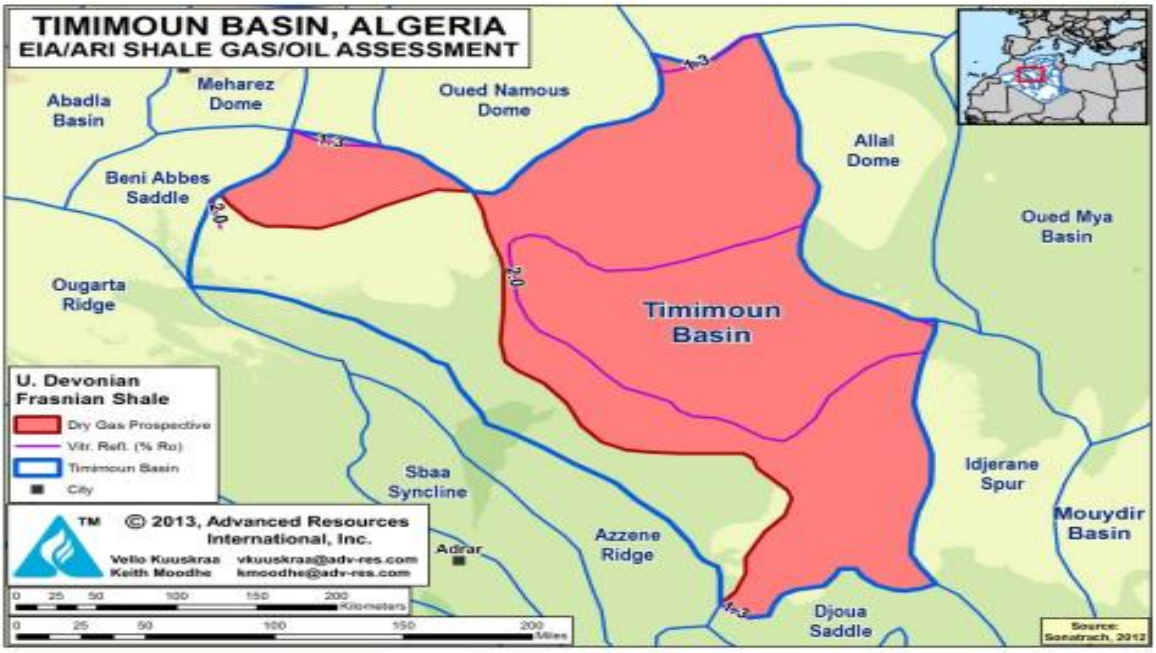


الملحق رقم (09): حوض تيمون (Silurian Tanzuft) في الجزائر



Source: ARI, 2013.

ملحق رقم (10): حوض تيمون (Devonian Frasnian) في الجزائر



Source: ARI, 2013.

