وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministry of Higher Education and Scientific Research

جامعة قاصدي مرباح ورقلة

University of Kassadi Merbah Ouargla

كلية علوم المادة والرياضيات

Faculty of Mathematics and Matterial Sciences

قسم الكيمياء

chemistry department

أكاديمي ماستر شهادة لنيل مقدمة مذكرة

في الكيمياء

التخصص :كيمياء المحيط

إعداد الطالبة: بالحسين ايمان

بعنوان:

خطورة إستخراج الغاز الصخري على البيئة (ماء، هواء، تربة)

تجربة الجزائر – انموذجا -

نوقشت علنا يوم:2021/06/17

أمام لجنة المناقشة المكونة من :

هادف دراجي	أستاذ محاضر – أ–	رئيسا
بالفار محمد الأخضر	أستاذ محاضر – أ–	مناقشا
زروقي حياة	أستاذ محاضر– ب–	مؤطرا
شربي رقية	أستاذ محاضر – أ	مساعد مؤطرا

الموسم الجامعي : 2020 / 2021

شكر وتقدير

الحمد والشكر **لله** الذي وفقني وأعانني على انجاز هذا العمل المتواضع والصلاة السلام على **نبينا محمد** صلى الله عليه وسلم.

بداية نشكر الذين كانوا سببا بعد المولي في كل ما هو خير لي **"والديا** "أطال الله عمرهما وجزأهم الله كل خير.

كما أوجه خالص شكري وتقديري إلى **"د. زروقي حياة "**على قبولها الإشراف على هذه الرسالة وعلى جميل صبرها وتوجيهاتها القيمة لها فائق الاحترام والعرفان والتقدير، جزاها الله ألف خير.

كما أتقدم بجزيل الشكر والتقدير إلى **"ب. ساقني لعجال و ب. بالفار محمد الأخضر"** والى أصدقائي **"كريمة، أميرة عربية، محمد العيد، كوثر هناء، وئام، فاطمة، أمينة، سامية، منى، خلود، منال، صفاء ومريم"** والى كل من ساعدني وساندني في انجاز هذا العمل المتواضع من قريب أو بعيد دون أن أنسى **"أعضاء لجنة المناقشة"** لتفضلهم بمناقشة هذه الرسالة، كما لا أنسى كل **" أساتذة"** مشواري الدراسي، وكل من قدّم لي يد المساعدة في هذا المشوار صغيرة كانت أم كبيرة من قريب أو من بعيد، و كل من علمني حرفا بنية إضاءة الطريق أماميلولاهم لما وصلة إلى ما

وصلة إليه.

شكرا جزيلا

الإهـــــداء

اهدي ثمار جهدي المتواضع إلى أسباب النجاح والصلاح

والفلاح:

الوالدين الكريمين **"أمي"** الحبيبة و**"أبي"** الغالي حفظهما الله وبارك

لهما في صحتهما وأدامهما نعمة وبركة في حياتي

إلى كل أخواتي وإخوتي

"سامية، كوثر، رجاء،مريم، عكاشة، عبد الرحمان، سيف الدين".

والى براعم العائلة

"أحمد ياسين، إياد، محمد الأمين، روفيدة، جنى، بلقيس".

إلى كل الأهل والأقارب

إلى كل من ساعدني وتمنى لي الخير ولو بالكلمة الطيبة.

إيمان

قائمة الجداول و الأشكال

1. الجـــــداول

الرقم	العنوان	الصفحة
	الفصل الثاني: مفاهيم عامة حول الغاز الصخري	
الجدول (II-1)	أكبر عشر احتياطيات في العالم من الغاز الصخري	16
الجدول (II-2)	الفئات الوظيفية للمواد الكيميائية لتكسير الهيدروليكي	23
الجدول (II-3)	المركبات الكيميائية المعدنية السامة الرئيسية الموجودة في سائل التكسير الهيدروليكي	24
الجدول (II-4)	المركبات الكيميائية العضوية السامة الرئيسية الموجودة في سائل التكسير الهيدروليكي	28
الجدول (II-5)	التلوث الهوائي الناتج من عملية استخراج الغاز الصخري	39
	الفصل الثالث: تجربة الجزائر في الغاز الصخري ودراسات السابقة	
الجدول (III-1)	أهم شركات التنقيب عن الغاز الصخري في الجزائر ونشاطها	43
الجدول (III-2)	مواقع أحواض الغاز الصخري في الجزائر	44
الجدول (III-3)	يوضح المواقع وأعداد العينات التي تم جمعها والنسب المئوية التي تتجاوز TLV و REL و PEL المحسوبة	47
الجدول (III-4)	المركبات الكيميائية	52

2. الأشكـال

الرقم	عنوان	الصفحة
	الفصل الثاني: مفاهيم عامة حول الغاز الصخري	
الشكل(II-1)	مواقع الغازات غير التقليدية إلى جانب الغازات تقليدية في المكمن	14
الشكل(II-2)	احتياطيات العالم من الغاز الصخري	15
الشكل(II-3)	عملية الحفر الأفقي	18
الشكل(II-4)	عملية التكسير الهيدروليكي	20
الشكل(II-5)	مكونات مائع التكسير	20
الشكل(II-6)	الضغط اللازم لعمليات التكسير الهيدروليكي حسب عمق البئر	22
	الفصل الثالث: تجربة الجزائر في الغاز الصخري ودراسات السابقة	
الشكل(III-1)	أحوض الغاز الصخري في الجزائر	44
الشكل(III-2)	الكميات وتوزيع نسبة السيليكا في عينات منطقة التنفس الشخصية (n=111)	48
الشكل(III-3)	تركيـــزات الميثـــان(العلوي) والإيثـــان(العلوي) والبروبان(الســـفلي)(L/Mg) في آبار مياه الشرب مقابل المسافة إلى آبار الغاز الصخري (Km).	50
الشكل(III-4)	تركيز الميثان حسب بئر حفر الغاز النشط وغير نشط	54
الشكل(III-5)	تكوين سائل التكسير	55
الشكل(III-6)	المركبات العضوية وغير العضوية في المياه العميقة والضحلة	55

الشكل(III-7)	تركيزات المواد الكيميائية في الهواء مقارنة ب NBVs و LQSs	57
الشكل (III-8)	تركيزات المواد الكيميائية في الماء مقارنة ب NBVs و LQSs	58

قائمة الصور

الرقم	الصورة	الصفحة
صورة (II-1)	رمل الكوارتز	21
صورة (II-2)	تلوث مياه الجوفية	36
صورة (II-3)	تلوث مياه الشرب	37
صورة (II-4)	أضرار التلوث على الكائنات الحية	42

قائمة الاختصارات

الرمز	المعنى باللغة الأجنبية	المعنى باللغة العربية
BTEX	Benzene, Tolyne, Ethylebenzene, Xylene	البنزين, الطولين, الايثيل بنزين, والزيلين
DBUPA**	2.2-Dibromo-3-nitropropionamide	2.2- ديبرومو -3- نيتروبروبيوناميد
EDCs	An Endocrine Disrupting Chemical	مادة كيميائية معطلة للغدد الصماء
EDTA*	Acide éthylènediaminetétraacétique	حمض الأسيتيك الإيثيلي الديامين
EPA	Environmental Protection Agency	الوكالة الأمريكية لحماية البيئة
FAO	Food and Agriculture Organization	منظمة للاغذية والزراعة
HAP	Dangerous Air Pollutants	ملوثات الهواء الخطرة
HARc	Houston Advanced Research	هيوسين للابحاث التقدمة
H_2S	Sulfure d'hydrogène	كبريتيد الهيدروجين
IEA	International Energy Agency	الوكالة الدولية للطاقة
LQSs	Lowest Quality Standards	أدنى معايير الجودة
MRN	Matiéres Radio Activies Naturelles	المواد الإشعاعية الطبيعية
NBVs	Natural Background Values	قيم الخلفية الطبيعية
OELs	Occupational Exposure Limits	حد التعرض المهني
PEL	Permissible Exposure Limit	حد التعرض المسموح به
REL	Recommended Exposure Limit	حد التعرض الموصى به
TLV	Threshold Limit Value	قيمة الحد العتبة

ثلاثي ميثيل بنزين	Trimet Hylbenzene	TMP
برنامج الأمم المتحدة لحماية البيئة	United Nations Environmental Protection Program	UNEP
المركبات العضوية المتطايرة	Valotile Organic Compounds	VOC

الفهرس

شكر والعرفان ..... **I**

اهداء ..... **II**

قائمة الجداول والأشكال ..... **III**

قائمة الصور ..... **V**

قائمة الاختصارات ..... **VI**

الفهرس VII

مقدمة عامة 1

مراجع المقدمة 3

الدراسة النظري 4

الفصل الأول: مفاهيم عامة حول الطاقة 5

تمهيد: 4

I- الطاقة و أهميتها ومصادرها 4

I-1-تعاريف الطاقة: 4

I-2-أهمية الطاقة: 5

I-3- المصادر الطاقوية: 5

I-3-1- الطاقة المتجددة: 5

I-3-1- 1- الطاقة الشمسية 6

I-3-1-2- طاقة الرياح: 6

I-3-1-3- طاقة المائية: 6

I-3-2- الطاقة الغير متجددة (تقليدية): 6

I-3-2-1- الفحم: 7

I-3-2-2- النفط: 7

I-3-2-3- الغاز الطبيعي: 7

I-3-2-4- الغاز الصخري: 8

I-4- التأثيرات البيئية لمصادر الطاقة غير المتجددة (تقليدية): 8

مراجع الفصل الأول 10

الفصل الثاني: مفاهيم عامة حول الغاز الصخري 12

تمهيد: 12

II- مفاهيم عامة حول الغاز الصخري: 12

II-1- تعاريف الغاز الصخري: 12

II-2- تاريخ الغاز الصخري: 13

II-3- مكامن الغاز الصخري: 14

II-4-خصائص الغاز الصخري: 15

II-5- أماكن تواجد الغاز الصخري في العالم: 15

II-6- تقنيات استخراج الغاز الصخري: 17

II-6-1- **تقنية الحفر الأفقي** 17

II-6-1-1- حفر الآبار 17

II-6-2- **تقنية التكسير الهيدروليكي** 18

II-6-2-1- عملية التكسير 19

II-6-2-2- سوائل التكسير 20

II-6-2-3- المواد الداعمة 21

II-6-2-4- الضغط اللازم لعملية التكسير 21

II-6-2-5- المضافات الكيماوية المستخدمة 22

II-7- مخاطر الغاز الصخري على البيئة 35

II-7-1- الغاز الصخري و تأثيره على الماء 35

II-7-1-1-استهلاك المياه 35

II-7-1-2- تلوث المياه الجوفية 35

II-7-1-3- تلوث مياه الشرب 36

II-7-2– الغاز الصخري و أثاره على التربة 37

II-7-2-1- المساحات الواسعة التي تحتلها آبار الغاز الصخري 37

II-7-2-2- إنتاج الغاز الصخري و نقل الرمال 38

II-7-2-3- خطر الزلازل 38
II-7-2-4- خطر المواد المشعة 38
II-7-3-الغاز الصخري و تأثيره على الهواء 39
II-7-3-1- تسربات الغاز الصخري 39
II-7-4- الغاز الصخري و تأثيره على الصحة العمومية 40
II-7-4-1- اخطر المواد الكيميائية المستعملة في التكسير الهيدروليكي 40
II-7-4-2- الأضرار الصحية الناتجة عن استخراج الغاز الصخري 41
مراجع الفصل الثاني 43
الدراسات الميدانية 12
تمهيد: 42
III–1 – تاريخ بداية التنقيب عن الغاز الصخري في الجزائر 42
III– 2 – شركات التنقيب عن الغاز الصخري في الجزائر 42
III- 3- مواقع التنقيب عن الغاز الصخري في الجزائر 43
III – 4 – تداعيات انتاج الغاز الصخري في الجزائر 45
III – 5 – مخاطر إنتاج الغاز الصخري في الجنوب الجزائر 45
III – 5 –1- مخاطر استخراج الغاز الصخري على الثروة المائية 45
III- 5 –2– الغاز الصخري في الجزائر وتلويث الهواء 46
III – 6 - الدراسات السابقة 46
الخلاصة 59
مراجع الفصل الثالث 60
الملخص 60

مقدمة عامة

مقدمة عامة

قطاع الطاقة حول العالم يشهد تغيرات كبيرة نتيجة تزايد الاستهلاك وارتفاع التكاليف من جهة، وتامين إمدادات الطاقة من جهة أخرى[1].

وأصبح من المؤكد أن مصادر الطاقة التقليدية أو ما يعرف بالوقود الاحفوري معرضة للنضوب عاجلا أم أجلا، كونها مصادر غير متجددة، ناهيك عن الاستغلال المفرط لهذه المصادر الطاقوية قصد تامين الطلب المتزايد على الطاقة على المستوى العالمي، و هو ما تسبب في استنزاف تلك المصادر الطاقوية البديلة في صورة الغاز الصخري. والذي أصبح محل اهتمام كل دول العالم، وخاصة تلك التي تمتلك احتياطات كبيرة منه[1].

يعد إنتاج الغاز الطبيعي من تكوين الصخر الزيتي الضيق المعروف باسم " الغاز الصخري " أحد أكثر الاتجاهات المكتشفة حديثا على اليابسة. هذا الغاز محاصر في تكوين صخري غير منفذ، يحتوي على تكوين صخور حبيبية دقيقة مع نفاذية منخفضة للسوائل وهذا التكوين عادة عبارة عن صخور رسوبية تتكون من رواسب الطين والطمي وبعض المواد العضوية[2, 3].

تسمى عملية استخراج الغاز الصخري من الصخور بالتكسير الهيدروليكي أو " **التكسير**" تم تطوير هذه التقنية في عام 1949 من قبل شركة النفط Halliburton لتحفيز إنتاج الغاز في مصادر الطاقة التقليدية[4].

تتضمن عملية التكسير ضخ كمية كبيرة من الماء المضغوط مع الرمل إلى سطح الأرض من اجل خلق شق في الصخور التي تحتوي على الغاز الصخري. هذا الخليط يحافظ على كسر الصخور التي تم إنشاؤها مفتوحة. ثم ستتم إضافة المواد الكيميائية مثل المبيدات الحيوية والحمض للتوسيع من خلال الكسور الموجودة مسبق أو إجبار الشقوق على الزيادة. عندما تتمدد الشقوق، سينطلق الغاز الصخري ويتدفق إلى السطح[5].

إن الشيء المعروف عن الغاز الطبيعي هو كونه وقود نظيف يعمل على تخفيض انبعاثات ثاني أكسيد الكربون في الجو، ولكن هذا لا يمنع من إن له انعكاسات بيئية خطيرة، ناتجة أساسا عن استعمال طرق الاستخراج والتنقيب وخاصة الغاز

الصخري، الذي يسبب في مخاطر حقيقية على البيئة والصحة، وذلك بسبب التقنية المستخدمة في الإنتاج والتي واجهت معارضة واسعة من قبل جمعيات حماية البيئة، والتي حذرت من مخاطر استعمال هذه التقنية وأثارها[6].

تناولنا في هذا البحث عدة فصول حيث تطرقنا في:

الفصل الأول: مفاهيم عامة حول الطاقة وأهميتها ومصادرها.

الفصل الثاني: دراسة عامة حول الغاز الصخري واهم الدول المنتجة وأخطاره المرتقبة.

الفصل الثالث: يتناول تجربة الجزائر في الغاز الصخري موقعها والآثار المترتبة عليه.

ويختم هذا البحث بتوصيات عامة حول ايجابيات وسلبيات هذه التقنية الجديدة.

مراجع المقدمة

[1]- احمد جابة، سليمان كعوان، الغاز الصخري في الجزائر في ضوء التجربة الأمريكية"، مجلة المستقبل العربي، العدد441، في تشرين الثاني نوفمبر (2015).

[2]- Dong z, Holditch s, Mcvy D, Ayers WB, (2012) Global Unconventional Gas Resources Assessment. Society of Petrolem Engineers, Calgary, Canada.

[3] – Allenl, Cohen MJ, Abelson D, Miller B (2012) Fossil water quality. The World's Water7.

[4] – Grealy N (2013) Fraking is one of the best things to happen to onshoregas exploration for a century. Engineering and Technoligy Magazine.

[5] – Al-Bajalan AR, (2015) To what Extent Could Shale Gas "Fracking" Contaminate Ground Water, Journal of Petroleum Environmental Biotechnology.

[6]- نول صياد، صبري مقيمح، " استغلال الغاز الصخري بين الضوابط البيئية والاجتماعية والكفاءة الاقتصادية"، ألفا للوثائق، مكرر نهج سايغي احمد س م ك قسنطينة، الجزائر، الطبعة الأولى، سنة (2020).

الدراسة النظري

الفصل الأول:

مفاهيم عامة حول الطاقة

تمهيد:

تعتبر الطاقة عنصر ضروري و جوهري لتلبية جميع الاحتياجات الإنسانية، كما تعلب دورا هاما في تحقيق الجوانب الاقتصادية، والبيئية التي تسعى إلى تعزيز وتركيز الجهود في جميع المجالات.

لهذا يأتي الفصل الأول بماهية الطاقة أهدافها وأهميتها، وما يتضمنه من مصادر غير متجددة كالمحروقات أو الوقود الاحفوري (الفحم، البترول، الغاز الطبيعي،...)وكذلك مصادر متجددة كالطاقة الشمسية، طاقة الرياح، طاقة المائية، ..... الخ.

يعتبر الغاز الصخري كمصدر طاقوي بديل يمتاز بعدة إيجابيات ومزايا، وهذا لا ينفي وجود مجموعة من العوائق أمام استخراجه.

I- الطاقة و أهميتها ومصادرها.

I-1- تعاريف الطاقة:

الطاقة كلمة ذات أصل لاتيني " **energe** "وهي تعني " قوى فيزيائية تسمح بالحركة والطاقة هي القدرة على الشيء ونقول طوقا واطاقة والاسم "الطاقة ".

أما اصطلاحا: تعرف الطاقة بأنها الوسيلة الرئيسية التي يعتمدها الإنسان لتحقيق عالم أفضل و راحة أكبر و سعادة و رفاه أمثل[1].

تعرف الطاقة بأنها قابلية انجاز تأثير ملموس (شغل). وهي توجد على عدة أنواع منها طاقة الريح، وطاقة جريان الماء ومساقطها. و يمكن أن تكون الطاقة مخزونة في مادة كالوقود الاحفوري (النفط، الفحم، الغاز)[2].

وتعرف كذلك الطاقة على أنها: القدرة على القيام بنشاط ما، وهناك صور عديدة للطاقة يتمثل أهمها في: الحرارة والضوء. كما يمكن تحول الطاقة من صورة إلى أخرى مثل تحويل الطاقة الكيميائية إلى طاقة ضوئية والكهربائية إلى الحركية[3].

وهناك من يعرف الطاقة بأنها هي قدرة المادة على إعطاء قوة قادرة على انجاز معين، هي :مقدرة نظام ما إنتاج الفاعلية أو نشاط خارجي، هي عبارة عن كمية فيزيائية تظهر على شكل حرارة أو شكل حركة ميكانيكية أو كطاقة ربط في انويه الذرة أو البروتونات والنيترونات[4].

من خلال التعاريف السابقة يمكن تعريف الطاقة على أنها تلك الوسيلة الأساسية التي تحتاج إليها كافة القطاعات الاقتصادية للقيام بنشاطها، حيث تعتبر الطاقة المحرك الأساسي لحياة الإنسان ومصدر كل تنمية[5].

