E

الأمم المتحدة

المجلس
الاقتصادي والاجتماعي

Distr.
LIMITED

E/ESCWA/SDPD/2017/IG.2/4(Part III)
11 April 2017
ARABIC
ORIGINAL: ENGLISH

اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا (الاسكوا)

لجنة الطاقة
الدورة الحادية عشرة
القاهرة، 14-16 أيار/مايو 2017

البند 5 (ج) من جدول الأعمال المؤقت

الطاقة المستدامة في المنطقة العربية

تأثير النفط الصخري والغاز الصخري على المياه الجوفية

موجز

أعدت هذه الوثيقة عملاً بالتوصيات الصادرة عن لجنة الطاقة في دورتها العاشرة بشأن دراسة آثار النفط الصخري والغاز الصخري (موارد غير تقليدية) على المياه الجوفية. وهي تقدم تحليلاً نقدياً حول آثار تنمية هذه الموارد غير التقليدية على المياه الجوفية، وتوفر المياه، والبيئة، وكيفية انعكاس هذه الآثار على البلدان العربية.

وتوضح الوثيقة أيضاً العوامل المؤازرة التي ينبغي لواضعي السياسات تقييمها قبل استغلال الموارد غير التقليدية.

المحتويات

	الفقرات	الصفحة
مقدمة	3-1	3
أولاً- لمحة عامة عن موارد النفط الصخري والغاز الصخري والتنمية	19-4	3
ألف- تعريف	4	3
باء- لمحة تاريخية	6-5	4
جيم- إمكانات موارد النفط الصخري والغاز الصخري	10-7	5
دال- آخر التطورات الإقليمية والعالمية	19-11	8
ثانياً- استخدام المياه في استخراج النفط الصخري والغاز الصخري	28-20	9
ألف- التصديع الهيدرولي	22	10
باء- استخدام المياه في عمليات الاستخراج	26-23	10
جيم- الحصول على المياه	28-27	11
ثالثاً- المخاطر البيئية لاستغلال النفط الصخري والغاز الصخري	39-29	12
الأثر على المياه الجوفية	39-32	14
رابعاً- المخاطر والعناصر المؤازرة فوق الأرض	40	17
خامساً- الاستنتاجات والتوصيات	44-41	18

مقدمـة

1- تتوفر الموارد غير التقليدية بكيمات كبيرة لكنها لا تستغل على نطاق واسع. فهذا القطاع لا يزال في مرحلة الاستكشاف لموارد كثيرة خارج أمريكا الشمالية، وكل منها يطرح تحديات مختلفة. ولم يثبت بعد أن التكنولوجيات المكيفة لمناطق إنتاج معينة يمكن أن تساعد في استخراج مخزون الموارد في مناطق أخرى.

2- فالموارد غير التقليدية موجودة في البلدان العربية، وبعضها محدودة الموارد التقليدية (الأردن وتونس) وبعضها غنية بالموارد الهيدروكربونية (الجزائر، وعُمان، وليبيا، ومصر، والمملكة العربية السعودية). ومع أن ثورة النفط الصخري والغاز الصخري في الولايات المتحدة الأمريكية قد شجعت واضعي السياسات في العديد من البلدان العربية على الإقدام على استغلال مواردها غير التقليدية، لا تزال البيئة تطرح تحديات معقدة لناحية الجيولوجيا، والافتقار إلى التكنولوجيات المتقدمة، وتوفر المياه، والقبول العام.

3- وتعتبر تقنيات التصديع الهيدرولي المستخدمة لاستخراج النفط الصخري والغاز الصخري تقنيات يحتمل أن تلوّث مياه الشرب، وهي بالتالي مثيرة للجدل. وما تسببه هذه التقنيات وما يرتبط بها من عمليات وآثار على البيئة يتجاوز ما تعد به من فوائد في خلق فرص العمل، وتحسين الإيرادات الضريبية، وخفض كلفة الخدمات على المجتمعات المحلية.