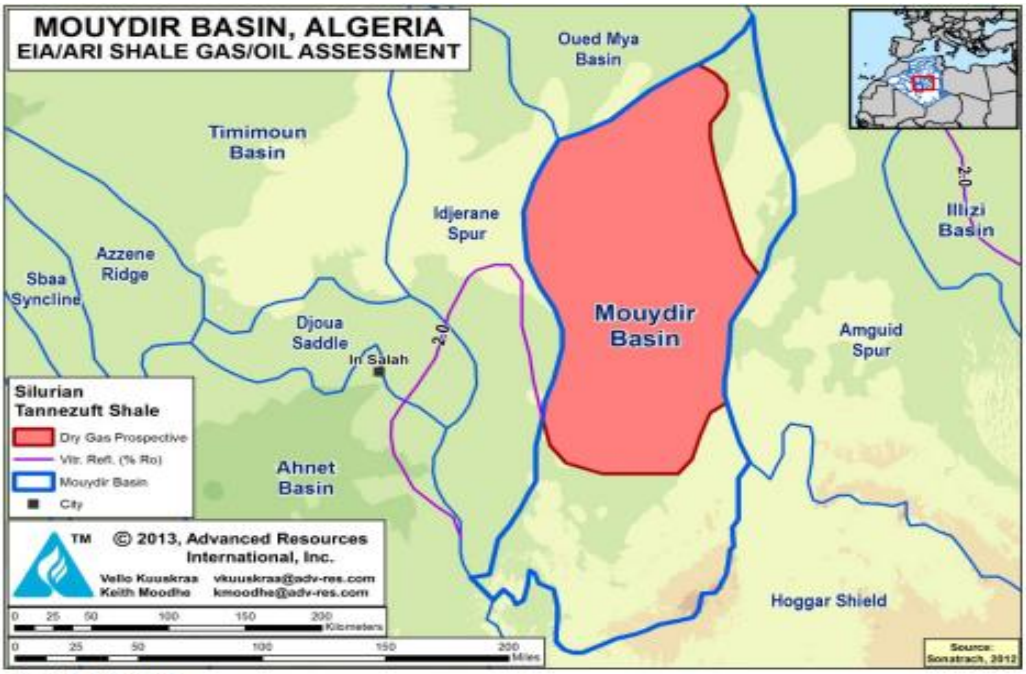
الملحق رقم (11):حوض آحنات (Devonian Frasnian، Silurian Tanzuft) في الجزائر

Source: ARI, 2013.

Figure XV-13. Ahnet Basin Upper Devonian Frasnian Shale, Outline and Thermal Matu

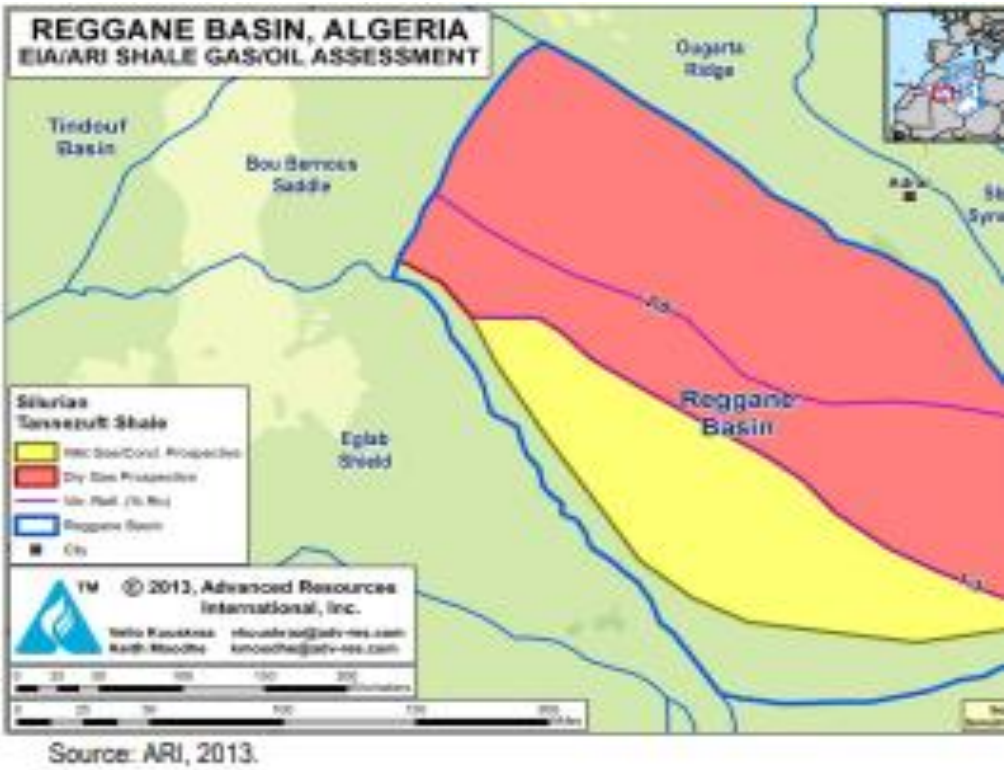
Source: ARI, 2013.