I-2-أهمية الطاقة:

تتميز الطاقة بأهمية كبيرة، فمن الناحية الاقتصادية تشكل هذه الأخيرة احد أهم متطلبات تحقيق التنمية بتأثيرها على عدة اتجاهات من أهمها:

- تكوين رأس المال: تتطلب صناعة الطاقة استثمارات كبيرة في مراحل البحث، الاستكشاف، الإنتاج و النقل تساهم بشكل كبير في تكوين رأس المال بشكل مباشر أو غير مباشر.
- إيرادات النقد الأجنبي: تشكل عائدات تصدير الطاقة مصدرا هاما للنقد الأجنبي، وبالأخص في الدول النامية التي تعتمد عليها في تمويل نفقاتها المختلفة.
- توفير الطاقة للقطاعات الاقتصادية المختلفة كالصناعة، الزراعة، الخدمات وغيرها[6].

I-3- المصادر الطاقوية:

تنقسم الطاقة المستعملة في الوقت الحاضر حسب مصادرها إلى مصادر غير متجددة ومصادر متجددة.

I-3-1- الطاقة المتجددة: هي الطاقة التي يتكرر وجودها في الطبيعة على نحو تلقائي ودوري بمعنى أنها طاقة التي تولد من مصدر طبيعي لا ينضب وهي متوفرة في كل مكان على سطح الأرض[7].

و تعرف أيضا: الطاقة المتجددة هي الطاقة المتولدة من المصادر الطبيعة مثل ضوء الشمس والرياح و المياه و الأمطار وحرارة جوف الأرض يضاف إلى ذلك طاقة الكتل الحيوية[8]، هي طاقة صديقة للبيئة نظيفة ولا تلوث البيئة على

خلاف الطاقة غير المتجددة قابلة للنضوب[7]، الموجودة غالبا في مجزون جامد في الأرض لا يمكن الاستفادة منها إلا بعد تدخل الإنسان لإخراجها منه[3].

تعرف وكالة الطاقة العالمية (IEA): تتشكل الطاقة المتجددة من مصادر الطاقة الناتجة عن مسارات الطبيعية التلقائية كأشعة الشمس و الرياح، و التي تتجدد في الطبيعة بوتيرة أعلى من وتيرة استهلاكها[9].

تعريف برنامج الأمم المتحدة لحماية البيئة (UNEP): الطاقة المتجددة عبارة عن طاقة لا يمكن مصدرها مخزون ثابتو محدود في الطبيعة، تتجدد بصفة دورية أسرع من وتيرة استهلاكها، وتظهر في الأشكال الخمسة التالية: الكتلة الحيوية، أشعة الشمس، الرياح، الطاقة الكهرومائية، وطاقة باطن الأرض[9].

I-3-1- 1 -الطاقة الشمسية: تعتبر الطاقة الشمسية من الطاقات المتجددة النظيفة التي لا تنضب مادامت الشمس موجودة، كما أن جميع مصادر الطاقة الموجودة على الأرض قد نشأت أولا[10].

هذه الطاقة يمكن تحويلها بطريقة مباشرة وغير مباشرة إلى حرارة وبرودة و كهرباء وقوة محركة واسعة الشمس أشعة كهرومغناطيسية 47 أشعة مرئية 45أشعة تحت الحمراء 8 فوق بنفسجية[9]، قد كان استخدام الطاقة الحرارية للشمس معروفا منذ آلاف السنين في المناطق الحارة، حيث استخدمت في تسخين المياه وفي تجفيف بعض المحاصيل لحفظها من التلف، أما في الوقت الحالي فان الأبحاث والتجارب تقوم على محاولة استغلال طاقة الشمس في إنتاج طاقة كهربائية وفي التدفئة وتكييف الهواء وصهر المعادن وغيرها[10].

I-3-1-2- طاقة الرياح: هي الطاقة المستمدة من الرياح عن طريق تحويل إلى طاقة حركية[7]، لقد استخدمت منذ القدم في دفع السفن الشراعية و في إدارة طواحين الهواء التي استعملت في كثير من البلدان في رفع المياه من الآبار، و في طحن الحبوب[4].

I-3-1-3- طاقة المائية: إن الطاقة المائية هي من مصادر الهامة لإنتاج الطاقة العالمية ومن أرخصها و هي كذلك طاقة نظيفة مقبولة بيئيا و بالتالي فان إمكانيات تطور الطاقة المائية تأخذ أهمية كبيرة عربيا و عالميا، و يمكن الحصول على الطاقة المائية في كل المحيطات و المياه الداخلية و هذه الطاقة تنقسم إلى ثلاث فصائل هي الطاقة الكهرومائية، طاقة التدرج الحرارة لمياه المحيطات، طاقة المد و الجزر و لأمواج[11].

I-3-2- الطاقة الغير متجددة (تقليدية): هي المواد التي يكون مخزونها محدود و تتعرض للنفاذ و النضوب لأن معدل استهلاكها يفوق معدل تعويضها، أوان تعويضها لا يدركه الإنسان في عمر قصير و تشمل النفط و الغاز الطبيعي و الفحم.

كما نشير إلى الطاقة التي يتم إنتاجها من تحجر الكائنات الحية ومن الصخور كالنفط الخام والغاز الطبيعي والفحم، هذه المواد موجودة بكميات محدودة وليست متجددة، احتراقها يسبب انبعاث للغازات المسببة للاحتباس الحراري.

وترتبط نشأة الطاقة التقليدية (الفحم، الغاز، النفط) ارتباطا وثيقا بالدورة الجيولوجية ومصدر هذه الأنواع من الوقود أساسا، الطاقة الشمسية المخزونة على صورة مواد عضوية، التي تم تحويلها عن طريق العمليات الفيزيائية والكيميائية الحيوية بعد الدفن[12].

I-3-2-1- الفحم: هو احد المصادر الهامة للطاقة في هذا العصر، يستخرج من باطن الأرض و لا يوجد للفحم تركيب محددو ثابت، فهو مزيج من مواد متعددة، لذا تتعدد أنواع الفحم و درجة جودته من مكان لأخر، و هو بصفة عامة يحتوي على قدر معين و متغير من الكربون و عليه يتوقف نوع الفحم و رتبته، كما يحتوي على بعض المواد المتطايرة، بالإضافة إلى قدر قليل من المواد المعدنية و بعض الشوائب الأخرى[13] .

I-3-2-2- النفط: هو سائل يتكون أساس من خلائط معقدة، و غير متجانسة من مركبات عضوية هيدروكربونية ذات تركيبات جزيئية متنوعة وخواص طبيعية و كيماوية مختلفة، كما يحتوي على بعض الشوائب كالكبريت و الأوكسجين و النيتروجين و الماء و الأملاح و كذلك بعض المعادن مثل (الغناديوم و الحديد و الصوديوم)[14] .

ويعتبر النفط مادة عضوية ناتجة عن تحلل وتفكك مختلف المواد العضوية الموجودة في باطن الأرض نتيجة الحرارة والضغوط الموجودة، من جهة أخرى يعتبر أول اكتشاف تنقي للبترول بئر في ولاية بنسلفانيا الأمريكية والذي كلل عام (1859) عن عمق 21.18 متر[5].

I-3-2-3- الغاز الطبيعي: يتكون الغاز الطبيعي نتيجة تحلل عناصر بيولوجية نباتية كانت أو حيوانية، تحت سطح الأرض، في درجة حرارة عالية نسبيا، و تحت ضغط عال لملايين السنين[15]، وهو خليط من الغازات القابلة للاحتراق مثل الميثان و الإيثان والبوتان، و هو عديم اللون و الشكل والرائحة[4]، يتميز بسهولة الاحتراق، الانفجار، و خفة وزنه بوجود الأكسجين، و هذا ما يجعله مادة خطرة إذا تواجد في الهواء، كما يمكن تواجده في الطبيعة بشكل مستقل أو مصاحب للنفط[15]. يستخدم الغاز الطبيعي في النشاطات الحيوية المختلفة، ومختلف أمور الحياة اليومية للإنسان كالطبخ، التدفئة، تسخين الماء، وتعتمد عليه المصانع في تشغيل آلاتها، كما يستخدم الغاز الطبيعي أيضا كوقود للسيارات، وغاز للثلاجات، من جهة أخرى يستعمل كمصدر أساسي

للطاقة في محطات توليد الكهرباء، حيث يتم حرق الغاز والاستفادة من الطاقة الناتجة في توليد الطاقة الكهربائية، هذه الطاقة التي لا يستطيع الإنسان الاستغناء عنها في عصرنا الحديث[16].

I-4-2-3- الغاز الصخري: هو غاز طبيعي يتولد داخل الصخور التي تحتوي على النفط بفعل الحرارة و الضغط، ويحتاج هذا الغاز إلى المزيد من المعالجة قبل تدفقه، ولهذا السبب يصنفه المختصون بأنه غاز غير تقليدي.وكما هو حال الغاز الطبيعي "تقليدي"، يكون الغاز الصخري إما جافا أو غنيا بالسوائل، ومنها الإيثان المفصل في صناعة البتروكيماويات[17].

ولتحرير الغاز الصخري لابد من عملية الحفر الأفقي والتكسير الهيدروليكي على نطاق واسع وباستخدام الماء والرمل وذلك لتحقيق الحد الأمثل من اتصال السطح بمكامن الغاز من اجل المحافظة على زيادة المسامية[17].

في الوقت الراهن، فان هذه التقنية المتطورة إلى حد كبير تتوافر في الولايات المتحدة الأمريكية بشكل رئيسي، وبمستويات اقل في كثير من دول العالم الأخرى لاسيما في أوروبا.

ما يجب أخذه بعين الاعتبار في هذا الصدد، إن هذه التقنية تتطلب حقن كميات كبيرة من المياه المعالجة بمواد كيميائية، وبالتالي فلا بد من التصرف بالمياه الناتجة و التي تدفع إلى السطح، وهذا الأمر يثير القلق من احتمال تلويث المواد الكيماوية المستخدمة في استخراج الغاز الصخري مصادر المياه الجوفية، ما قد يشكل عائقا رئيسا أمام تطوير هذه الصناعة مستقبلا[17].

I-4- التأثيرات البيئية لمصادر الطاقة غير المتجددة (تقليدية):

مصادر الطاقة التقليدية تقع في مناطق بعيدة عن إمكان استخدامها استهلاكها وبالتالي يتحتم نقلها إلى أماكن استهلاكها قد يصاحب هذا النقل العديد من المخاطر متعلقة بالبيئة مثل:

- غرق ناقلات البترول.
- تسرب السوائل المستخدمة في التعدين للمياه الجوفية.
- تسرب الغازات المصاحبة للاستخراج إلى الجو المحيط.
- انسكاب البترول في الموانئ ومنصات التكرير البحرية.
- تدمير البيئة وغطاء التربة النباتي وهجرة بعض الكائنات الحيوانية وانقراض بعض الأجناس الإحيائية.

- انطلاق العديد من المواد والمركبات الكيميائية والفيزيائية إلى البيئة وتتخذ مسارات خاصة لتصل إلى المياه الجوفية أو إلى باطن الأرض أو تتراكم فوق سطح الأرض مسببة العديد من الأضرار للإنسان والحيوان[16].
- تلوث المياه السطحية والجوفية.
- اضطراب وتغيرات في استخدام الأراضي وتدهور النظام البيئي.
- انبعاثات غازات ثاني أكسيد الكربون و أكاسيد الكبريت والنيتروجين.
- تلوث سطح التربة بالغازات الثقيلة وبمخلفات الرماد و الخث.
- تدهور التربة وانجرافها نتيجة عمليات الاستخراج والنقل.
- تغيرات عالمية في المناخ بسبب انبعاث غاز ثاني أكسيد الكربون والغازات الحابسة للحرارة.
- تلوث البحار والمحيطات[18].

مراجع الفصل الأول

[1]- سمير حاد"استهلاك الطاقة في الجزائر دراسة تحليلية و قياسية " (مذكرة ماجستير، جامعة الجزائر، كلية العلوم الاقتصادية و علوم التسيير، قسم العلوم الاقتصادية 2009/2008 ص3).

[2]– رائد خضر، سليمان الفهداوي، "محاضرات في الطاقات المتجددة " جامعة الانبار كلية التربية للعلوم الصرف قسم كيمياء العام الدراسي 2016/2015.

[3]– عزي خليفة [1]، غفصي توفيق [2]، عازب الشيخ احمد[3]، "واقع و أفاق استغلال الطاقات المتجددة بإنتاج الطاقة الكهربائية في الجزائر" مجلة الدراسات الاقتصادية المعاصرة، المجلد 05، العدد02، سنة 2020 ص101-118.

[4]– مسعودي فاطمة الزهراء، جمعي أسماء، " الطاقة المتجددة في الجزائر كمدخل لتحقيق التنمية المستدامة "، مجلة المنهل الاقتصادي، المجلد 01، العدد 02، ديسمبر 2018.

[5]– كسيرة سميرة، عادل مستوي، " الاتجاهات الحالية لإنتاج و استهلاك الطاقة النابضة و مشروع الطاقة المتجددة في الجزائر – رؤية تحليلية آنية و مستقبلية – "، مجلة العلوم الاقتصادية و التسيير و العلوم التجارية، العدد 14، سنة 2015.

[6]– وسيلة بوفنش،"الطاقة الكهربائية في الجزائر:محاولة التوقع بالإنتاج دراسة حالة الشركة الوطنية للكهرباء والغاز"، رسالة مقدمة لنيل شهادة دكتوراء علوم، جامعة سطيف 1، كلية العلوم الاقتصادية والتجارية وعلوم التسيير، سنة 2013-2014.

[7] – جميعي أسماء، " الطاقة المتجددة في الجزائر كبديل لحماية البيئة و دفع عجلة التنمية المستدامة بين التحديات الواقع و مأمول المستقبل مع الإشارة إلى مشروع الطاقة الشمسية في الجنوب الكبير – نموذجا – "، مجلة الدراسات التجارية و الاقتصادية المعاصرة، المجلد 03، العدد 02، سنة 2020.

[8]–سارة جدي، طارق جدي، "واقع و أفاق الطاقات المتجددة في الجزائر".

[9] – فروحات حدة، "الطاقات المتجددة كمدخل لتحقيق التنمية المستدامة في الجزائر دراسة لواقع مشروع تطبيق الطاقة الشمسية في الجنوب الكبير بالجزائر"، مجلة الباحث، العدد 11، سنة 2012.

[10]– بوقصة إيمان، بوطالب أمينة، "استراتيجيات الطاقة المتجددة و دورها في تحقيق التنمية المستدامة، دراسة تجارب بعض الدول "، جامعة البليدة : كلية الاقتصاد و العلوم الاقتصادية و التجارية و علوم التسيير، 24/23 أفريل 2018.

[11] – قشرو فتيحة، " دورة الطاقة المتجددة في تحقيق التنمية المستدامة : دراسة التجربة الجزائرية "، مجلة الدراسات التجارية و الاقتصادية المعاصرة، المجلد 01، العدد 02، جويلية 2018.

[12]– بوعشة أسمهان، " جدوى استغلال الطاقة الشمسية كطاقة متجددة و إمكانية استخدامها في التبدلات التجارية الخارجية (دراسة حالة الجزائر)،رسالة مقدمة لنيل شهادة دكتورا الطور الثالث (LMD) في العلوم التجارية تخصص: تجارة دولية.

[13]– علي العبسي، بلال شيخي،" الطاقة المتجددة كخيار استراتيجي للطاقة التقليدية "، مجلة الدراسات الاقتصادية و المالية: جامعة الشهيد حمه لخضر الوادي، المجلد 11، العدد 01، سنة 2018.

[14]– نول صياد, صبري مقيمح, " استغلال الغاز الصخري بين الضوابط البيئية والاجتماعية والكفاءة الاقتصادية", ألفا للوثائق , مكرر نهج سايغي احمد س م ك قسنطينة, الجزائر, الطبعة الأولى, سنة (2020).

[15] – نوال صياد، صبري مقيح، " ضوابط الاستثمار في الغاز الصخري بالجزائر في ظل التنمية المستدامة ", مراجعة الإصلاحات الاقتصادية والتكامل في الاقتصاد العالمي, سنة 2019.

[16] – هواري عبد القادر، "الكفاءة الاستخدامية لاستغلال الطاقات المتجددة في الاقتصاديات العربية – دراسة مقارنة للمردودية الاقتصادية بين الطاقات المتجددة و الطاقات غير المتجددة –، أطروحة مقدمة كجزء من متطلبات نيل شهادة دكتوراه علوم في إطار مدرسة الدكتوراه في العلوم الاقتصادية، تخصص الاقتصاد الدولي و التنمية المستدامة، جامعة فرحات عباس سطيف 1، كلية العلوم الاقتصادية و التجارية و علوم التسيير، سنة 2017 / 2018.

[17]– هارون العشي [1]، فايزة بوراس [2]، "واقع اهتمام الجزائر بالاستثمار في الطاقات المتجددة و دورها في تحقيق التنمية المستدامة"، *مجلة* الاستراتيجية و التنمية عدد خاص بالمؤتمر الدولي الثاني: الطاقة الخضراء و التنمية المستدامة – مقاربات و تجارب –، مجلد 10، عدد خاص / فيفري 2020، ص 310.

[18] – بوعشة أسمهان،"جدوى استغلال الطاقة الشمسية كطاقة متجددة و إمكانية استخدامها في التبدلات التجارية الخارجية (دراسة حالة الجزائر)"، رسالة مقدمة لنيل شهادة دكتوراه الطور الثالث (LMD) في العلوم التجارية، جامعة محمد خيضر بسكرة، كلية العلوم الاقتصادية و التجارية و علوم التسيير، قسم العلوم التجارية، تخصص تجارة دولية، سنة 2018 / 2019 صفحة 86.

الفصل الثاني:

مفاهيم عامة حول الغاز الصخري

تمهيد:

يعتبر الغاز الطبيعي الصخري من الموارد غير تقليدية الصعبة الاستخراج ومع ذلك فقد أصبح استغلاله ممكنا خصوصا بفضل التقدم التكنولوجي الذي طورته الولايات المتحدة الأمريكية، إذ أحدث الوصول إلى هذا المورد الجديد تغيرات كبيرة في أسعار الطاقة بالأسواق الدولية.وقصد تحقيق أعلى مردودية في استغلال الغاز الصخري، الذي يتواجد في طبقات الصخور قليلة النفاذية، فمن المهم إدخال بعض التغيرات لزيادة هذه النفاذية، باستخدام ما يدعى بتقنية التكسير الهيدروليكي وتجدر الملاحظة إلى أن المخاطر المحتملة المرتبطة بهذه التقنية تكمن في مدى تأثيرها على البيئة وعلى صحة الإنسان، بالرغم من أن الغاز الطبيعي يعتبر من أنظف أنواع الوقود الاحفوري إذا ما قورن بالفحم والنفط.

II- مفاهيم عامة حول الغاز الصخري:

II-1- تعاريف الغاز الصخري:

الغاز الصخري أو ما يعرف بالإنجليزية **(Shale Gaz)** هو غاز طبيعي يتولد داخل صخور السجيل التي تحتوي على النفط بفعل الحرارة والضغط، ويبقى محبوسا داخل تجويفات تلك الصخور الصلدة التي لا تسمح بنفاذه[1].

ويعرف أيضا ب "غاز الإردواز" أو" غاز الشيست "وهو غاز طبيعي يكون حبيسا بين تشكيلات الطفح الصفحي[2].