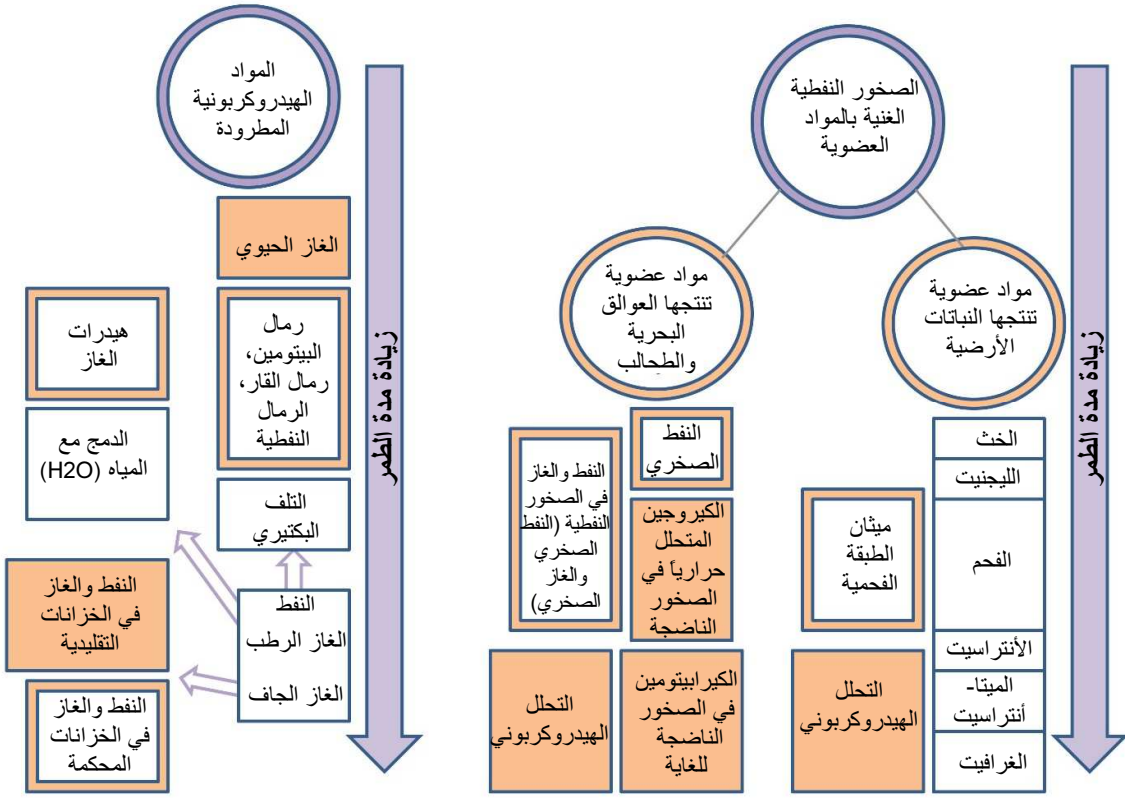
أولاً- لمحة عامة عن موارد النفط الصخري والغاز الصخري والتنمية

ألف- تعريف

4- تتوفر الموارد غير تقليدية على شكل تراكمات نفطية تنتشر على وسع منطقة شاسعة، ولا تتأثر كثيراً بالعوامل الهيدرودينامية. وتشمل هذه الموارد ميثان الطبقة الفحمية، والغاز المركز في الأحواض، وهيدرات الغاز، والقار الطبيعي (في الرمال) ورواسب النفط الحجري. ويتطلب استخراج الرواسب غير التقليدية تكنولوجيا متخصصة (كتكنولوجيا نزح المياه لميثان الطبقة الفحمية، وبرامج التصديع الكثيف للنفط الصخري والغاز الصخري، والبخار أو المذيبات لاستخراج القار في المواقع، وفي بعض الحالات، أنشطة التعدين)[1]. وتشمل الموارد غير التقليدية التي تتناولها هذه الوثيقة النفط الصخري والغاز الصخري، والنفط الحبيس، وميثان الطبقة الفحمية. أما الأنواع الأخرى كالنفط الثقيل، والرمال النفطية، والفحم السائل، وهيدرات الغاز البحري، فلا تتناولها الوثيقة بالتفصيل.

(1) http://www.spe.org/industry/docs/PRMS_Development_Process_Slides.pdf.

الشكل 1- استخراج الموارد غير التقليدية



المصدر: www.sgs.com/en/oil-gas/upstream/unconventional-resources.