ملحق رقم (12): حوض مويدر (Silurian Tanzuft) في الجزائر



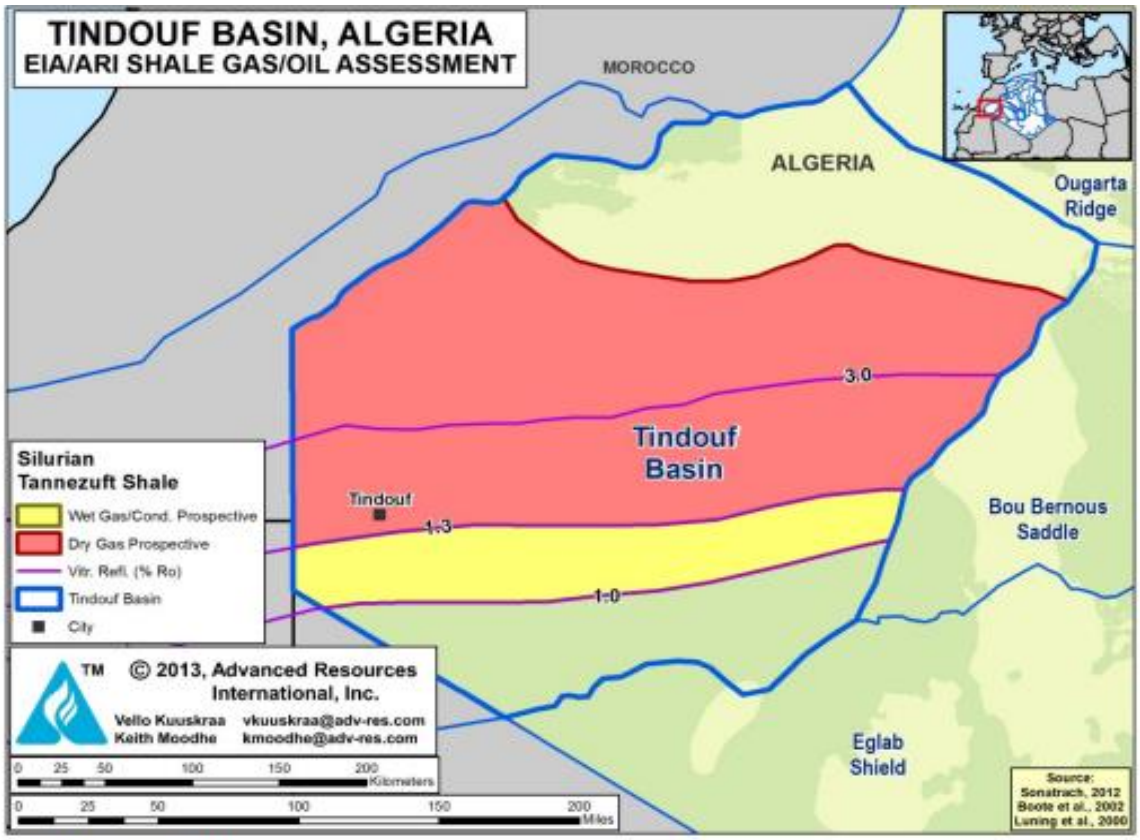
Source: ARI, 2013.

ملحق رقم (13): حوض رقان (Silurian Tanzuft) في الجزائر



Source: ARI, 2013.