الطفل الصفحي هو أحد أهم أنواع الصخور الرسوبية أو هو بمعنى أخر تكوين صخري رسوبي يحتوي على الطين والكوارتز ومعادن أخرى[3]، ينتمي الغاز الصخري إلى فئة الغازات الطبيعية غير التقليدية، التي تضم أيضا ميثان الطبقة الفحمية وغاز الصخور الرملية المحكمة (أو الغاز المحكم) وهيدرات الميثان[4].

وهناك من يعرف غاز الشيست بتحليل الكلمتين المكونتين للمصطلح، فيقصد بالشق الأول: الغاز الطبيعي الذي له نفس مكونات وخصائص الغاز المصاحب لخام البترول أو الغاز الموجود في المكامن التقليدية، والغاز مثل خام البترول متكون من مفاهيم وكربونات، ويحتوي أحيانا على بعض الشوائب مثل ثاني أكسيد الكربون أو الغاز الكبريتي[5].

أما الشق الثاني: الشيست فهو صخر طيني ترسبي ذو مسام، وهي الفراغات الصغيرة بين حبات الصخر. والمسام في الشيست منعدمة النفاذة إي أنها غير مرتبطة ببعضها، فالغازات والسوائل الموجودة في هذه المسام لا تنساب خرجها[5].

و يعرف كذلك الغاز الصخري بأنه غاز يترتب من التفاعلات الكيميائية العضوية التي تحصل في باطن الأرض على مستوى الطبقة الطينية المسماة حجر الإردواز[6].

الغاز الصخري هو غاز طبيعي يتولد داخل الصخور التي تحتوي على النفط بفعل الحرارة والضغط، وينتشر غالبا في الطبقات الصخرية داخل الأحواض الرسوبية، ويحتاج إلى المزيد من المعالجة قبل تدفقه، ولهذا السبب يصنفه المختصون بأنه غاز غير تقليدي، ويكون إما جافا أو غنيا بالسوائل ومنها الإيثان المفضل في صناعة البتروكيماويات[7]، وتتميز صخور السجيل الموجودة في أعماق سحيقة تصل إلى نحو 1000 متر تحت سطح الأرض باحتوائها على نسبة عالية من المواد العضوية الهيدروكربونية تتراوح بين 0.5و 25 في المائة [3].

II-2- تاريخ الغاز الصخري:

إن أول بئر غاز تجاري في الولايات المتحدة، التي حفرت في ولاية نيويورك سنة 1821، قبل سنوات طويلة من حفر داريك لأول بئر للنفط، كانت في الحقيقة بئرا للغاز الصخري. ومن ثم، أنتجت كميات غاز محدودة من تكوينات الطفل الصفحي المتشققة قليلة العمق (ولاسيما في حوضي الابالاش ومتشقن). ومع ذلك، والى عهد قريب، فقد ظل إنتاج الولايات المتحدة الجملي للغاز الصخري متواضعا، اذطغت عليه الكميات الهائلة من الغاز الطبيعي المستخرجة من مكامن الصخور الرملية والحجر الغريني التقليدية[8].

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 عن تمكين تدفق موائع ذات أهمية إلى حفر البئر[8].

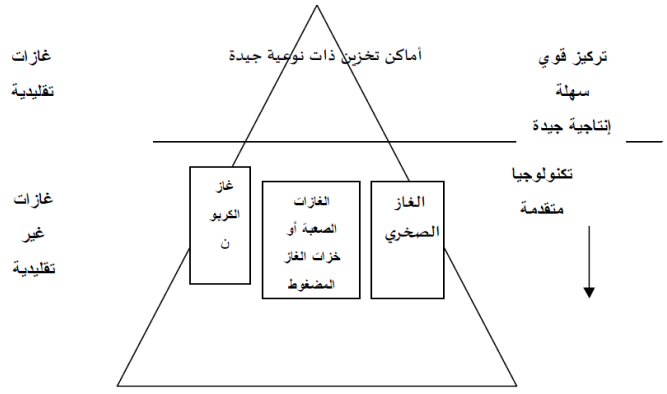
إن التحول الفكري الذي طرا في السنوات الأخيرة حول إمكانيات الغاز الصخري لا يمكن عزوه الاكتشاف موارد جديدة أو إلى إعادة تقييم لتقديرات موارد قديمة، بل هو نتاج تطوير وتطبيق لتقنيات حديثة تمكن فعلا من "إحداث مكامن نفاذة" وتحقيق معدلات إنتاج عالية. ولذلك يعتبر الكثيرون إن هذه هي بالأحرى مسالة استغلال موارد وليست مسالة استكشاف[8].

يعود الفضل في ازدهار فكرة اعتماد الغاز الصخري في الولايات المتحدة الأمريكية، بحسب جري"الفاينانشال تايمز" يعود إلى جورج ميتشل التسعيني (والد الغاز الصخري)، ابن احد المهاجرين اليونانين الذي أصر على البحث عن ضالته المنشودة رغم الشكوك والصعاب[9]. واستطاع ميتشل مع فريقه تطوير تقنية التفتيت الهيدروليكي و هي عملية ضخ المياه و رمال و كيماويات في آبار جوفية عميقة[10]، و طبقها في حقل بارنيت في شمال ولاية تكساس الأمريكية، ثم طبقت هذه التقنية في ولايتي اركنساس و لويزيانا الأمريكتين حيث استخراج الغاز الصخري لا في عام (1998) م بتكلفة مقبولة اقتصاديا عن طريق تحطيم الصخور بالماء المضغوط والمواد المذابة فيه[9]، و قد حقق ثروة تقدر بنحو 3.5 مليار دولار من بيع شركته (Mitchell Energy) عام (2002) لشركة ديفون المتخصصة في الاستكشاف بالمناطق البرية. عن طريق عمليات الحفر الأفقي جانبيا لمسافة تتجوز 1600 مترو راسي العمق يتجاوز 1600متر أيضا[10]. وكان الجمع بين عملية الحفر الأفقي وعملية التفتيت الهيدروليكي يعني انه بالإمكان استخراج الغاز بكميات ضخمة، ومنذ ذلك الحين بدأت هذه الطريقة تحظى باهتمام الصناعة وبذلك توجت جهود عقدين من البحوث التي بدأت في منتصف الثمانينات وأدت إلى تغييرات مهمة في مجال تجارة الغاز الدولية في العقد المقبل [11].

II-3- مكامن الغاز الصخري:

يقع الغاز الصخري في مكامن تشكيل الهيدروكربونات، على عمق يبلغ أحيانا 1500 – 3000 متر و يختلف عن الغازات التقليدية في كونه لم يهاجر بعد إلى الصخور الخازنة، كما أن الصخور التي يتواجد بها تكون اقل نفاذية منها في الغاز المضغوط [12].

والشكل الموالي يوضح الغازات غير تقليدية إلى جانب الغازات التقليدية في المكمن.



الشكل (II-1): مواقع الغازات غير التقليدية إلى جانب الغازات تقليدية في المكمن[13].

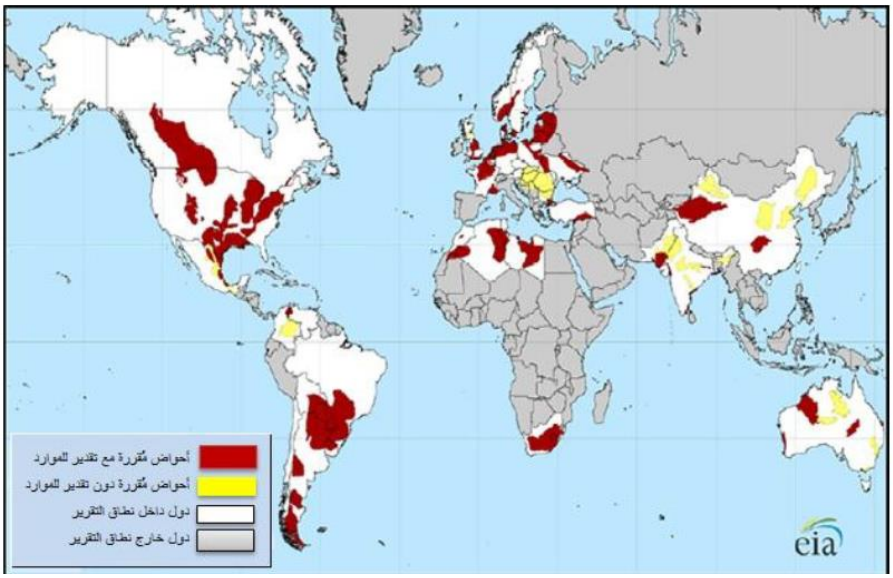
II-4- خصائص الغاز الصخري:

إن الغاز الصخري غير التقليدي لا يختلف عموما عن الغاز الطبيعي التقليدي من حيث مكوناته الميثان (CH_4). إلا أن الاختلاف يكمن في أماكن تواجدهما وخصائص مكامنهما الجيولوجية وطبيعة التكنولوجيا المستخدمة في استخراجهما.

حيث يتواجد الغاز الطبيعي عادة على مسافات أقرب إلى سطح الأرض أما الغاز الصخري غير التقليدي فيتواجد على أعماق أكبر تتراوح ما بين 3000 إلى 4000 مترو قد تصل إلى 6000 متر، كما نجد الخصائص الجيولوجية لحقول الغاز الصخري تتطلب تكنولوجيا غير تقليدية من اجل فصل الغاز عن المواد العضوية أو توسيع قطر المسامات والسماح للغاز بالتدفق، وتتمثل هذه التكنولوجيا أساسا في الحفر الأفقي والتكسير الهيدروليكي[14].

II-5- أماكن تواجد الغاز الصخري في العالم:

حسب آخر تحيين لإحصائيات إدارة معلومات الطاقة الأمريكية يوم 24 سبتمبر 2015 فان إجمالي الاحتياطي العالمي من الغاز الصخري يقدر ب 7576.6 تريليون متر مكعب موزعة على 46 دولة، أما الاحتياطي العالمي من النفط الصخري ب 418.9 مليار برميل موزعة على حوالي 40 دولة فقط. والشكل التالي يوضح خريطة العالم تحمل أهم الأحواض الكبرى من الغاز والنفط الصخريين:



الشكل (II-2): احتياطيات العالم من الغاز الصخري.

من خلال الشكل السابق يتضح لنا أن هناك احتياطيات كبيرة من الغاز الصخري ترتكز بشكل رئيسي في آسيا والقارتين الأمريكتين، مع وجود احتياطيات أخرى بشكل اقل في أوروبا وإفريقيا واوقيانوسيا.

و من اجل التعرف على الدول التي تمتلك أكبر احتياطي في العالم من الغاز الصخري نورد الجدول التالي [15].

الجدول (II-1):أكبر عشر احتياطيات في العالم من الغاز الصخري[11,15].

الترتيب	الدولة	الاحتياطي (تريليون قدم3)	الاحتياطي بالمتر المكعب
01	الصين	1115	31220
02	الأرجنتين	802	22456
03	الجزائر	707	19796
04	الولايات المتحدة الأمريكية	665	17500
05	كندا	573	16044
06	المكسيك	545	15260
07	استراليا	437	12236
08	جنوب إفريقيا	390	10920
09	روسيا	285	7980
10	البرازيل	245	6860
المجموع	/	7795	204372

من خلال الجدول السابق يتضح لنا بأن الصين تمتلك أكبر احتياطي عالمي من الغاز الصخري يقدر ب1115 تريليون قدم مكعب (إي 14.30% من إجمالي الاحتياطي العالمي، تليها الأرجنتين باحتياطي قدره802 تريليون قدم مكعب(إي 10.29 من إجمالي الاحتياطي العالمي)، ثم الجزائر في المرتبة الثالثة باحتياطي قدره 707 تريليون قدم مكعب (إي 9.07 % من إجمالي الاحتياطي العالمي)، ثم الولايات

المتحدة الأمريكية في الرتبة الرابعة باحتياطي قدره 665 تريليون قدم مكعب (إي 9.1 %من إجمالي الاحتياطي العالمي)، ثم كندا، المكسيك، استراليا، جنوب إفريقيا، روسيا، و البرازيل على التوالي بالنسب التالية: 7.85%، 7.44%، 5.98%، 5.34%، 3.9%، 3.35% [16].

II-6- تقنيات استخراج الغاز الصخري:

يتطلب استخراج الغاز الصخري استخدام تقنيات خاصة ومعدات متطورة وإجراء كثير من الدراسات الجيولوجية لمنطقة التنقيب لاكتشاف الغاز و معرفة مدى جدواه الاقتصادية، بعد ذلك تبدأ عمليات الحفر العمودي للوصول صخور السجيل، ثم الحفر الأفقي للكشف عن الطبقات الصخرية، وبعد ذلك تجرى عمليات التكسير الهيدروليكي باستخدام الماء المضغوط والرمل وبعض المواد الكيميائية من اجل تحرير الغاز الصخري الموجودة في المكمن[17].

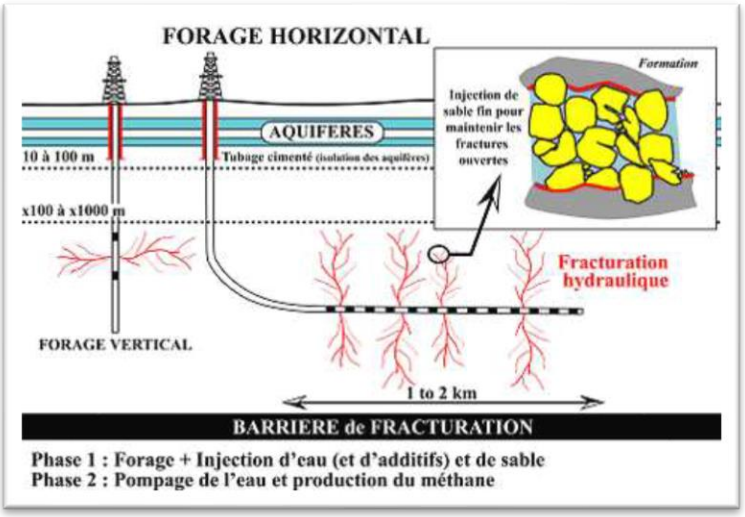
II-6-1- تقنية الحفر الأفقي: هذه التقنية في حد ذاتها ليست بجديدة، إذ يجري العمل بها في جميع أنحاء العالم.

الارتفاع المثير في نسب إنتاج الآبار الأفقية مقارنة بالآبار العمودية يبرر تكلفتها الباهظة، واغلب هذه الآبار مبطن بأنابيب فولاذية مغلقة بالأسمنت، وسواء كانت مبطنة أم لا. فان معظم هذه الآبار تنجز عن طريق ما يعرف بعمليات الإكمال متعدد المراحل. هذه التقنية تتمثل في عزل المناطق المنتجة من البئر ومن ثم تصديعها[9].

II-6-1-1- حفر الآبار: يتم حفر بئر بعمق مناسب بالقرب من الصخر الزيتي، ويكون ذلك بحفر حفرة بشكل عمودي بعمق يصل في العادة إلى (2- 3) كيلومتر، وخلال عملية الحفر يتم التركيز على تدعيم جدار البئر بغلاف صلب بهدف منع محتويات البئر من التسرب إلى الخارج.

يتم حرف اتجاه الحفر بشكل تدريجي عند وصول عمق البئر إلى مسافة قريبة من عمق الصخر الزيتي بحيث يصبح الحفر في هذا الجزء ممتدا بشكل أفقي على طول طبقة الصخر الزيتي التي يتواجد الغاز الصخري بداخلها، ويختلف طول هذا الجزء باختلاف المنطقة التي يوجد البئر فيها، لكن عادة يصل متوسط طوله إلى 1.5 كيلو متر[18].

و تتراوح عملية حفر كل بئر من السطح إلى غاية العمق، في مدة زمنية تتراوح من 3 – 6 أسابيع حسب العمق وامتداد البئر الأفقي أيضا[19].



الشكل (II-3): عملية الحفر الأفقي.

II-6-2- تقنية التكسير الهيدروليكي:

التكسير الهيدروليكي (أو "**Fracking**" باللغة الانجليزية) هو تقنية مستخدمة لاستكشاف وتطوير الخزانات أو الرواسب في باطن الأرض. وهو يتألف من تكسير الصخور ضعيفة النفاذية والتي تحتوي على موارد الطاقة عن طريق تعريضها لضغط عالي. يؤدي توسيع التكسير الطبيعي أو إنشاء شقوق اصطناعية إلى زيادة نفاذية الصخور وبالتالي توفير الوصول إلى موارد باطن الأرض، ولاسيما الهيدروكربونات غير التقليدية والطاقة الحرارية. من اجل خلق الضغط اللازم في حفر البئر ومنع الكسور من الانغلاق، في معظم الحالات يتم استخدام خليط من الماء والرمل والمواد المضافة[21].

عادة ما يتم تنفيذ التكسير بواسطة شركات خدمات متخصصة بدلا من شركة النفط والغاز العاملة في البئر. ربما تمتلك 10 شركات خدمات كبيرة إلى متوسط الحجم في أمريكا الشمالية المعدات المناسبة والخبرة الكافية لتنفيذ عمليات التكسير الهيدروليكي الكبيرة متعددة المراحل على آبار متعدد على منصة كبيرة، ولكن قد تشارك العشرات من الشركات الصغيرة في هذه العملية. تقدم هذه الشركات الصغيرة خدمات متخصصة مثل: التثقيب، توفير المواد، سعة الضخ، تصنيع تجميع الحفرة السفلية، إدارة البيانات، التحكم الإشرافي وخدمات الحصول على البيانات[22].

II-1-2-6- عملية التكسير:

لتحقيق التكسير الهيدروليكي نقوم بحقن الماء تحت ضغط عالي. هذا الضغط هو الذي سيكسر الصخور. ويتسبب هذا الضغط في ظهور تشققات بعرض بضع مليمترات والتي ستنتشر على مدى بضع عشرات من الأمتار.

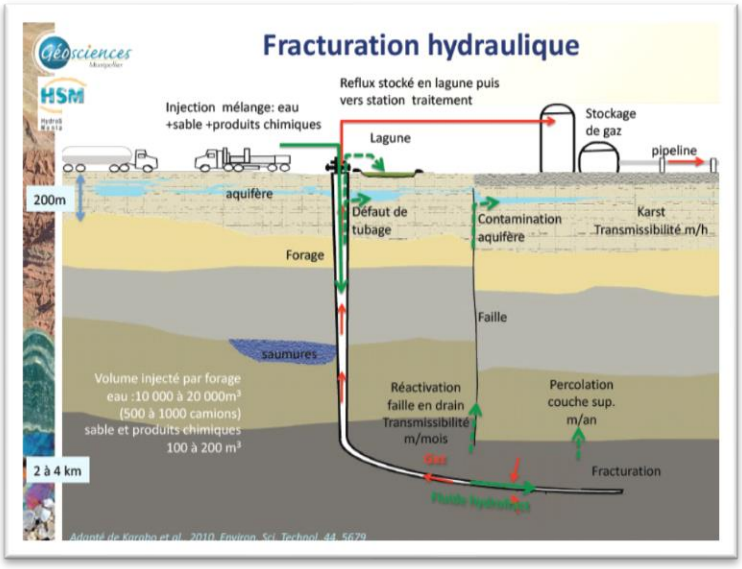
ونظرا لان البئر يقطع الصخور الغنية بالغاز على مدى طويل، فان هذه الشقوق الصغيرة كافية لإنتاج كميات كبيرة من الغاز[23].