باء- لمحة تاريخية

5- يعود اكتشاف النفط الصخري إلى القرن العاشر، إذ تبيّن سجلات مدوّنة عمليات تنقيب عن النفط في الصخور الطفلية منذ ذلك الزمن[2]. وفي عام 1855، أسس المستوطنون المورمون أول محطة للتنقيب عن النفط الصخري في جبال الروكي في غرب الولايات المتحدة الأمريكية. وفي عام 1825، تمت أول عملية للتنقيب عن الغاز الصخري في فريدونا، نيويورك. غير أن الإنتاج الصناعي للتكنولوجيا الصخرية لم يبدأ قبل مرور 150 عاماً على أول عملية[3].

6- وقد سمح موقع الريادة في التكنولوجيا الصخرية لكندا والولايات المتحدة الأمريكية بزيادة إنتاج النفط والغاز. وكان في نجاحهما تشجيع لبلدان أخرى، ولا سيما الأرجنتين والصين والمملكة المتحدة، لتكثيف جهودها والتنقيب عن مواردها. وبدأت بعض البلدان العربية التنقيب عن مواردها غير التقليدية، ولا سيما الأردن وتونس والجزائر والمغرب والمملكة العربية السعودية.

(2) http://www.redleafinc.com/history-of-oil-shale.

(3) http://oilpro.com/post/645/the-history-of-shale-in-the-us.

جيم- إمكانات موارد النفط الصخري والغاز الصخري

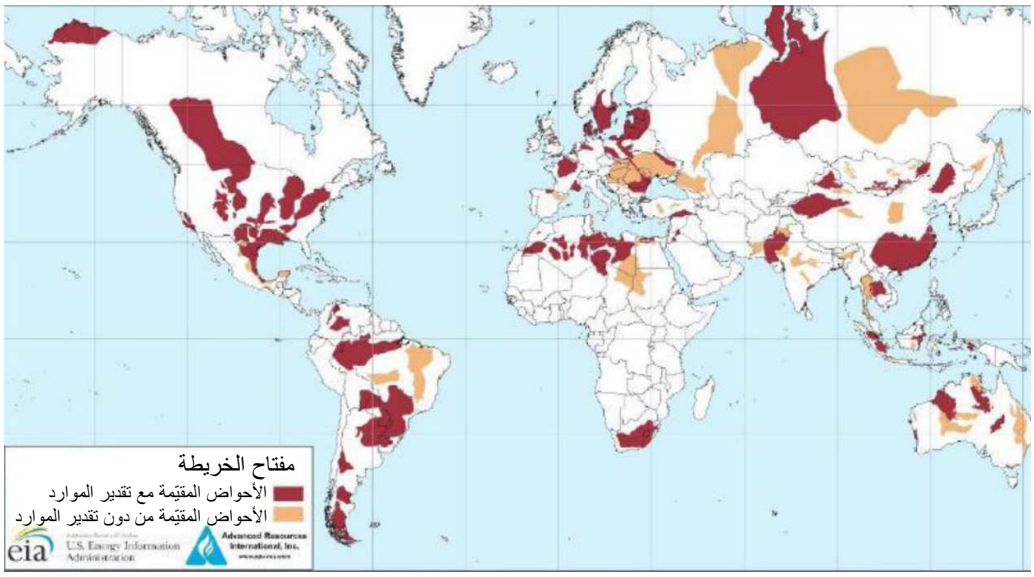
7- أظهرت التقييمات التي أجريت مؤخراً أن قاعدة موارد النفط الصخري والغاز الصخري يشوبها قدر كبير من عدم اليقين. وتشير معظم الدراسات إلى وجود مجموعة واسعة من الموارد القابلة للاستخراج، ولكن الإلمام بها لا يزال متواضعاً.

8- واختلاف التقديرات العالمية من حيث المناطق التي تغطيها، والتعاريف التي تستخدمها، والمنهجيات والافتراضات التي تستند إليها، يفسر الفوارق في الأرقام. وتستخدم هذه الوثيقة آخر تقييم للأثر البيئي، صدر عن وكالة التحقيقات البيئية في أيلول/سبتمبر 2013، ونُقح استناداً إلى التقارير القطرية التي نشرتها فيما بعد الوكالة ومؤسسات بحثية أخرى.

9- واستناداً إلى آخر التقديرات، يتركز ثلثا الكمية المقيّمة والقابلة للاستخراج من النفط الصخري في الاتحاد الروسي، والأرجنتين، وأستراليا، والإمارات العربية المتحدة، وتشاد، والصين، وليبيا، والولايات المتحدة الأمريكية. وتبلغ حصة البلدان العشرة الأولى (الشكل 3) حوالي ثلاثة أرباع الموارد المقيّمة والقابلة للاستخراج من الناحية التقنية من النفط الصخري في العالم.