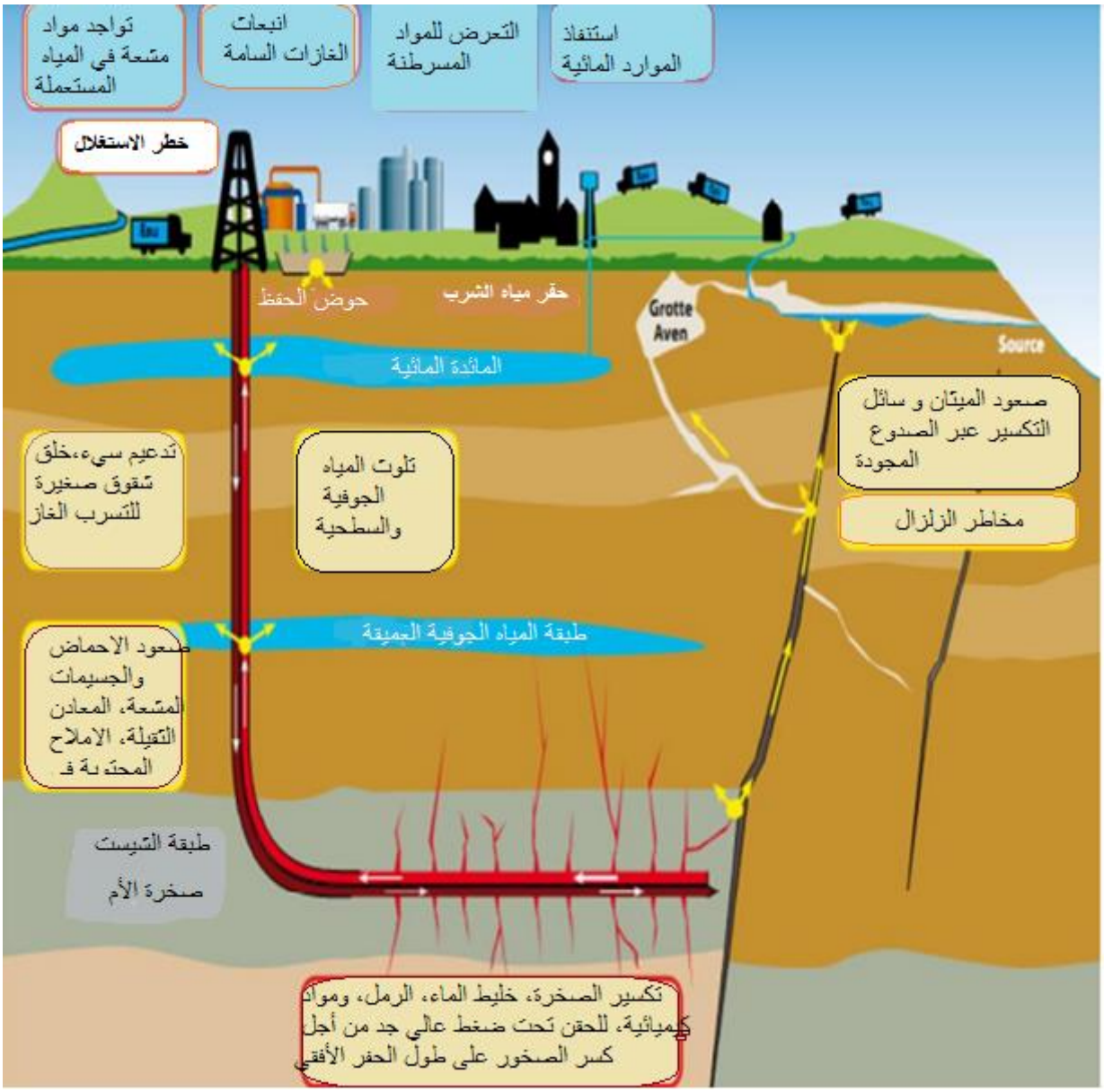
ملحق رقم (14): حوض تندوف (Silurian Tanzuft) في الجزائر



Source: ARI, 2013.

EIA. (U.S. Energy Information Administration),Technically Recoverable Shale Oil and Shale Gas Resources: Algeria, September 2015, sur site: https://www.eia.gov/analysis/studies/worldshalegas/pdf/Algeria_2013.pdf

ملحق رقم (15): الآثار البيئية المتعلقة باستغلال الغاز الصخري



Source :Bureau d'Audience Publique sur l'Environnement, **Développement durable de l'industrie de gaz de schiste au Québec**, rapport 273, 2011, sur site :
http://www.bape.gouv.qc.ca/

تم بعون الله