من اجل الحصول على ضغوط كافية لكسر الصخور، يتم حقن الماء ولكن أيضا بالرمل الناعم الذي سيمنع الكسور من الانغلاق بمجرد اكتمال التكسير الهيدروليكي من اجل تكوين تصريف دائم يمكن للغاز من خلاله الهجرة. إنتاج البئر كما تمت إضافة الإضافات الكيميائية التي ستسمح بالتكسير الهيدروليكي ليكون أكثر كفاءة، لإنتاج المزيد من الغاز وبالتالي تقليل عدد الآبار المطلوبة قد يختلف تكوين الإضافات الكيميائية حسب الظروف الجيولوجية. تنقسم إلى ثلاث فئات رئيسية:

- المبيدات الحيوية التي تقلل من انتشار البكتيريا في السائل وفي البئر.
- المنتجات التي تعزز تغلغل الرمال في التصدعات.
- المنتجات التي تزيد من إنتاجية الآبار.

وبالتالي لمنع انتشار البكتيريا التي يمكن إن تنتج مركبات حمضية تهاجم البئر، يتم استخدام المطهرات لمنع ترسب الرواسب على جدران البئر مما قد يغير من إنتاجيتها، يتم حقن الكحول والصودا والجليكول[23].

تعتمد عمليات التكسر المعقدة (الاختلاف في الضغط، معدلات التدفق، تكوين الطبقات المختلفة لسائل التكسير وما إلى ذلك) على خصائص المراد تكسيرها[23].



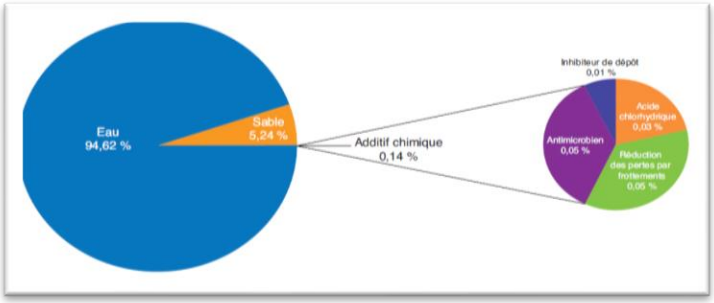
الشكل (II-4): عملية التكسير الهيدروليكي.

II-6-2-2- سوائل التكسير:

يتكون سائل التكسير بشكل أساسي من الماء، تتراوح كمية المياه المطلوبة لحفر وتكسير بئر غاز الأساس بين

10000 و20000 متر مكعب، ينقسم هذا الحجم على النحو التالي:

- 1000 إلى 2000 متر مكعب من المياه ضروريا لحفر بئر.
- كل تكسير يستخدم ما يقرب من 1500 إلى 2000 متر مكعب من المياه.
- يخضع كل صرف من 8 إلى 10 كسور في المتوسط[24].



الشكل (II-5): مكونات مائع التكسير.

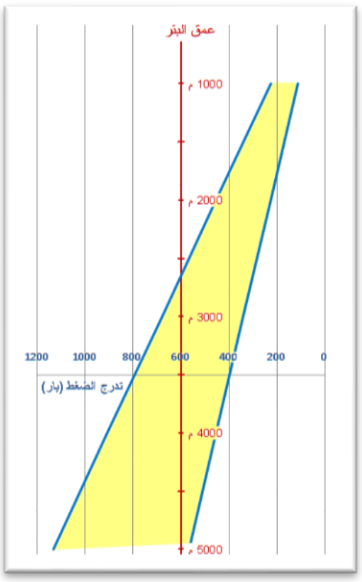
II-3-2-6- المواد الداعمة:

يتم استخدام رمل الكوارتز النظيف ذو الحبيبات المنتظمة إلى حد ما. في حالة الأعماق الكبيرة والضغوط العالية، من الضروري استخدام مادة صلبة وكرات خزفية، يلزم استخدام 800 إلى 900 متر مكعب من الرمال للحصول على 15000 متر مكعب من الماء المستخدمة في البئر[2].

صورة(II-1): رمل الكواتز.

II-4-2-6- الضغط اللازم لعملية التكسير:

مقدار الضغط اللازم يختلف من حقل لآخر من مكمن لآخر، ومن الطبيعي أن تختلف من بئر لآخر، وهو معيار من المهم تحديده بمنتهى الدقة، إذ أن استخدام ضغط اقل من اللازم يعني أن عملية التكسير لن تحدث، كما أن استخدام ضغط أعلى من اللازم قد يؤثر على المكمن ككل ويتسبب في تهشم صخوره وقد تكون له نتائج كارثية تصل إلى حد تداعي البئر وفقدانه[25].



الشكل(II-6): الضغط اللازم لعمليات التكسير الهيدروليكي حسب عمق البئر.

II-6-2-5- المضافات الكيماوية المستخدمة:

الجدول(II-2): الفئات الوظيفية للمواد الكيميائية لتكسير الهيدروليكي[20, 26]

نوع الإضافات	المركبات الكيميائية	الوظيفة
الماء		
عوامل الدعم	Silice gislalline, billes de céramique	لإبقاء الشقوق مفتوحة، مما يسمح للغاز بالتدفق خارج التكوين المتصدع، والذي يتكون عادة من الرمل وأحيانًا الخرز الزجاجي.
أحماض قوية، معادن مذابة	Acide chlorhydrique	لتحقيق قدرة أكبر على الحقن أو الاختراق ولاحقًا لإذابة المعادن والطين لتقليل الانسداد، مما يسمح للغاز بالتدفق إلى السطح.
عوامل تقليل الاحتكاك	Polyacrylamide, huiles minérales	لجعل بقعة الماء زلقة وتقليل الاحتكاك الناتج عن الضغط العالي ولزيادة معدل وكفاءة تحريك سائل التكسير.

مواد خافضة للتوتر السطحي (عوامل تقلل التوتر السطحي)	2-Butoxyéthanol, Isopropanol, Octylphénoléthoxylés	لتقليل الرغوة بعد عدم الحاجة إليها من أجل خفض التوتر السطحي والسماح للغاز المحتبس بالهروب.
مثبتات طينية	Chlorure de potassium Chlorure de tétraméthlammonium	لإنشاء حاجز مائع لمنع تجمع الطين الذي يمكن أن يسد الكسور.
عوامل التبلور	Bentonite, gommeguar , Hydroxyéthylcellulose	
مثبطات الترسبات في الأنابيب	Ethylène-glycol, Propylène-glycol	
عوامل ضبط الأس الهيدروجيني	Corbonate de sodium Chrbonate de potassium Chlorure dammonim	للحفاظ على الأس الهيدروجيني في مراحل مختلفة باستخدام المحاليل المعيارية لضمان أقصى قدر من الفعالية للإضافات المختلفة.
عوامل قابضة للهلام	Hémicellulase, Persulfate dammonium , Quebracho	لزيادة اللزوجة وتعليق الرمل أثناء نقل مادة الدعم.
عوامل للحفاظ على السيولة في حالة ارتفاع درجة الحرارة	Perborate de Sodium, Borates, Anhydride acétique	
عوامل التحكم في الحديد	Acide citrique, EDTA*	
مثبطات التآكل	Dérivés de la Quinoléine, Diméthylformamide (DMF), Alcoolpropargylique	لتقليل احتمالية الصدأ في الأنابيب والأغلفة.
مبيدات حيوية (مطهرات)	Dibromoacétonitrile, glutaraldéhy, DBUPA**	لمنع البكتيريا التي يمكن أن تنتج الأحماض التي تؤدي إلى تآكل الأنابيب والتجهيزات وتفتيت المواد الصلبة التي تضمن الحفاظ على لزوجة السوائل ونقل مادة الدعم. يمكن أن تنتج المبيدات الحيوية كبريتيد الهيدروجين (H_2S) وهو غاز سام للغاية تنبعث منه رائحة البيض الفاسد.

الجدول (II-3):المركبات الكيميائية المعدنية السامة الرئيسية الموجودة في سائل التكسير الهيدروليكي[20].

العائلات الكيميائية	المركبات الكيميائية	السمية	
		حاد اوتحت حاد	على المدى البعيد
المركبات النتروجينية	Diazite (Azote) N_2	نقص الأكسجين	
	Nitrites NO_2^-		ميتهيموغلوبين الدم
	Nitrates NO_3^-		ميتهيموغلوبين الدم
	Ammoniac NH_3	الاختناق	مهيج للجهاز التنفسي
المركبات المبرومة	Bromure de Sodium NaBr	منوم	
	Bromate de sodium $Na\ O_3Br$	ميتهيموغلوبين الدم	سام
المركبات المكلورة	Dichlore (chlore) Cl_2	أكالة	مهيج
	Dioxyde de chlore ClO_2	مهيج	
	Chlorure d'hydrogène (Acide chlorhydrique) HCl	أكالة	مهيج
	Chlorures Cl^-		ارتفاع ضغط الدم
	Hypochlorite de sodium (Eau de javel) NaOCl	مهيج	
	Chlorite de sodium $Na\ O_2Cl$	مهيج	
مركبات الألمنيوم	Trichlorure d'aluminium$AlCl_3$	مهيج	السمية العصبية المركزية
مركبات الكالسيوم	Oxyde de calcium (Chaux vive)	أكالة	مهيج

	CaO		
	Hydroxyde de calcium (Chaux éteinte) $Ca(OH)_2$	مهيج	
مركبات الكربون المعدنية	Dioxyde de carbone (Gaz carbonique supracritique) CO_2		قضمة الصقيع
مركبات الكروم	28 Chrome (Métal) Cr°		
	29 Acétate de chrome trivalent (Acétate chromique) $Cr(CH_3COO)_3$	مسببة للحساسية	
مركبات النحاس	Chlorure cuivrique, dihydraté $CuCl_2 , 2H_2O$	مهيج	
	Sulfate cuivrique $CuSO_4$	مهيج	
مركبات الحديد	Chlorure ferrique $FeCl_3$	مهيج	
	Sulfate ferreux heptahydraté $Fe SO_4 , 7H_2O$	مهيج	
مركبات البوتاسيوم	Hydroxyde de potassium(Potasse)KOH	أكالة	مهيج
مركبات السيليكون	Silice cristalline (Cristobalite, Quartz, Tridymite)$(SiO_2)_n$	مهيج	تليف، مادة مسرطنة للجسيمات
مركبات الصوديوم	Hydroxyde de sodium (Soude caustique) NaOH	أكالة	مهيج
	Carbonate de sodiumNa_2CO_3	مهيج	مهيج
	Nitrite de sodium $NaNO_2$	ميتهيموغلوبين الدم	ميتهيموغلوبين الدم، مادة مسرطنة
	Nitrate de sodium$NaNO_3$	ميتهيموغلوبين الدم	
	Sulfite de sodiumNa_2SO_3	مهيج	
مركبات الكبريت	Acide sulfuriqueH_2SO_4	أكالة	مادة مهيجة، مسرطنة
	Acide sulfamique (acide amidosulfonique) $HOSO_2NH_2$	مهيج للجلد، مخاطي	

	Persulfate d'ammonium (Peroxydisulfate d'ammonium) $(NH_4)_2S_2O_8$	العـين والجلـد ومهيجـات الجهـاز التنفسي	مسببة للحساسية
مركبات الزركونيوم	Oxychlorure de zirconium (Chlorure dezirconyle) $ZrOCl_2$	أكالة	مهيج
مركبات البورون	Acide borique H_3BO_3	مهيج للجلد	سام
	$BoratesBO_{33-}$	مهيج	سام
	Métaborate de sodium, octahydraté $Na\ BO_2, 8\ H_2O$	مهيج	
	Oxyde borique $B_2\ O_3$	مهيج للجلد والعين	سام
	Perborate de sodium, Tétrahydraté $Na\ BO_3\ , 4H_2O$	مهيج للعين	سام
المركبات المفلورة	Fluorured'hydrogène (Acide fluorhydrique) HF	أكالة	مهيج
	Bifluorured'ammonium $F_2(NH_4)_2$	أكالة	مهيج
المركبات المؤكسد	Peroxyde d'hydrogène (Eauoxygénée) H_2O_2	تهيج الجلد والعين	محفز السرطان

الجدول (II-4): المركبات الكيميائية العضوية السامة الرئيسية الموجودة في سائل التكسير الهيدروليكي[20].

العائلات الكيميائية	المركب الكيميائي	السمية البشرية	
		حاد اوتحت حاد	على المدى البعيد
الهيدروكربونات المشبعة: الالكانات	Méthane CH_4	الاختناق	
	Ethane CH_3-CH_3	الاختناق	
	Propane CH_3-CH_2-CH_3	الاختناق	
	Butane CH_3-CH_2-CH_2-CH_3	الاختناق	
	Pentane CH_3-$(CH_2)_3$-CH_3	مخدر	
	Hexane CH_3-$(CH_2)_4$-CH_3	مخدر	السمية العصبية المحيطية (التهاب الأعصاب)
	Heptane CH_3-$(CH_2)_5$-CH_3	مخدر	
الهيدروكربونات الإثيلينية غير المشبعة: الألكينات	Propylène H_2C=CH-CH_3	الاختناق	
	d-Limonène	مهيج، حساسية الجلد	مهيج، حساسية الجلد
	Styrène	مهيج	عصبي، مادة مسرطنة
	Benzène	السمية العصبية المركزية	سام للدم، مادة مسرطنة (سرطان الدم)
	Toluène	مهيج، السمية العصبية المركزية	السمية العصبية المركزية، سامةللأذن،

			سام
الهيدروكربونات العطرية (الحلبة)	Xylène (3 Isomères)	مهيج، السمية العصبية المركزية	السمية العصبية المركزية
	Ethylbenzène	مهيج، معتدل السمية العصبية المركزية	مهيج للجلد، معتدل السمية العصبية المركزية، مادة مسرطنة
	Pseudocumène (1 ،2 ،4-triméthylbenzène)	مهيج، معتدل السمية العصبية المركزية	
	Diéthylbenzène (mélange d'isomères)	مهيج	
	1Naphtalène	مهيج، الجهاز الهضمي، سامة كبدية، سامة للدم	سام للدم (فقر الدم انحلالي) اغتمام عدسة العين، مادة مسرطنة
	1-Méthylnaphtalène		الطفرة
	2-Méthylnaphtalène		الطفرة
	9H-Fluorène		الطفرة
	Phénanthrène	محسس للضوء	الطفرة
مخاليط هيدروكربونية	Solvants aromatiques (benzène, toluène, xylène, éthylbenzène)		البنزين مادة مسرطنة
	Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)		العديدمن الهيدروكربونات العطرية متعددة الحلقات مسببة للسرطان عندالرجال

	Essence auto		مادة مسرطنة
	Diesel	مهيج	
	Naphta lourds	مهيج	مادة مسرطنة
مخاليط هيدروكربونية	Kérosène	مهيج	
	Asphalte	مهيج	قد تحتوي مواد مسرطنة
مركبات الكلور العضوي	Tétrachloroéthylène (Perchloroéthylène)	مهيج للعين، الجلد، جهاز التنفس	سامة للكبد، مادة مسرطنة
	Chlorure de benzyle	مهيج للعين، الجلد، جهاز التنفس	طفرة، مادة مسرطنة
كحول	Méthanol	مهيج للعين، للجلد	الحامض العصبي المحيطي (العصب البصري)
	Ethanol CH_3-CH_2-OH	مهيج للعين، للجلد	سامة عن طريق الابتلاع، سامة للكبد، مادة مسرطنة، سام
	Propanol CH_3-CH_2-CH_2-OH	مهيج للعين، للجلد	
	Isopropanol	مهيج للعين، للجلد	
	Butanol CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-OH	مهيج للعين،	

		للجلد	
	Isobutanol	مهـــيج للعـــين، للجلد	
	Isooctanol	مهـــيج للعـــين، للجلد	
	Ethyl héxanol	مهيج للعين	سام
	Alcool propargylique	مهيج	
	Undécanol	مهيج للجلد	
	Ethylène-glycol	ســـام للعصـــب، للكبد	
	Glycérol $HOCH_2$-CHOH-CH_2OH	مهـــيج للعـــين، للجلد	
	Sorbitol $HOCH_2$-$(CH_2)_4$ -CH_2OH	مهيج معوي	
الكحوليات الأمينية	Ethanolamine H_2N-CH_2-CH_2-OH	مهيج	
	Diéthanolamine	مهـــيج للعـــين، للجلـــد، لجهـــاز التنفس	الحساسية، مسرطنة
الأثير– أكاسيد (إيبوكسيدات جليكول إيثر، أكاسيد الأثير بوليمرات)	Oxyde d’éthylène	مهـــيج للعـــين، للجلد	طفرة، مادة مسرطنة
	2-Méthoxyéthanol (Ether méthylique de l’éthylèneglycol)	مهـــيج للعـــين، للجلد	سام
	Méthoxyéhtylacétate (Acétatdel’Etherméthyliquedel’éthylèneglyc)	مهـــيج للعـــين، القصبات الهوائية	سام
	2-Ethoxyéthano (éther éthyliquedel’éthylène-glycol)	مهـــيج للعـــين،	سام

		للجلد	
	2Ethoxyéthylacetate (Acétatedel'éther éthyliquedel'éthylène-glycol)	مهـــيج للعـــين، للجلد	سام
	Diéthylène-glycol	مهـــيج للعـــين، للجلد	كلوي
	1,4-Dioxane	مهـــيج للعـــين، للجلد	مادة مسرطنة
	1, 2-Diméthoxyéthane	مهيج	سام
	1, 2-Diethoxyéthane	مهيج للعين	سام
	2-Butoxyéthanol (Ether butylique de l'éthylène-glycol)	مهيج للجلد	اضـــطراب للغـــدد الصـــماء (المبـــيض والغدة الكظرية)
	2-(2-Méthoxyéthoxy) éthanol. Ether méthylique du diéthylène- glycol	مهيج للعين	
	2-(2-Ethoxyéthoxy) éthanol Ether éthylique du diéthylène-glycol	مهـــيج للعـــين، للجلد	
الأثير– أكاسيد (إيبوكسيدات جليكول إيثر، أكاسيد الأثير بوليمرات)	2-(2-Butoxyéthoxy) éthanol Ether butylique du diéthylène-glycol	مهيج للعين	
	2-(2-Méthoxypropoxy) propoxy propanol Ether méthylique du tripropylèneglycol	مهيج للعين	
	2-Ethoxynaphtalène	مهيج للجلد	
بوليمرات أكسيد الأثير	Alcool éthylique éthoxylé (Polyéthoxyéthanol) $(C_2H_4O)n, C_2H_5O$	مهيج	
	Alcool laurylique éthoxylé (C_2H_4O) n, $C_{12}H_{26}O$	مهيج	
	Octyl phénol éthoxylé $C_{14}H_{22}O, (C_2H_4O)$ n	مهيج للعين	

	1Nonylphénol éthoxylé	مهيج	
	Alcanols polyéthoxylés CnHn'O, $(C_2H_4O)n$	مهيج	
	Polyéthylène-glycol H_2O, $(C_2H_4O)n$	مهيج للعين، للجلد	
الألدهيدات	Formaldéhyde	مهيج للعين، للجلد، جهاز التنفس	الحساسية، مادة مسرطنة
	Glutaraldéhyde	مهيج للعين، للجلد، جهاز التنفس	الحساسية
الكيتونات	Acétone	مهيج للعين، للجلد، للعصب	
	Méthylisobutylcétone	مهيج للعين، للجلد، للعصب، جهاز التنفس	
الأحماض الكربوكسيلية	Acide formique	أكالة (عين، جلد، الأغشية المخاطية)	مهيج
	Acide acétique	مهيج للعين، للجلد	
	Acide fumarique	مهيج للعين، للجلد	
	Acide adipique	مهيج للعين	
	Acide glycolique	مهيج للعين، للجلد، جهاز	

		التنفس	
	Acide thioglycolique (Acide mercaptoacétique)	مهيج للعين، للجلد، جهاز التنفس	
أنهيدريد حمض الكربوكسيل	Anhydride acétique	مهيج للعين، للجلد	
استرات الفوسفوريك (الفوسفات العضوي)	Phosphate de tributyle	مهيج	
الأمينات	Aminoéthyléthanediamine (Diéthylènetriamine)	مهيج للعين، للجلد	مسببة للحساسية
	6-Hexanediamine, 1	مهيج للعين، للجلد، لجهاز التنفس	
أمين N– أكاسيد	N-Oxyde de triméthylamine	مهيج	
أملاح الأمونيوم الرباعية	Chlorure de diméthyldiallyl – ammonium	مهيج	
	Chlorure de diméthyldidécylammonium	مهيج للجلد	
	Chlorure de triméthylammonium	مهيج	
أميدات	Formamide	مهيج للعين	سام
	Diméthylformamide (DMF)	مهيج للعين، للجلد، لجهاز التنفس	جلدي، سام للكبد، سام
	2-Dibromo- 3,2 nitropropionamide (DBNPA)	مهيج للعين، للجلد، لجهاز التنفس	
	2-Bromo-3-nitrilopropionamide (MBNPA)	مهيج للعين،	

		للجلد، لجهاز التنفس	
	2, 2-Dibromomalonamide	مهيج للعين، للجلد، لجهاز التنفس	
	Acrylamide	مهيج للعين، للجلد، لجهاز التنفس	السمية العصبية المحيطية (التهاب الأعصاب)، مادة مسرطنة
النتريل	Dibromoacétonitrile	مهيج للعين، للجلد، لجهاز التنفس	
	2-Bromo-3-nitrilopropanol	مهيج للعين، للجلد، لجهاز التنفس	
غير متجانسة	Chlorhydrate de 2-quinaldine	مهيج للعين، للجلد	
البوليمرات	Ester oleique du polyéthylène-glycol	مهيج للجلد	
مركبات بسيطة متنوعة	Acide éthylènediaminetétracétique (Acide édéthique NTA)	عامل مخرب، مهيج للعين، للجلد، لجهاز التنفس	عامل كلوي سام، Zn^{2+} +Ca^{2+}، مادة مسرطنة بشرية

II-7- مخاطر الغاز الصخري على البيئة:

II-7-1- الغاز الصخري و تأثيره على الماء:

II-7-1-1- استهلاك المياه:

تستهلك البئر الواحدة التي يتم تشغيلها بعملية التكسير الهيدروليكي مابين 24.5 و 36.3 ألف متر مكعب للبئر الواحدة، أي من 24 مليون و500 ألف لتر إلى 36 مليون و300 ألف لتر من الماء، وهي كمية تعادل حجم 7 إلى 9 مسابح اولمبية، وتعادل ما يستهلكه الفرد الواحد من الدول النامية خلال فترة زمنية تتراوح بين 35 و 52 سنة[27].