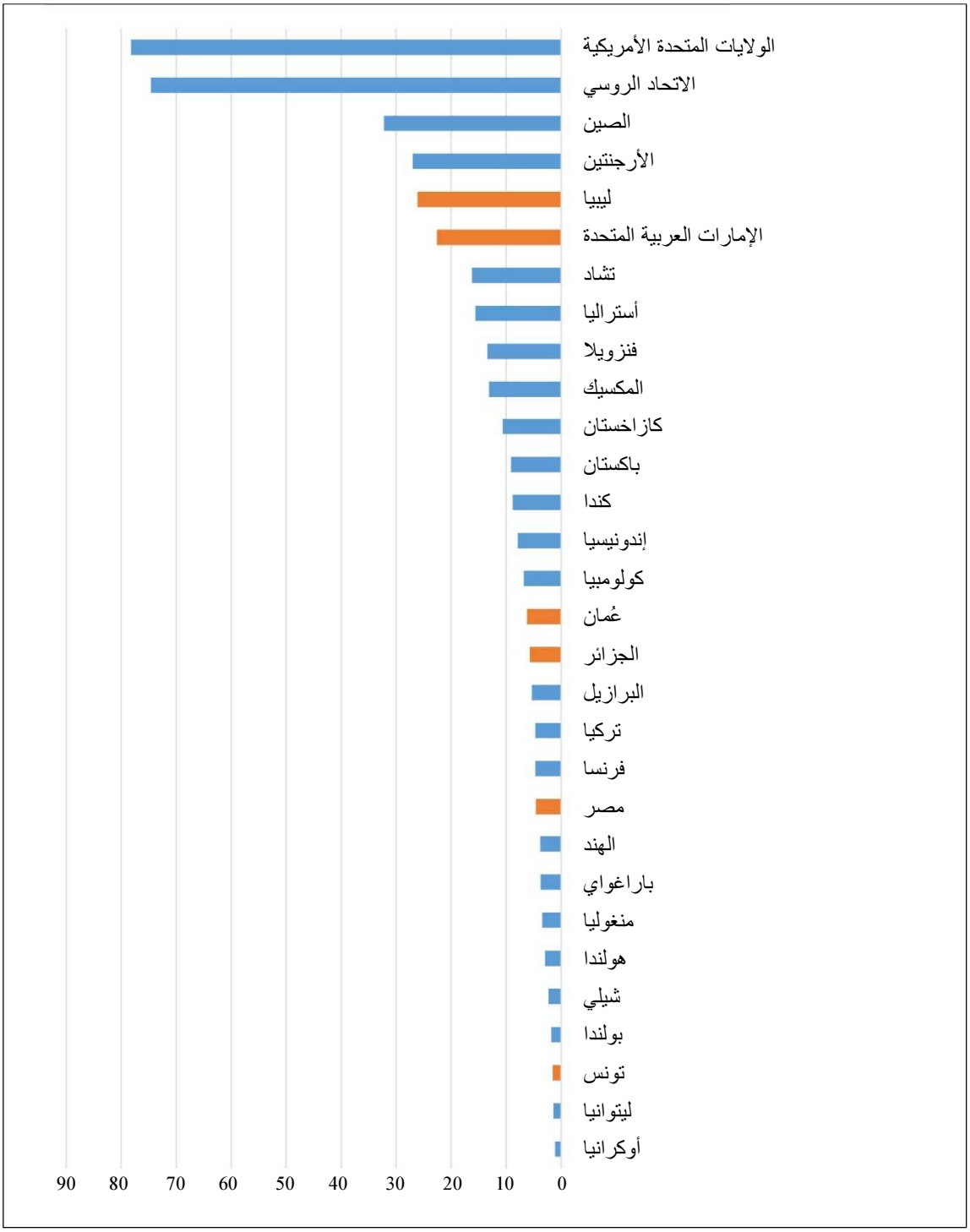
10- ويتركز ثلثا الموارد المقيّمة والقابلة للاستخراج من الغاز الصخري في الأرجنتين، وأستراليا، والجزائر، والصين، وكندا، والمكسيك، والمملكة العربية السعودية، والولايات المتحدة الأمريكية. وكما هو مبيّن في الشكل 4، تبلغ حصة البلدان العشرة الأولى أكثر من 80 في المائة من الموارد المقيّمة والقابلة للاستخراج من الناحية التقنية من الغاز الصخري في العالم.