ووفقا لتقرير مجلس الطاقة العالمي، فإن ما يقرب من ربع إلى ثلث حجم المياه المستخدمة في عملية التكسير الهيدروليكي فقط يمكن إعادة سحبها، وتكون ممزوجة بمواد كيميائية تصعب معالجتها، أما الكمية المتبقية فتبقى محبوسة في منطقة التشقيق، ناهيك عن التسرب الذي يمكن أن يحدث للمياه الجوفية أثناء عملية التكسير الهيدروليكي للطبقات الصخرية، مما يؤدي إلى استنزاف الثروة المائية المتوفرة[27].

II-7-1-2- تلوث المياه الجوفية:

قد ينتج تلوث المياه الجوفية إما عن طريق و صول الخلطة الكيميائية للمياه الجوفية إلى السطح (في صورة انسكابات ارتجاع الخلطة الكيميائية المستخدمة)، أو عن طريق و صولها للمياه الجوفية من الأعماق المضخوخة والمدفونة فيها (ارتشاحات وتسريبات جوفية لخزانات المياه الجوفية)، أو ببساطة بسبب الانهيارات الإنشائية للآبار والتي تحدث كثيرا[28].

تتكون هذه الخلطة في الجزء الأكبر من المياه مضافا لها عددا من الكيماويات السامة (يتم إضافة نحو 19 متر مكعب من المواد الكيميائية لكل 3.8 مكعب من المياه)، وبينما لا تفصح معظم شركات البترول عن مكونات هذه الخلطة، إلا أن إعلان شركة هاليبورتون عن مكونات خلطتها يكشف عن استخدام عدد من الكيماويات السامة والمسرطنة[28].

يجب التخلص من هذه السوائل، ويضيف إلى تلوثها اختلاطها بسموم تكون مدفونة في أعماق الأرض قبل التكسير الهيدروليكي، مثل الزرنيخ وراديوم226، الهيدروكربونات، وما يبلغ عدده 600 مركب كيميائي منها البنزين وعدد من المواد المسرطنة المعروفة. كما تعرض عدد من المجتمعات ففي الولايات المتحدة الأمريكية لتسرب الكيماويات الخطيرة من عمليات التكسير الهيدروليكي لمياههم الجوفية، ملوثة بذلك مياه الشرب[28].

صورة(II-2): تلوث المياه الجوفية[29].

II-7-1-3- تلوث مياه الشرب:

إن تقنية التكسير الهيدروليكي قد تسبب تلويث المياه الجوفية، نظرا لاستخدام الكيماويات في المياه التي يتم ضخها لتكسير الصخور، ما قد ينجم عنه فرص لتسرب تلك الكيماويات وتلويثها للتربة ومصادر المياه الجوفية.

وما يجب الإشارة إليه إن تلوث مياه الشرب، من شأنه نقل عدوى الإصابة بالأمراض السرطانية وأمراض أخرى متعددة[14].

وفي تقرير عن التكسير الهيدروليكي في مكامن غاز طبقات الفحم في عام 2002، نفت وكالة حماية البيئة الأمريكية وجود تأثير على أحواض المياه.

ولكن الشواهد توالت في عدة أماكن، وفي عام 2009 اشتكى سكان مقاطعة Parilion في ولاية وايومنغ من تغير رائحة وطعم مياه الشرب الواصلة إلى منازلهم، وعزوا ذلك إلى عمليات التكسير الهيدروليكي في آبار الغاز المنتشرة حولهم. فسارعت وكالة حماية البيئة إلى فتح تحقيق في الموضوع لخصت الشواهد الأولية إلى وجود مواد كيميائية سامة في مياه الشرب[25].

وفي دراسة قامت بها جامعة Duke في عام 2011، تبين إن 60 موقعا في نيويورك وبنسلفانيا وجدت فيها أثار للتلوث بغاز الميثان في مياه الشرب، ولحظت الدراسة إن آبار المياه التي تقع على بعد يقل عن 1 كم من مواقع التكسير الهيدروليكي بلغت فيها نسبة غاز الميثان 17 ضعف تلك النسبة في الآبار البعيدة عن مواقع التكسير[25].

صورة (II-3): تلوث مياه الشرب [30].

II-7-2– الغاز الصخري و أثاره على التربة:

II-7-2-1- المساحات الواسعة التي تحتلها آبار الغاز الصخري:

تتطلب عملية التكسير الهيدروليكي مساحة أراضي تتراوح مابين 04 - 1.2 هكتار في مرحلة الاستغلال، بالإضافة إلى استغلال الطرقات المؤدية لهذه الآبار المختلفة والتي تمثل حوالي 2 هكتار لكل كلم مربع من الاستغلال، ويمكن تخفيض هذه المساحات عن طريق حفر عدة آبار أفقية في اتجاهات مختلفة من بئر واحدة.

لهذه الصناعة تأثير معتبر على مساحات الأراضي المستعملة في الإنتاج، خاصة بمنافستها للمناطق الزراعية والعمرانية، وكذا مناطق الجذب السياحي بالنسبة للمناطق قليلة الكثافة السكانية[31].

II-7-2-2- إنتاج الغاز الصخري و نقل الرمال:

لقد أدى تطوير صناعة الغاز الصخري في ولايات المتحدة الأمريكية خاصة، إلى تفاقم إنتاج الرمال في استخراج الغاز الصخري، حيث انتقل مابين 2009 – 2011 من 7 ملايين طن الى28 طن من الرمال لمجموع 15000 عملية تكسير تقريبا، إذ تعد عملية الإنتاج، الإمداد وكذا الاستهلاك الأمريكي من الرمل تحديا حقيقيا، يمكنه إن يعيق تطوير صناعة الغاز الصخري، ومصدرا مهما للتكاليف الإضافية خاصة من جانب البنى التحتية المختلفة (مناجم، سكك حديد ... الخ)[19].

II-7-2-3- خطر الزلازل:

إن عملية التكسير الهيدروليكي قد تسبب في زلازل أرضية صغيرة تتراوح مابين 1– 3 درجات على سلم ريشتر، و في مدينة اركانزاس Arkkanses الأمريكية مثلا، تضاعف عدد الهزات الأرضية إلى أكثر من 10 مرات في السنوات الأخيرة، و يعتقد إن سبب هذه الهزات ما هي إلا نتيجة الارتفاع الملحوظ في عمليات الحفر و التنقيب عن الغاز الصخري في مدينة فايث فيل Fayetteville، فلو أخدنا منطقة فورثو روث Forth Worth فقد عرفت على الأقل 18 هزة أرضية صغيرة منذ عام (2008 – 2011)، أما مدينة كلوبورني Cleburné فقد تم تسجيل 7 هزات أرضية بها ما بين جوان و جويلية (2009). بالرغم من كونها لم تعرف أي نشاط زلزالي لقرابة 140 سنة السابقة.

أما خلال عام (2011)، فقد عرفت مدينة بلاك بول Black Pool، في المملكة المتحدة البريطانية هزة أرضية خفيفة، بلغت 1.5 درجة فوق سلم ريشتر، والتي قررت شركة كوادريلا ريسورس Cuadrulla Resources بسببها إيقاف نشاطها في عمليات التكسير الهيدروليكي في المنطقة المتضررة من الزلازل[19].

II-7-2-4- خطر المواد المشعة:

إن خطر المواد الإشعاعية الطبيعية Matiéres Radio Activies Naturlles (MRN) متواجدة في كل التكوينات الجيولوجية، كما إن العديد من النفط الصخري الأسود في الولايات المتحدة الأمريكية تشمل تركيزات من اليورانيوم بمعدل 0.0016 – 0.002، إذ عند القيام بتقنية التكسير الهيدروليكي، فان المواد المشعة الطبيعية مثل اليورانيوم، الثور يوم، و الراديوم، Uranim، Thoriw، Radium والمتركزة أساسا في الصخرة الأم، تتسرب إلى السطح.

و في مدينة نيويورك تم ملاحظة تواجد إشعاعات RN222 في أقبية المنازل، إذ إن كل المنازل المتواجدة فوق الغاز الصخري معرضة لإشعاعات اكبر من المعدل الطبيعي بمقدار الضعف مرتين على العتبة التي من المفروض لتعدد بها، و المحددة من طرف الوكالة الأمريكية لحماية البيئة EPA، والتي يؤدي ارتفاعها في الهواء عن النسب المحددة إلى زيادة تقدر ب 10% من سرطان الرئة للسكان[32].

II-3-7-الغاز الصخري و تأثيره على الهواء:

II-1-3-7- تسربات الغاز الصخري:

تسرب الغاز غير التقليدي إلى الجو يعد من بين المشاكل البيئية المضرة بصحة الإنسان. كغاز الميثان المسبب لظاهرة البيت الزجاجي، فهو أقوى بكثير من ثاني أكسيد الكربون بنسبة 25 إلى 30 ضعف، بالإضافة إلى أن غاز الميثان ينطلق من المياه العائدة إلى سطح ثانية خلال عملية التكسير و التنقيب، إذ تقدر نسبة الميثان الذي ينطلق مباشرة إلى الجو ب8.4 %من الإنتاج الكلي للميثان، و هذا من شانه إن يؤدي إلى تفاقم البيت الزجاجي بنسبة 20 – 100 % مقارنة بالفحم، و ذلك خلال العشرين سنة الأولى من النقيبات، إلا أن هناك آراء تشير إلى أن غاز الميثان له حياة قصيرة في الجو مقارنة بغاز ثاني أكسيد الكربون[14].

جدول(II-5): التلوث الهوائي الناتج عن عملية استخراج الغاز الصخري[33].

نوع التلوث	الانبعاثات الملونة	المصدر	الآثار المترتبة عن التلوث
الملـــــــوثات الهوائية	الغبار	- الشاحنات	- أثار صحية: اضطرابات الغدد – اضطرابات عصبية، القلب، الأمعاء، تنفسية. - أثار اجتماعية اقتصادية - تكاليف العلاج الأمراض. - تدهور قيمة العقار المحيطة بمنطقة
	غاز nox	- الشاحنات - آلات الحفر	
	غاز voc ومنه غازBetex	- الشاحنات - الانبعاث الصادرة أثناء عملية استخراج الغاز.	

		- تخزين مياه الاستخراج - عمليات الصيانة	الاستغلال.
	ملوثات أخرى خطيرة (HAP)	- المواد الكيميائية المضافة إلى خليط التكسير	
غـــــــازات الاحتبـــــــاس الحراري	غاز o_3 غاز CH_4	- مزيج بين غاز NOx وغاز cov - الشاحنات: الانبعاثات الصادرة أثناء عملية استخراج الغاز. - عملية الصيانة.	- المنـــاخ: زيادة مســـتويات الاحتبـــاس الحراري.

II-7-4- الغاز الصخري و تأثيره على الصحة العمومية:

إن الأشـخاص المعرضـين لمخـاطر اسـتخراج الغـاز الصـخري، هـم خاصـة العـاملون في حقـول وآبار الاسـتغلال، أيـن ترتفـع مسـتويات التلـوث، كمـا إن خطـر تعـرض الإنسـان إلى مخـاطر المـواد الأوليـة سـواء عـن طريـق الهـواء أو اسـتهلاك ميـاه الشـرب الملوثة شيء جد محتمل، وفيما يلي أخطر المواد الكيميائية، وآثارها على الصحة الإنسان[34].

II-7-4-1- اخطر المواد الكيميائية المستعملة في التكسير الهيدروليكي:

- البنزين (Benzène): مادة سامة على صحة الإنسان، قد تعمل على تدمير الخلايا الحمراء في جسمه مسببة مرض فقر الدم، أو على صفائح الدم مما يتسبب في تخثره Coagulation، وخاصة لها أثار خطيرة على كريات الدم البيضاء، إذ قد يتسبب في حدوث سرطان الدم.
- مادة الفورالدهيول Foraldehyole: قد يتسبب في أعراض حساسية جلدية، عند الإنسان، و قد تصل أحيانا إلى تطوير سرطان الدم.
- مادة أكسيد الايتيلان l'oxide d'ethylene: من مسببات مرض سرطان الدم.

- مادة الاكريلاميد l'acrylamide: لها اثر في إتلاف الأعصاب، و قد تكون مسببة للسرطان.
- مادة السيليكاريستالين (SIO_2) la silice sristalline:و التي قد تكون بعدة أشكال، لها تأثيرات على الرئة و الأمراض التنفسية، و في بعض الأحيان قد تؤدي إلى حالات السرطان.
- حامض السلفيريك l'acide sulfirique: المركزة منه قد يكون كذلك مسرطن[34].
- الاسيد كلوريدريك أو بالأحرى حمض الهيدروكلوريك Acid chlorhydrique و هو مايعرف " **بالاسيد** " في الجزائر ويستعمل في بطاريات السيارات. انه خطير بذاته، يحرق أو يتفاعل مع كل المواد العضوية و حتى المعدنية، وإذا ما لامس جلد أو جسم الإنسان فانه يتسبب في حروق كبيرة و خطيرة.
- حمض الهيدروفلوريك Acid fluorhdrique: له تقريبا نفس خصائص حمض الهيدروفوريك، و لكن بدرجة اقل قليا، و لكنه يبقى خطير جدا.
- الطوليان $ToluéneC_7H_8$: يمكنه إن يتسبب في عدة أمرض خطيرة تمس بالجهاز العصبي المركزي والتهابات في الرئتين إذا تم استنشاقه، أما إذا تم ابتلاعه مع الماء أو الغذاء فانه يسبب التهابا وحروقا في الجهاز الهضمي، هذا بالإضافة إلى السرطان في الأعضاء والأجهزة التي يتمكن منها وينتشر فيها، مثله مثل البنزان.
- وعموما فالكربوهيدرات الاروماتية Hydrocarbures aromatiques: معروفة بتأثيرها الخطيرة و المسرطن، وتعرف كيميائيا بحلقتها سداسية الشكل[35].

II-7-4-2- الأضرار الصحية الناتجة عن استخراج الغاز الصخري:

بالنسبة للآثار الصحة فان أكثر من 75% من المواد المضافة معروفة تؤثر سلبا على العيون، الجلد والأعضاء الحسية الأخرى والجهاز التنفسي، الجهاز الهضمي والكبد، 52 % منها تؤثر سلبا على الجهاز العصبي، في حين 37 % تحتمل إحداث اضطرابات الغدد. إن الجزء الكبير من الماء (50 -75) يبقى في العمق، الجزء المتبقي يصعد إلى الأعلى خلال الأيام الأولى من العملية، هذا الماء ملوث بمواد كيميائية المضافة بالأملاح وبالأشياء الملوثة الموجودة طبيعيا في التركيبة الجيولوجية مثل المعادن الثقيلة والعناصر الإشعاعية (اليورانيوم، الرصاص)[3].

تبين الدراسات التي أنجزت في الإكوادور، إن 5000 شخص قاطنين قرب آبار استغلال الغاز الصخري، على بعد 200 متر، كان ومعرضين لمخاطر معتبرة للملوثات الكيميائية، إذ ظهرت هناك أعراض صعوبة التنفس، الحساسية، الأم الرأس، نزيف الأنف، تشنجات عضلية، حالات دوار، إسهال، وهو ما دفع بالمصالح الصحية إلى إجراء تحاليل للهواء، ثم تحليل الدم، لتظهر النتائج فيما بعد نتائج تحاليل أكبر من المستويات الطبيعية، كما سجل موت الكثير من الحيوانات، وأعداد كبيرة من الطيور.

صورة(II-4): أضرار التلوث على الكائنات الحية.

لقد اقترح المحققون أكثر من 70 اقتراح، قصد التقليل من هذه الآثار، إلا إن هذا التقرير لم يفصل فيه بعد بسبب رفض المؤسسة استخراج الغاز الصخري، لنتائج هذا التحقيق، والتشكيك فيه. كما تلتها دراسات أخرى، أهمها دراسة جامعة ميسوري، والتي أكدت الآثار السامة لهاته المواد الكيميائية المستخدمة[34].

مراجع الفصل الثاني

[1]– عبد الجليل ساقني، "أحداث الغاز الصخري بعين صالح و دورها في تنمية الوعي لدى شباب المنطقة"، مجلة التمكين الاجتماعي، المجلد2، العدد4، ديسمبر (2020).

[2]– الغنجة هشام داود، "ثروة الغاز و النفط الصخريين: بين الاعتبارات الاقتصادية و التحديات البيئية –حالة الولايات المتحدة الأمريكية–"، السياسة العالمية، العدد1، يناير 2017، صفحة 43.

[3]– فوزي نور الدين، خميسة عقابي، "التوجهات نحو استغلال الغاز الصخري في الجزائر بين الضرورة الاقتصادية و المخاطر البيئية"،مجلة المفكر، المجلد11، العدد2.

[4]– احمد جابة، سليمان كعوان،"الغاز الصخري في الجزائر في ضوء التجربة الأمريكية (*)"، مجلة المستقبل العربي، العدد441، في تشرين الثاني نوفمبر2015.

[5]- مختار العايب، "غاز الشيست: حقيقة الأخطار والبدائل المتاحة "، مهندس حفر وإنتاج بترولي متقاعد 23 نوفمبر 2012، ساعة 11:53.

[6]- احمد طرطار، طارق راشي، "الغاز الصخري كمصدر جديد للطاقة العالمية المؤتمر الأول: السياسات الاستخدامية للموارد الطاقوية بين متطلبات التنمية القطرية وتامين الاحتياجات الدولة الورشة الأساسية الأولى، جامعة سطيف1، كلية العلوم الاقتصادية وعلوم التسيير، 2015.

[7]- الحدي نجوية، حاجي مأمون، جعيد بن يعقوب، "عصر الغاز الصخري"، مجلة البديل الاقتصادية، العدد2.

[8]- ترايمان بويحي وخالد الشتوي، "دراسة موارد الطاقة نظرة مركزة على الغاز الصخري"، مجلس الطاقة العالمي، لندن، المملكة المتحدة، سنة(2010) .

[9]- سابق نسيمة، عبد العزيز ضياقي، "تحديات استغلال الغاز الصخري في الجزائر بين الحتمية الاقتصادية والعوائق البيئية"، مجلة دراسات وأبحاث المجلة العربية في العلوم الإنسانية و الاجتماعية .

[10] – معهد الدراسات المصرفية، "الغاز الصخري"، العدد8، السلسلة السادسة، الكويت، سنة (2014)

[11]– خاطر أسمهان، خاطر طارق، "الغاز الصخري في الجزائر بين المنافع والإضرار"، مجلة دراسات وأبحاث اقتصادية في الطاقات المتجددة، العدد04، جوان (2016).

[12]- بوجعدار خالد، سعيدي سياف حنان، "الغاز الصخري في الجزائر بين الحتمية الاقتصادية والمخاطر البيئية"، مداخلة مقدمة إلى مؤتمر الدولي الأول: السياسات الاستخدامية للموارد الطاقوية بين متطلبات التنمية القطرية وتامين الاحتياجات الدولية، جامعة قسنطينة2، الجزائر، 2015، صفحة9.

[13]- كميلية بوكرة، لامية عاتي، "التوجهات العالمية نحو استغلال الغاز الصخري بين مؤيد ومعارض"، مجلة البحوث الاقتصادية والعالمية JEFR، العدد1، جوان (2014).

[14]– كريمة عباسي، "نحو التوجه لمصادر طاقة بديلة بالجزائر – استخراج الغاز الصخري كنموذج لدراسة–"، السياسة العالمية، العدد1، جوان (2020)، ص124-125.

[15]– نبيل بن مزوق، الصادق زوين، صالح سراي، "الاستثمار في الغاز الصخري في الجزائر بين المنافع الاقتصادية والأضرار البيئية"، مجلة الاقتصاد والدولي والعولمة، المجلد3، العدد4، سنة (2020).

[16]– اوسياف عمار ياسين، " الغاز الصخري في الجزائر: بين بديل لتنويع المداخيل وإشكالية تلوث البيئة"، مجلة دراسات وأبحاث اقتصادية في الطاقات المتجددة، المجلد6، العدد1، جوان (2016).

[17]– امجد قاسم، "الغاز الصخري مصدر واعد للطاقة مثير للجدل"، العالم العربي الجزيرة، تاريخ 21- 03 – 2021، ساعة:18:07.

[18] – سلمان البداوي، "ما هو الغاز الصخري"، البترول ومشتقاته، 9 مارس2020، تاريخ 25 ماي 2021، ساعة 18:42.

[19] - نول صياد، صبري مقيمح، " استغلال الغاز الصخري بين الضوابط البيئية والاجتماعية والكفاءة الاقتصادية"، ألفا للوثائق، مكرر نهج سايغي احمد س م ك قسنطينة، الجزائر، الطبعة الأولى، سنة (2020).

[20] - ATC Association Toxicologie Chimie, 2011 : l'exploration et l'exploitation des huiles et gaz de schiste ou hydrocarbures de roche-mère par fracturation hydraulique, Paris, [10,27]p.

[21] - Rapport de base du groupe de travail interdépartemental « Fracturation hydraulique en Suisse», concernant le postulat Trede 13.3108 du 19 mars 2013

[22] - Cherry, J., Ben-Eli, M., Bharadwaj, L., Chalaturnyk, R., Dusseault, M. B., Goldstein, B., ... & Young, P. (2014). Environmental Impacts of Shale Gas Extraction in Canada. The Expert Panel on Harnessing Science and Technology to Understand the Environmental Impacts of Shale Gas Extraction.

[23] – Mémoire Sur Le gaz de schiste, Problémes d'exploitation – Nuisances- Risques, Mise à jour 15 juin2015.

[24] – Rahmouni Sofine, Etude des impacts environnementausc de gaz de schiste, Presente Pour L'obtention du Diplôme de mzister, En Hygiene et securite industrielle option: gestion des risques, 2015.

[25] – منظمة الأقطار العربية المصدرة للبترول (أوبك)، "التشقيق الهيدروليكي وأثاره البيئية المحتملة"، دولة الكويت: تموز/يوليو2017، صفحة 115- 116.

[26] - Colborn, T., Kwiatkowski, C., Schultz, K., & Bachran, M. (2011). Natural gas operations from a public health perspective. Human and ecological risk assessment: An International Journal, 17(5), 1039-1056.

[27] – عبد الرزاق صحراوي، عباس افعة، "الاستثمار في الغاز الصخري من منظور مبادئ التنمية المستدامة:الجزائر نموذجا"، مجلة الباحث للدراسات الأكاديمية، المجلد7، العدد1، سنة2020.

[28] – المبادرة المصرية للحقوق الخصية: وحدة العدالة البيئية، التكسير الهيدروليكي ما هو لماذا يجب وقف العمل به، مصر، 19 سبتمبر2012.

[29] - Chapelle, S., & Petitjean, O. (2015). Total et le gaz de schiste algérien. Social, ecological and political Multinationals observatory, March.

[30] – By Jore Daniel Taillant, Megan glaub and suzanna buck, human rights and the business of fracking, Applying the UN Giding Principles on Business and Human Rights to Hydraulic Fracturing, August 2015,The Center for Humanrights and Environment (CHRE/CEDHA).

[31] – Benjamin Dessus: « Que penser de l'affaire des gaz de schiste », les cahiers de Global chance, No33, France, Mares 2013, p5, 6.

[32] – Stefen Lechtenbohmer : « L'incidence de l'extraction de gaz de schiste et de pétrole de schiste bitumineux sur l'envionnement et la santé humaine etude », Direction generale des politiques internes, Bruxelles, Belgique, Juin2011, p34, 35.

[33] – Coulon Cécile et Monin Pierre : « la pollution atmosphérique induite par l'exploitation du gaz de schiste », atelier des cerces centre d'enseignement et de recherches sur l'environnement et la société environnemental research and teachnig institute, erti, ensécole ntionle supérieure, Paris, ler semestre 2015, p19.

[34] – Mohammed Said BAGHOUL : « Quelques aspects techniques, environnementaux et économiques concernant la fracturation hydraulique », repport sur l'experirence d'exploitation du gaz de schiste et la fracturation hydraulique, rapport, Tamenrasset, février2015, p12.

[35] – نسيمة السابق، "الأمن الطاقوي في الجزائر ثنائية الغاز الصخري والهواجس البيئية"، مجلة دراسات وأبحاث المجلة العربية في العلوم الإنسانية و الاجتماعية، المجلد12، عدد4، اكتوبر2020.

الدراسات الميدانية

تمهيد:

تصنيف الجزائر ضمن البلدان الأوائل في احتياطي الغاز الصخري, فسنستعرض في هذا الفصل موارد الجزائر من الغاز غير التقليدي و مختلف الشركات الناشطة في مجال التنقيب والاستكشاف عن الغاز الصخري في الجزائر بالإضافة إلى تلخيص الدراسات السابقة التي أجريت حول مخاطر استعمال تقنية التكسير الهيدروليكي في استخراج الغاز الصخري وتسببها في كوارث وأخطار بيئية كبيرة.

III–1 – تاريخ بداية التنقيب عن الغاز الصخري في الجزائر:

في سنة 2009 بدأت الجزائر عملية التنقيب عن الغاز الصخري من خلال إبرام اتفاقية مع شركة الطاقة الايطالية ENI، حيث إن النتائج الأولية كانت مشجعة باعتبار الإنتاج من الغاز الصخري بالجزائر ستكون نتيجة مضاعفة الكميات في السنوات العشرين المقبلة إلى 160 بليون متر مكعب بحلول عام 2030 مما يجعل الجزائر تحتل مكانة تنافسية هامة في أسواق الغاز العالمية[1].

يتطلب التنقيب عن الغاز الصخري بالجزائر البحث عن الإمكانيات الناجعة لحسن استغلاله ويجب عدم التسرع في هذه العملية التي تتطلب أساس استخدام تكنولوجيا وتقنيات متطورة ومعرفة دقيقة حول التكاليف والتأثيرات على الصعيدين الجيولوجي والبيئي[1].

III– 2 – شركات التنقيب عن الغاز الصخري في الجزائر:

إن أهم شركات التي لديها تراخيص للتنقيب عن الغاز الصخري في الجزائر هي روايال داتش شال Royal Dutch Shell، وشركة أوني Eni، وتاليسمانTalisman، إذ بدأت شركة أوني Eni بالفعل في مرحلة الاستكشاف, كما قامت شركة سونطراك بحملة من الاتصالات مع شركة غازبروم Gasprom، ولوك أويل Lukoil، اللذين قدما مناقصات لاستكشاف وتطوير بعض الحقول في الوطن، والتي منها حقول الصخر الزيتي،

كما وقعت شركة سونطراك كذلك عقود تعاون، لدراسة وتقييم إمكانيات الغاز الصخري وسوائل الغاز بالشراكة مع كل من شركة أوني Eni، وتاليسمان Talisman، و روايال داتش شال Royal Dutch Shell، و كذا انادارکو Anedarko.[2]

جدول(III-1): أهم شريكات التنقيب عن الغاز الصخري في الجزائر ونشاطها[2].

الشركة	طبيعة النشاط
روايال داتش شال Rayal Dutch Shell	عقد تعاون مع شركة سونطراك، ورخصة تنقيب بفائدة 19%، الرخصة لحوض اليزي وغدامس، أما أصحاب المصلحة الآخرين فهما ستات أويل Statoil (30% المشغل) و سونطراك 51%.
شركة أوني Eni	عقد تعاون مع شركة سونطراك، ورخصة تنقيب، وقد بدأت عملية التنقيب فعلا.
شركة تاليسمان Talisman	عقد تعاون مع شركة سونطراك، ورخصة تنقيب.
شركة انادارکو Anadarko	عقد تعاون مع شركة سونطراك.
شركة ستات أويل Statoil	مشغل بنسبة فائدة 30% لرخصة الحفر في حوض اليزي وغدامس، أما أصحاب المصلحة الآخرين فهما روايال داتش شال Royal Dutch Shell 10%، وشركة سونطراك 51%.
شركة سونطراك Sonatrach	51% فائدة لرخصة تنقيب في حوض اليزي وغدامس، أما أصحاب المصلحة الآخرين فهما روايال داتش شال Royal Duth Shell 10%، وستات أويل Statoil 30%.

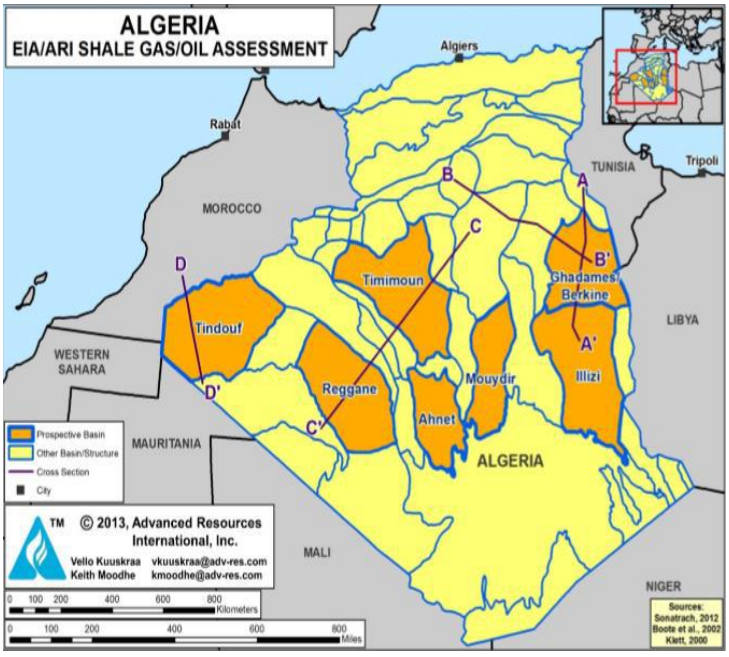
III- 3- مواقع التنقيب عن الغاز الصخري في الجزائر:

تتواجد احتياطيات الغاز الصخري المحددة في الجزائر في 7 أحواض:

- ✓ حوض بركين وحوض اليزي في الجنوب الشرقي للجزائر.
- ✓ حوض تيميمون و حوض احنات و حوض مويدير في وسط الصحراء الجزائرية.
- ✓ حوض رقان وتندوف في الجنوب الغربي الجزائري[3].

جدول(III–1): مواقع أحواض الغاز الصخري في الجزائر.

الأحواض	المساحة Km	خطوط الطول	خطوط العرض
تيميمون	13.9	29°20'41"	0°04'48"
تندوف	583	33°29'43"	9°56'46"
رقان	653	26°52'35"	0°12'17"
اليزي	1054	26°29'15"	8°05'13"
احنات	2,57	28°40'45"	8°52'24"
بركين	3,14	33°45'56"	3°50'42"
موريدير	11,4	25°13'29"	4°08'50"



الشكل(III-1): أحواض الغاز الصخري في الجزائر.

III – 4 – تداعيات إنتاج الغاز الصخري في الجزائر:

بموجب القانون رقم 01 – 13 المؤرخ في 20 فبراير سنة 2013 المعدل والمتمم للقانون رقم 07 – 05 المؤرخ في 28 ابريل سنة 2005 و المتعلق بالمحروقات لاسيما المادة 23 منه، أصبح من الممكن استغلال الغاز الصخري في الجزائر، بعد الموافقة من قبل مجلس الوزراء.

تشير بعض التقارير انه في ماي من سنة 2014 أعلنت الحكومة مع الشركاء الأجانب، بحيث سبعة أحواض في الصحراء الجنوبية معنية بمشاريع التنقيب وهي: تندوف، رقان، تيميمون، احنات، مويدير، بركين واليزي.

غير أن عملية الاستغلال لهذا النوع من الغاز لن تنطلق إلا بعد إجراء الدراسات المعمقة بما يتعلق بالتكاليف الهامشية والآثار السلبية على البيئة[4].

III – 5 – مخاطر إنتاج الغاز الصخري في الجنوب الجزائر:

III – 5 –1- مخاطر استخراج الغاز الصخري على الثروة المائية:

نظرا لأهمية القصوى التي تكتسبها الثروة المائية الجزائرية باعتبارها العنصر الأساسي حياة الإنسان وحيوان والنبات، ناهيك عن الحاجة إلى استخدامها بشكل واسع في قطاع الصناعة، فان توفير المياه يأتي في صدارة الأولويات. ووفقا لدراسة أجرتها منظمة الأمم المتحدة للأغذية والزراعة FAO فان نصيب الفرد الجزائري من هذه المياه سنويا يقدر ب 283.6 متر مكعب في السنة وفقا لإحصائيات سنة 2014، وهذه الكمية في تراجع مستمر من سنة إلى أخرى وفقا لذات المصدر، مما يجعل الجزائر وفقا لهذا المؤشر من بين الدول التي تقع تحت خط الفقر المائي[5].

وبالنسبة لمنطقة الجنوب الجزائري، فان المصدر الأساسي للمياه الجوفية المتوفرة في الصحراء بكميات هائلة. ويتراوح عمق تواجدها بين 10 أمتار إلى 2000 متر تحت سطح الأرض، وتتوزع على امتداد واسع من الغرب إلى

الشرق بمناطق المنيعة، ادرار، عين صالح، بسكرة، ورقلة، إلا أن تغذية هذه الطبقات بمياه الأمطار جد محدودة، لوقوعها في باطن الأرض بمسافات معتبرة، بمعدلات الأحجام التي تسحب منها[6].

III- 5 –2– الغاز الصخري في الجزائر وتلويث الهواء:

ا – **التلوث المباشر**: ويكون عن طريق:

- ✓ تبخر المواد الكيميائية الممزوجة بسوائل التكسير في مختلف مراحل إنتاج الحقول، ومن بين ملوثات الهواء نذكر, الهيدروكربونات (cov) les composes organiques volatils، مثل غاز البنزين Benzene، غاز Nox، Sox، O_3 .... وغيرها.
- ✓ تسربات الغازات على مستوى آبار الاستخراج، وعند نقلها في انابيب الغاز.
- ✓ تسربات غاز وقود الشاحنات.
- ✓ تبخر المواد الكيميائية الممزوجة مع أوحال الحفر للآبار.

ب – **تلوث غير مباشر**: ويكون عن طريق:

- ✓ تسربات غاز الميثان CH_4، والتي قدرت حسب بعض الدراسات بحوالي 6%، هذا الغاز الذي يعتبر من غازات الاحتباس الحراري، قد تجاوز ب20% الغازات الناتجة عن الفحم، كما انه يتجاوز غاز ثاني أكسيد الكربون بحوالي 22مرة[7].

III – 6 - الدراسات السابقة:

III – 6 – 1 - في دراسة(Eric J. Esswein and all)[8]: تم اخذ 111 عينة من مناطق التنفس الشخصية لإجراء تقييمات التعرض للسيليكا البلورية القابلة لتنفس لمدة ثلاثة أيام متتالية من 11 موقع في خمس ولايات (جنوب غرب تكساس، بنسلفانيا، كولورادو، داكوتا الشمالية، اركنساس). حيت تم جمع عينات ذات التحول الكامل للجسيمات القابلة للتنفس في وقت واحد باستخدام مضخات اخذ العينات الشخصية AirchekXR5000 المتصلة

بمرشحات البولي فينيل كلوريد وبعد ذلك تم تحليل هذه العينات بطريقة التحليل الوزني للجسيمات الكلية و طريقةNMAM 7500 تحليل حيود الأشعة السينية للسيليكا البلورية.

❖ نتائج المتحصل عليها:

- منطقة التنفس الشخصية السيليكا القابلة للتنفس حسب موقع العمل:

لم يتم العثور على فروق ذات دلالة إحصائية ($p\leq0.05$) في التركيزات الإجمالية للسيليكا القابلة للتنفس بين مواقع

Marcellus shale, DJ Basin1and 2, Fayetteville shale, Eagle Ford لأن جميع هذه المواقع باستثناء Eagle Ford تختلف عن Balkan حيث كان الخزف هو مادة الدعم الأساسية المستخدمة فيذلك الموقع.

الجدول(III-3): يوضح المواقع وإعداد العينات التي تم جمعها والنسب المئوية التي تجاوزت TLV أو REL أو PEL المحسوبة.

تجاوزت 95 عينة من 111 (83.8%) عينة TLV، وتجاوزت 76 (68.5%) REL، وتجاوزت 57 (51.4%) معدل PEL المحسوبة للغبار القابل للتنفس المحتوي على سيليكا.

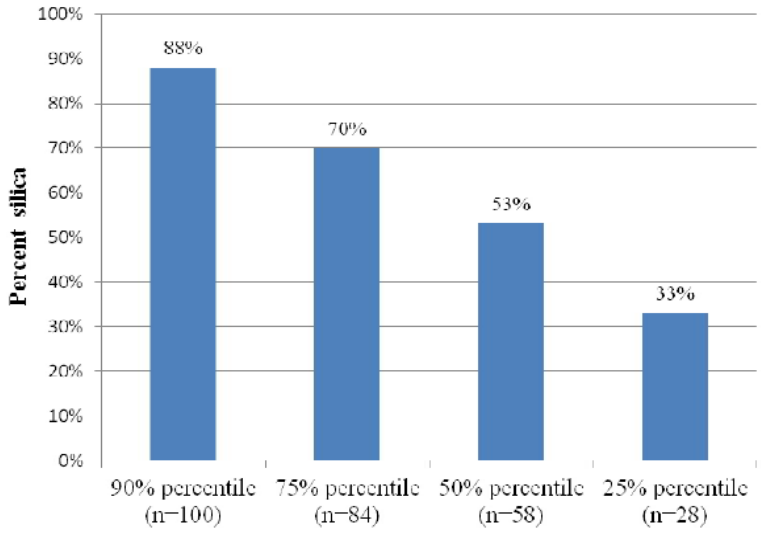
الجدول(III-3): يوضح المواقع وإعداد العينات التي تم جمعها والنسب المئوية التي تجاوزت TLV أو REL أوPEL المحسوبة.

Site	ACGIH TLV	NIOSH REL	OSHA PEL	Total No. Samples
Fayetteville, Ark.	24 (92.3%)	19 (73.1%)	14 (53.9%)	26
DJ Basin 1, Colo.	16 (84.2%)	14 (73.7%)	12 (63.2%)	19
Eagle Ford, Texas	5 (62.5%)	5 (62.5%)	4 (50.0%)	8
DJ Basin 2, Colo.	19 (90.5%)	14 (66.7%)	9 (42.9%)	21
Marcellus, Pa.	25 (92.6%)	23 (85.2%)	18 (66.7%)	27
Bakken, N.D.	4 (40%)	1 (10%)	0	10
Totals	93 (83.8%)	76 (68.5%)	57 (51.4%)	111

كان الكوارتز هو معدن السيليكات الوحيد الذي تم تحديده، حيث إن متوسط النسبة المئوية للكوارتز في 111 عينة في منطقة التنفس الشخصية 53% الشكل (III-2)، وتجاوزت تركيزات السيليكا القابلة للتنفس المحمولة جوا في

مكان العمل مستويات OELs بعامل10 أو أكثر مع تعرض عمال محركي الرمال ومشغلي أحزمة النقل لأعلى نسبة تعرض.

على الرغم من أن العمال يرتدون عادة أجهزة تنفس نصف قناع من اللدائن المرنة او تنقية الهواء، نظرا لحجم تركيزات السيليكا المقاسة، فقد لا تكون الأقنعة النصفية واقية بما فيه الكافية لأنه، في بعض الحالات، تتجاوز تركيزات السيليكا البلورية القابلة للتنفس. أقصى تركيز للاستخدام (10 أضعاف OEL) لهذا النوع من أجهزة التنفس.



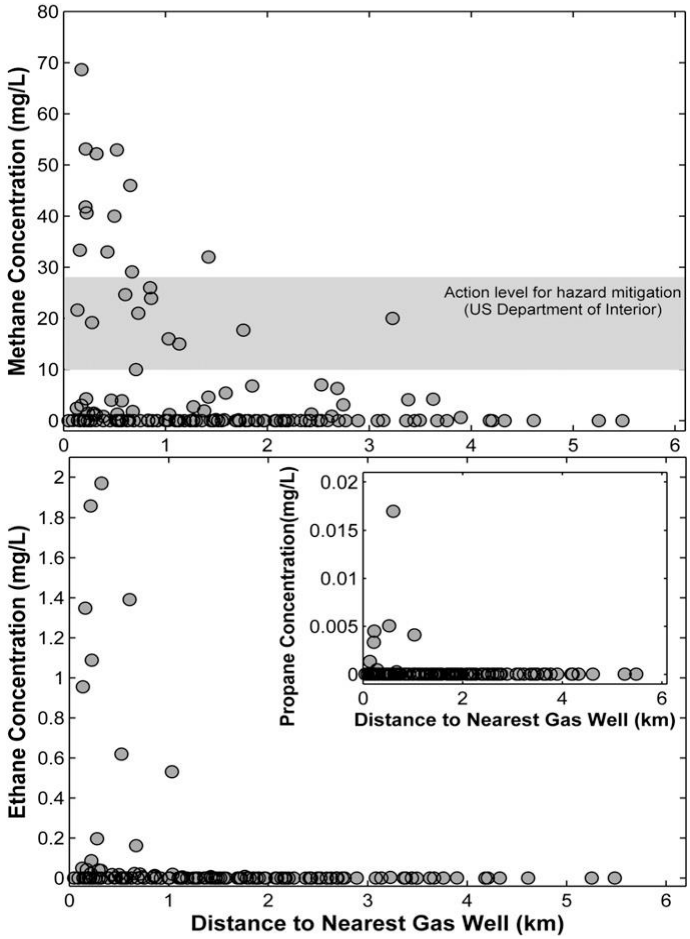
الشكل(III-1): الكميات وتوزيع نسبة السيليكا في عينات منطقة التنفس الشخصي(n=111).

III- 6 – 2 - في دراسة (Robert B. Jacksona and all)[9]: تم جمع 81 عينة من آبار مياه الشرب في 6 مقاطعات في ولاية (برافور، ولاكاوانا، سوليفان، سسكويهانا، وين، وايومنغ) ودمجت النتائج مع 60 عينة سابقة موصوفة في عمل اوزبورن وآخرون، بعد ذلك تم تحليل 141 مياه شرب في جميع أنحاء المقاطعة الفيزيوغرافية في شمال شرق بنسلفانيا، وفحص تركيزات الغاز الطبيعي وتوقيعات النظائر بقربها من آبار الغاز الصخري.

النتائج المتحصل عليها: تم الكشف عن الميثان المذاب في مياه الشرب 82% من المنازل التي تم اخذ عينات منها (115 من 141)، وكانت تركيزات الميثان في آبار مياه الشرب للمنازل اقل من 1Km من آبار الغاز (59 من 141) أعلى ب6 مرات في المتوسط من تركيزات المنازل البعيدة ومن بين 12 منزلا كانت تركيزات الميثان فيها اكبر من

28Mg/L(الحد الأدنى للعلاج الفوري الذي حددته وزارة الداخلية الأمريكية)، كان 11 منزلا على <مسافة 1Km من بئر غاز الصخري نشط، كان استثناء الوحيد هو المنزل الذي تبلغ قيمته 32 Mg/L على مسافة 1.4Km.

- على غرار نتائج الميثان، كانت تركيزات الإيثان (C_2H_6) و البوربان (C_3H_8) أعلى أيضا في مياه الشرب للمنازل بالقرب من آبار الغاز الطبيعي.
- تم الكشف عن الإيثان في 40 من أصل 133 منزلا 30%، تم اخذ عينات من الإيثان والبروبان بمقدار 8 منازل اقل من تلك الخاصة بالميثان).
- تم الكشف عن البروبان في آبار المياه في 10 من 133 منزلا، كلها تقريبا اقل من1Km من بئر الغاز الصخري.
- كانت تركيزات الإيثان أعلى بمقدار 23 مرة في المتوسط للمنازل التي تقل عن 1Km من بئر الغاز الطبيعي.



الشـكل (2-III): تركيـزات الميثـان(العلوي)، والإيثان(السـفلي)، والبروبان(السـفلي) (L/Mg) في آبار ميـاه الشـرب مقابـل المسـافة إلى آبار الغاز الصخري (Km).

النطـاق الرمـادي في الجـزء العلـوي هـو النطـاق للنظـر في تخفيـف المخـاطر الموصـى بهـا مـن قبـل وزارة الداخليـة الأمريكيـة (10-28 mgCH4/L)، يوصى بمعالجة فورية لأي قيمة > من 28 mgCH4/L.

III – 6 – 3 - في الدراسة (Alis Rich and all)[10]: تم إجراء مراقبة الهواء المحيط في المناطق السكنية بالقرب مـن منشـات إنتـاج الغـاز الطبيعـي باسـتخدام عبـوات سـوما6 لـتر مـن الفـولاذ المقـاوم للصـدأ ومعقمـة مـع منظمـات تـدفق 24 سـاعة لقيـاس التـدفق الجمـاعي المعتمـد 24 سـاعة تم تنظـيم صـمامات التـدفق للسـماح بأخـذ العينـات بشـكل مسـتمر خلال فترة 24 على بعد 61 مترا من استخراج الغاز الصخري من سبع مواقع.

النتائج المتحصل عليها:

- أكدت اخذ عينات الهواء وجود الميثان و 101 مادة كيميائية أخرى في الغلاف الجوي في المواقع السكنية التي تم اخذ العينات منها في DFWMetroples حيث كان استخراج الغاز الصخري وإنتاجه غير تقليدي هو نشاط الانبعاث السائد. وتم إدراج مايقرب 20 من 101 (20%) مادة كيميائية تم تحديدها على أنها ملوثات الهواء الخطرة ووفقا لوكالة حماية البيئة، بما في ذلك البنزين و1.3- بوتدين و ثاني كبريتيد الكربون، وكبريتيد الكربونيل، والكلوروميثان، رابعي كلوروالايثان، الطولين، الزيلين.
- الميثان كان موجود بتركيزات أعلى من حدود الكشف المخبري في 98% من أحداث اخذ العينة.
- البنزين موجود في 38 من أصل 50 موقعا تم اخذ عينات منه 76%. وكان وجود العديد من مواد الكيميائية غير مكشوفة.

الجدول(III-4): المركبات الكيميائية.

CAS No.	Chemical	Min (ppb_v)	Max (ppb_v)	Median (ppb_v)	Mean (ppb_v)	*SD*	No. of ND
74828	Methane (ppm_v)	1.9	457	2.7	11.99	63.58	1
71432	Benzene	0.6	592	0.89	18.53	83.75	11
67663	Chloroform	0.2	2.58	0.3	0.45	0.46	46
74873	Chloromethane/Methyl chloride	0.25	5.33	0.6	0.68	0.71	17
75718	Dichlorodifluoromethane (F12)	0.25	1.13	0.45	0.48	0.17	9
76142	Dichlorotetrafluoroethane (F114)	0.2	1	0.3	0.36	0.17	47
107062	1,2-Dichloroethane (EDC)	0.2	1	0.3	0.34	0.15	49
75092	Dichloromethane/Methylene chloride	0.2	1	0.3	0.34	0.15	49
100414	Ethylbenzene	0.2	113	0.53	4.42	16.03	23
87683	Hexachlorobutadiene	0.25	2.6	0.7	0.73	0.46	42
100425	Styrene	0.2	43.4	0.37	1.91	6.22	26
79345	1,1,2,2-Tethrachloroethane	0.2	2.06	0.3	0.37	0.28	49
127184	Tetrachloroethene (PCE)	0.2	2.43	0.3	0.33	0.39	47
108883	Toluene/Methylbenzene	0.34	276	2.55	19.45	48.77	3
108678	1,3,5-Trimethylbenzene	0.2	9.95	0.59	1.43	2.12	25
95636	1,2,4-Trimethylbenzene	0.2	60.4	0.4	3.45	10.79	27
120821	1,2,4-Trichlorobenzene	0.28	13.5	0.67	1.12	1.93	10
79016	Trichloroethene (TCE)	0.2	60.9	0.3	1.58	8.48	47
75694	Trichlorofluoromethane (F11)	0.2	1	0.3	0.34	0.15	45
1330207	*m*- and *p*-Xylene	0.25	221	1.68	15.69	43.1	7
95476	o-Xylene	0.2	39.4	0.85	3.19	6.7	15
75150	Carbon disulfide	0.7	103	4	11.75	20.5	22
463581	Carbonyl sulfide	0.3	36.7	1.41	4.22	7.1	40
624920	Dimethyl disulfide	0.3	200	1.93	15	31.56	29
20333395	Methyl ethyl disulphide	0.3	145	1.78	11.18	24.27	31
611143	Ethylmethylbenzene	0.3	42.8	1.4	3.15	6.74	47
2179604	Methyl propyl disulfide	0.3	41.6	1.4	2.59	5.71	49
110816	Diethyl disulfide	0.3	32.7	1.5	3.15	5.92	43
53966362	Ethyl, methylethyl disulfide	0.3	46.7	1.4	3.68	8.87	46
3658808	Dimethyl trisulfide	1.2	46.3	1.52	8.02	14.86	37
30453317	Ethyl *n*-propyl disulfide	0.3	25.2	1.4	2.25	3.48	48
95636	Trimethylbenzene	0.3	366	1.4	15.18	58.39	46
11020214	Undecane	0.3	72	1.4	3.05	9.88	49
2082613	1-Methyl propenylbenzene	0.3	51	1.4	2.63	6.96	49
112403	Dodecane	0.3	29	1.4	2.19	3.91	49
767599	1-methyl-1H Indene	0.3	79	1.4	3.19	10.86	49
768490	2-Methyl propenyl benzene	0.3	95.9	1.4	3.53	13.22	49
103651	Propylbenzene	0.3	23.5	1.4	2.08	3.16	49
25340174	Diethylbenzene	0.3	93.4	1.4	4.14	13.56	48
19876	Methyl-methylethylbenzene/methylcumene	0.3	84.7	1.4	3.31	11.65	48
110189	Tetramethylbenzene	0.3	36.4	1.4	2.76	5.69	48
91203	Napthalene/Trimethylbicyclo[2.2.1]heptane	0.3	30.3	1.4	2.5	4.27	47
109068	Methylpyridine	0.3	210	1.4	5.81	29.18	49
108485	Diemethyl pyridine/Aldrich	0.3	48.2	1.4	2.56	6.43	49
100710	Ethylpyridine	0.3	69.4	1.4	3	9.52	49
78784	2-Methylbutane	0.3	3620	1.4	88.04	507.51	44
109660	Pentane	0.3	198	1.4	7.73	28.59	45
108087	2,4-Dimethylpentane	0.3	50	1.4	2.61	6.82	49
963772	Methyl cyclopentane	0.3	22	1.4	2.4	3.75	48
561764	2-Methylhexane	0.3	35.3	1.4	2.71	5.44	48
565693	2,3-Dimethylpentane	0.3	98	1.4	3.57	13.51	48
589344	3-Methylhexane	0.3	2300	1.4	49.02	321.63	46

CAS No.	Chemical	Min (ppb_v)	Max (ppb_v)	Median (ppb_v)	Mean (ppb_v)	*SD*	No. of ND
108872	Methylcyclohexane	0.3	38	1.4	2.42	5.15	48
540841	2,2,4-Trimethylpentane	0.3	17	1.4	1.95	2.29	49
	C3 Hydrocarbon	0.3	51.4	1.4	5.57	9.7	42
	C4 Hydrocarbon	0.3	137	1.4	6.6	21.61	44
	C5 Hydrocarbon	0.3	6780	1.65	145.24	947.97	28
	C6 Hydrocarbon	0.3	294	1.6	18.06	51.83	30
	C7 Hydrocarbon	0.3	2390	1.5	56.64	333.96	38
	C8 Hydrocarbon	0.3	1420	1.5	39.44	199.78	36
	C9 Hydrocarbon	0.3	761	1.41	19.78	106.43	42
	C10 Hydrocarbon	0.3	191	1.5	11.75	30.7	37
	C11 Hydrocarbon	0.3	53.6	1.4	3.92	9.51	46
	C12 Hydrocarbon	0.3	395	5	23.81	59.1	22
	C13 Hydrocarbon	0.3	231	1.57	10.88	35.03	40
76641	Acetone	0.3	20.7	1.4	2.04	2.81	49
74986	Propane (ppm_v)	1	62.9	1.4	2.97	8.65	48
106978	Butane (ppm_v)	1	69	1.4	2.95	9.45	48
74840	Ethane (ppm_v)	1	34.6	1.4	2.24	4.66	49
75285	Isobutane	0.3	34	1.5	3.95	6.38	38
79925	Camphene	0.3	5.2	1.4	1.65	0.81	49
592574	Cyclohexadiene	0.3	7.1	1.4	1.76	1.1	49
103651	Propynylbenzene	0.3	7.2	1.4	1.74	1.13	49
226666	Diethyl trisulfide	0.3	8.23	1.41	2.14	1.62	43
513359	Methylbutane	0.3	16	1.4	1.93	2.16	49
2511957	Dimethylcyclopropane	0.3	29	1.4	2.19	3.91	49
75832	Dimethylbutane	0.3	15	1.4	1.91	2.03	49
107835	Methylpentane/Isohexane	0.3	199	1.4	6.1	27.79	48
110543	Hexane	0.3	35	1.4	2.46	4.81	48
138863	Limonene	0.3	12.9	1.4	2.14	2.15	47
	Dimethylpentatnone	0.3	42.8	1.4	2.47	5.82	49
	Bromohexene	0.3	5.2	1.4	1.69	0.84	49
3728550	Ethylmethylcyclohexane	0.3	6.1	1.4	1.82	1.15	48
4316658	Trimethylhexene	0.3	11.9	1.4	1.85	1.64	49
1072168	Dimethyloctane	0.3	20.4	1.4	2.02	2.74	49
7785708	1-*R*-alpha-pinene/2-Pinene/ 2.6.6Trimethylbichyclo[3.3.1]hept-2-ene	0.3	29	1.4	2.18	3.91	49
496117	Indane	0.3	15.2	1.4	1.9	2.06	49
590738	2,2,-Dimethylhexane	0.3	168	1.4	4.97	23.3	49
251412	Thieno[3,2] thiopene	0.3	56.5	1.5	5.18	10.7	43
78853	Methacrolein	0.3	1710	1.4	35.74	239.18	49
106467	1,4-Dichlorobenzene	0.2	4.43	0.3	0.55	0.66	45
591764	Methylhexane	0.3	25	1.4	2.11	3.66	46
75694	Trichlorofluoromethane	0.3	5.2	1.4	1.64	0.79	49
75456	Difluorochloromethane	0.3	45	1.4	2.51	6.12	48
137631	Tetramethylcyclopentane	0.3	9.24	1.4	1.79	1.33	49
4926787	Ethylmethylcyclohexane	0.3	5.68	1.4	1.78	1.04	48
6069983	Methylmethylethylcyclohexane	0.3	6.17	1.4	1.73	1.01	49
543599	Chloropentane	0.3	5.2	1.4	1.65	0.8	49
592574	1,3-Cyclohexadiene	0.3	5.8	1.4	1.73	0.98	49
60779240	Methyl *n*-butyl disulfide	0.3	15.5	1.4	1.92	2.1	49
72437640	Propyl *n*-butyl disulfide	0.3	14.6	1.4	1.9	1.98	49
629196	Dipropyl disulfide	0.3	23.1	1.4	2.07	3.11	49

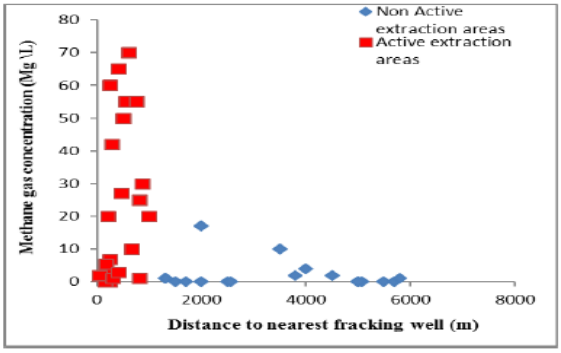
III – 6 – 4 - في دراسة (AL-BajalanAR*)[11]: حالة في شمال شرق بنسلفانيا ونيويورك ووايومنغ في الولايات المتحدة الأمريكية لتحديد تأثير عملية التكسير على مياه الشرب الجوفية، تم جمع عينات المياه الجوفية الضحلة والعميقة و جمع عينات مياه الشرب على مسافات مختلفة من بئر التكسير النشط، بعد ذلك تحليل المعطيات عن طريق قياس الخصائص الجيو كيميائية للمياه الجوفية. لتحديد تركيز غاز الميثان المذاب، وهو التركيب الرئيسي للغاز الصخري في مياه الشرب الجوفية.

مواقع اخذ العينات:

الحالة 1: من موقع شمال بنسلفانيا ونيويورك تم جمع 68 عينة مياه شرب جوفية بأعماق مختلفة.

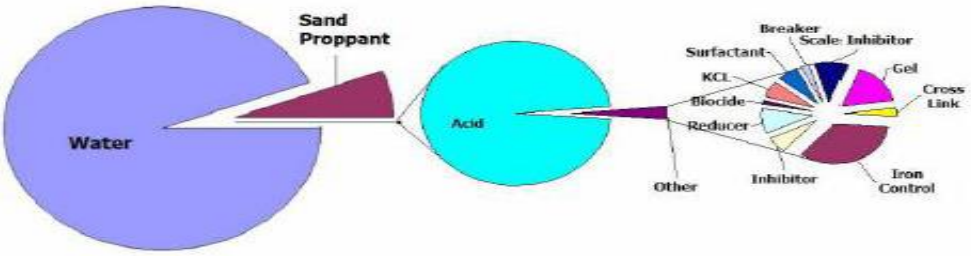
الحالة 2: من موقع بافيليون / وايومنغ تم جمع 53 عينة من مياه الشرب العميقة والضحلة.

النتائج المتحصل عليها : متوسط تلوث غاز الميثان الذي هو المكون الرئيسي للغاز الصخري في مياه الشرب الجوفية في مناطق القريبة إلى مواقع استخراج الغاز النشط (آبار التكسير ضمن1Km) أعلى من المناطق المجاورة غير الاستخراجية (لاتوجد آبار في حدود1Km) كما هو موضح في الشكل(III-3).

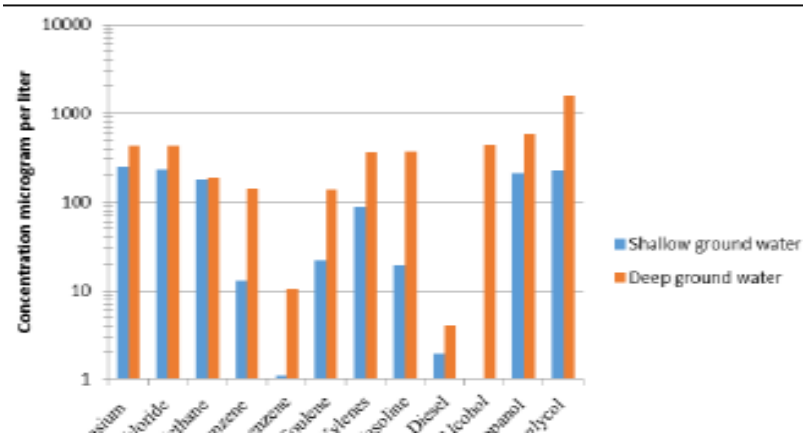


الشكل (III-3): تركيز الميثان حسب بئر حفر الغاز النشط وغير نشط.

كما تم اكتشاف عدد كبير من المواد الكيميائية العضوية وغير العضوية في مياه الشرب الضحلة والعميقة بسبب المواد الكيميائية للتكسير. يشير التركيز العالي لمركبات (BTEX) في مياه الشرب الضحلة والعميقة إلى أن هذه المركبات قد تكون مصدرا لتلوث المياه الجوفية لان هذه المركبات تستخدم في خليط سائل التكسير وفي المذيب. واكتشاف تركيز عالي من المركبات العضوية الاصطناعية مثل الايزوبروبانول و الداثيلين جلايكول وكحول تير-بوتيل في المياه الجوفية كما هو موضح في الشكل (III-4). حيث يتم استخدام معظم هذه المركبات كعامل في سائل التكسير بحث تعتبر عملية التكسير مصدرا لتلوث مياه الشرب الجوفية . يشير إلى أن كحول تير-بوتيل مكون كيميائي لا يتوقع ظهوره بشكل طبيعي في المياه الجوفية شكل (III-5).



الشكل(III-4): تكوين سائل التكسير.



الشكل (III-5): المركبات العضوية وغير العضوية في المياه العميقة والضحلة.

III – 6 – 5 - في دراسة (M.P.J.A.Annevelink and ol)[12]: تم جمع المعلومات عن الانبعاثات المقدرة للمواد السامة و قياس تركيزات المواد الكيميائية في الهواء والماء ومقارنتها بقيم الخلفية الطبيعية (NBVs) واقل معايير الجودة (LQSs).

النتائج المتحصل عليها:

❖ الانبعاثات :

تم اكتشاف تركيزات عالية من المواد السامة بما في ذلك 30 مادة كيميائية معطلة للغدد الصماء (EDCs) عن طريق اخذ العينات الجوية بالقرب من مناطق إنتاج الصخر الزيتي.

تم قياس انبعاثات المركبات العضوية المتطايرة واكاسيد النتروجين (NOx) وكذلك نسب الخلط العالية من المواد العطرية والالكانات والالكانات الحلقية والميثانول في منطقة Marcellus Shale بالقرب Pittsburg.

❖ تركيزات المواد الكيميائية السامة:

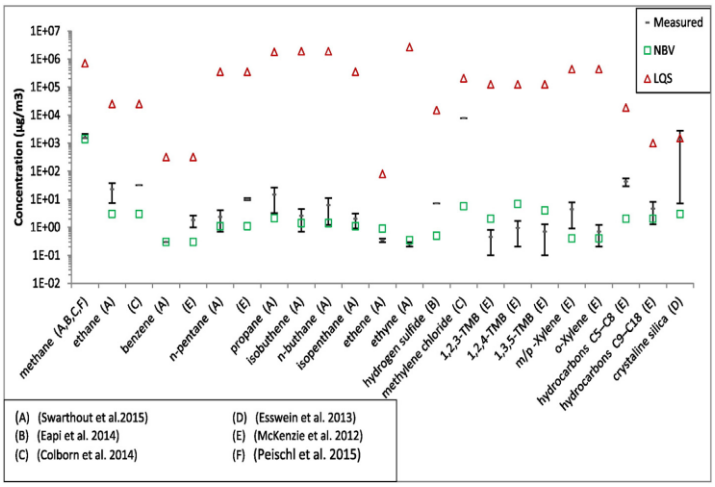
1 – تركيزات الهواء:

تم قياس التركيزات المتزايدة للمواد الكيميائية السامة مثل المركبات العضوية المتطايرة، بما في ذلك ثلاثي ميثيل بنزين، والزيلين، الهيدروكربونات الاليفاتية، والبنزين، الهيدروكربونات العطرية متعددة الحلقات، بالقرب من مواقع تطوير الغاز الصخري. تم العثور على التعرض للسيليكا البلورية التي تتجاوز المعايير الصحية في 68.5 % من 111 عينة من الهواء الكامل مأخوذة من 5 مناطق مختلفة من الغاز الصخري.

ستؤثر انبعاثات المركبات العضوية المتطايرة وأكسيد النيتروجين بشكل غير مباشر على إنتاج الأوزون في الغلاف الجوي . أظهرت النمذجة الكيميائية الضوئية في عام 2012 زيادة في قيم تصميم الأوزون لمدة 8 ساعات تصل إلى 1.1×10^{4} ug/m³ في منطقة HaynesvilleShale بينما يبلغ 1.0×10^{2} ug/m³ LQS تم إجراء محاكاة تكوين الأوزون باستخدام نموذج جودة الهواء الحي التابع لمركز هيوستن للأبحاث المتقدمة (HARc) استنادا إلى الانبعاثات المنتظمة وغير المنتظمة. في ظل الظروف المتوسطة، يكون تزيد تركيزات الأوزون فوق 6.3×10^{3}ug/m³ عند 2 كم في اتجاه الريح من منشاة تطوير الغاز الصخري. هذه المستويات تتجاوز LQS البشري بعامل 60.

تم مقارنة تركيزات الهواء التي تم جمعها بقيم الخلفية الطبيعية (NBVs) وأدنى معايير الجودة (LQSs) الشكل (III-6) تتجاوز معظم التركيزاتNBVs، على وجه الخصوص, تجاوز الطرف العلوي للنطاق المقاس NBV بعامل 10.

تم قياس هذه القيم العليا في المناطق التي كان فيها نشاط الغاز الصخري مرتفعا جدا يصل إلى 249 بئرا في نطاق 10 كم، وحيث تنفث المواد الكيميائية في الغلاف الجوي. معظم التركيزات لا تتجاوز LQS البشري مع ملاحظة استثناء للسيليكا البلورية التي تتجاوزLQS بمعامل 2.



الشكل(III-6): تركيزات المواد الكيميائية في الهواء مقارنة بNBVs وLQSs.

TMB: trimet hylbenzene

2 – تركيزات المياه:

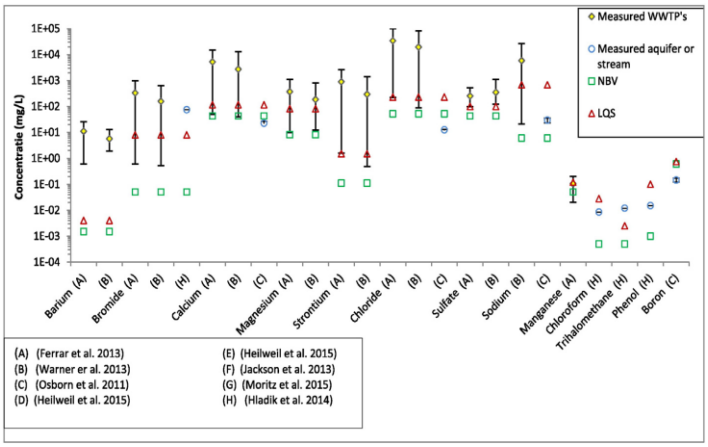
2 – 1 – التلوث بسبب عمليات الإنتاج:

تم قياس تركيزات الميثان و البورون المرتفعة في طبقات المياه الجوفية التي تعلو تشكيل Marcellus و Utica الصخري في ولاية بنسلفانيا. كانت تركيزات المثيان في مناطق الغاز النشط أعلى منها في المناطق غير النشطة. متوسط نسب $\delta^{13}C–CH4$ و$\delta^{2}H–CH4$ لميثان المذاب مطابقة مع مصادر الميثان الحرارية الأعمق لتكوينات Marcellue Shale وUtica Shale. يشير هذا إلى طبقات المياه الجوفية المحيطة قد تكون ملوثة من خلال تطوير الغاز الصخري لتكوينات الغاز الصخري المعنية، بالإضافة إلى ذلك، وجد أن تركيزات الميثان في طبقات المياه الجوفية في كيبيك و آبار مياه الشرب في منطقة الصخر الزيتي Marcellus Shale مرتفعة.

تم العثور على تركيزات عالية من الانيون والكاتيونات في ولاية بنسلفانيا إلى جانب وجود الغازات النبيلة الهيدروكربونات المختلفة في آبار مياه الشرب في منطقتي Marcellus و Barnett الصخرية. بسبب الأعطال في الآلات وخطوط الأنابيب، تتسرب مواد BTEX (البنزين والطولين و الايثيل بنزين والزيلين) و المركبات المكلورة المختلفة. قد يدخل الغاز الطبيعي الشارد وسوائل التكسير الهيدروليكي إلى طبقات المياه الجوفية مما يتسبب في تلويث المياه الجوفية.

2 – 2 – كشف التلوث بسبب معالجة مياه الصرف الصحي:

تجاوزت معظم تركيزات المياه وأكثر من نصفها تجاوز أيضاLQS الشكل (III-7). يظهر الحد الأعلى لتركيزات محطات معالجة مياه الصرف الصحي تجاوزا للمضادات الحيوية غير الصالحة بمعامل من 1000 إلى 10.000 وLQS بعامل 10-100 يمثل الحد الأدنى محطات معالجة مياه الصرف الصحي بتركيزات منخفضة تتجاوز صافي القيمة المضافة بمعامل 10. بالاستثناء الباريوم والكبريتات، التي تتجاوز LQS فقط بمعامل 10.



الشكل (III-7): تركيزات المواد الكيميائية في الماء مقارنة بNBVs وLQSs.

الخلاصة

إن هـدفنا في هـذا البحـث بعـد الدراسـة النظريـة و الـتي بـدورنا عرفنـا فيهـا الغـاز الصـخري وطـرق وظـروف اسـتخراجه والآثار المترتبـة مـن جـراء هـذا الاسـتخراج سـواء كانـت سـلبية وايجابيـة هـو تسـليط الضـوء علـى خطـورة هـذه العمليـة والكـوارث البيئيـة الـتي تسـبب علـى الميـاه الجوفيـة الـتي تعـد هـي مـن المخـازن الاسـتراتيجية بالنسـبة للجزائـر لاسـما الجنـوب الجزائـري نهيـك عـن تلـوث الهـواء والـذي قـد يـؤدي إلى أخطـار بشـرية كبـيرة للأجيـال القادمـة مـن جـراء إشـعاعات بعـض المـواد المسـتخدمة في هـذه التقنيـة لـدى نلفـت الهيئـات المسـؤلة إلى ضـرورة التنبـؤ لخطـورة تقنيـة الغـاز الصـخري وخاصتا مع توفر بدائل كثيرة اقل تكلفة.

التوصيات:

- ✓ توجه الجزائر نحو إستغلال الطاقة الشمسية في الجنوب بدل من استغلال الغاز الصخري.
- ✓ الغـاز الصـخري لـيس حـلا مـن أجـل مسـتقبلنا الطـاقوي فهـو سـيزول اليـوم أو غـدا و لكـن الطاقـات المتجـددة هي أكثر استدامة وأفضل سبيل لضمان الأمن الطاقوي الجزائر.

مراجع الفصل الثالث

[1] – نبيل بن مزوق، الصادق زوين, صالح سراي، "الاستثمار في الغاز الصخري في الجزائر بين المنافع الاقتصادية والأضرار البيئية"، مجلة الاقتصاد والدولي والعولمة، المجلد3، العدد4، سنة (2020).

[2] - Osmani, M., & Loucif, F. (2016). Renewable Energies and Shale Gas in Algeria, between fact and perspectives. In Colloque sur: Les politiques d‟ utilisation des ressources énergétiques: entre les exigences du développement national et la sécurité des besoins internationaux.14,15p.

[3] – EIA, « technically reovable shale oil and shale gaz resource », Algeria, September 2015.

[4] – العوني محمود، بن عبو سنوسي، "مكانة الصناعة الغازية للجزائر في ظل تغير خارطة الغاز العالمية"، الميدان للدراسات الرياضية والاجتماعية والإنسانية، العدد1، جانفي 2018.

[5] – فريجة محمد هيشام: ترشيد استخدام الموارد المائية، مداخلة قدمت خلال ملتقى الوطني المنظم بكلية الحقوق والعلوم السياسة بجامعة قالمة حول الامن المائي: تشريعات الحماية، وسياسات الإدارة، 14 و15 ديسمبر 2014، ص6.

[6] – عبد الرزاق صحراوي، عباس افعة، "الاستثمار في الغاز الصخري من منظور مبادئ التنمية المستدامة:الجزائر نموذجا"، مجلة الباحث للدراسات الأكاديمية، المجلد7، العدد1، سنة2020.

[7]- Mohammed Said BAGHOUL : « Quelques aspects techniques, environnementaux et économiques concernant la fracturation hydraulique », repport sur l’experirence d’exploitation du gaz de schiste et la fracturation hydraulique, rapport, Tamenrasset, février2015.

[8] – Esswein, E. J., Breitenstein, M., Snawder, J., Kiefer, M., & Sieber, W. K. (2013). Occupational exposures to respirable crystalline silica during hydraulic fracturing. Journal of occupational and environmental hygiene, 10(7), 347-356.

[9] - Jackson, R. B., Vengosh, A., Darrah, T. H., Warner, N. R., Down, A., Poreda, R. J., ... & Karr, J. D. (2013). Increased stray gas abundance in a subset of drinking water wells near Marcellus shale gas extraction. Proceedings of the National Academy of Sciences, 110(28), 11250-11255.

[10] - Rich, A., Grover, J. P., & Sattler, M. L. (2014). An exploratory study of air emissions associated with shale gas development and production in the Barnett Shale. Journal of the Air & Waste Management Association, 64(1), 61-72.

[11] – Al-Bajalan, A. R. (2015). To What Extent Could Shale Gas "Fracking" Contaminate Ground Water. Journal of Petroleum & Environmental Biotechnology, 6(5), 1.

[12]– Annevelink, M. P. J. A., Meesters, J. A. J., & Hendriks, A. J. (2016). Environmental contamination due to shale gas development. *Science of the Total Environment*, *550*, 431-438.

الملخص:

سلطنا الضوء في هذه الدراسة على تقنية جديدة لطاقة ألا وهي التكسير الهيدروليكي و التي تتمثل في إنتاج الغاز الصخري في الجزائر حيث أدرجة هذه التجربة في 2009 وحددت مناطق الجنوب الجزائري كمرحلة أولى لهذه التجربة 7 مناطق و 200بئر، وبتطرق إلى دراسات السابقة ومعرفة سلبيات هذه التقنية مع شاسعة مساحة الصحراء الجزائرية ووفرة المياه الجوفية تعتبر من طرق الغير ناجعة وأخطارها البيئية لا حصرة لها.

الكلمات المفتاحية: جنوب الجزائر، الغاز الصخري، تقنية التكسير الهيدروليكي، عناصر مواد الكيميائية الخطرة

Résumé :

Dans cette étude, nous mettons en lumière une nouvelle technologie énergétique, à savoir la fracturation hydraulique, qui est représentée dans la production de gaz de schiste en Algérie, où cette expérimentation a été incluse en 2009 et les régions du sud algérien ont été identifiées comme une première étape pour cette expérience, 7 régions et 200 puits, et en se référant aux études précédentes et connaissant les points négatifs de cette technologie avec son immensité La superficie du désert algérien et l'abondance des eaux souterraines sont considérées comme des méthodes inefficaces et les dangers environnementaux sont sans fin.

Mots clés : sud algérien, gaz de schiste, technologie de fracturation hydraulique, éléments de produits chimiques dangereux

Summary:

In this study, we shed light on a new energy technology, namely hydraulic fracturing, which is represented in the production of shale gas in Algeria, where this experiment was included in 2009 and the regions of southern Algeria were identified as a first stage for this experiment, 7 regions and 200 wells, and by referring to previous studies and knowing the negatives of this technology with its vastness The area of the Algerian desert and the abundance of groundwater are considered ineffective methods and the environmental dangers are endless.

Keywords: southern Algeria, shale gas, hydraulic fracturing technology, elements of hazardous chemicals