الشكل 2- خريطة أحواض التكوينات المقيّمة من النفط الصخري والغاز الصخري



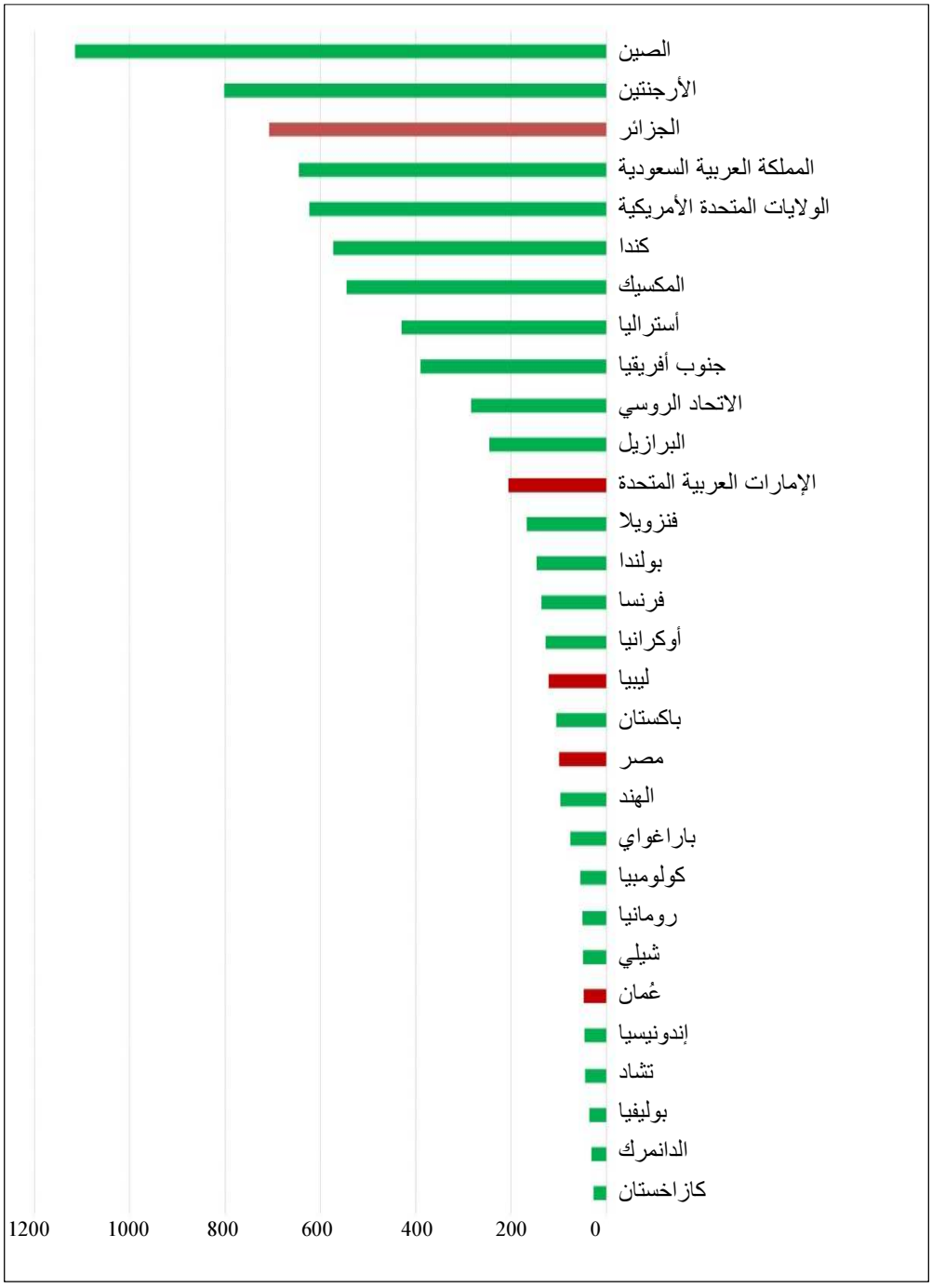
المصدر: https://www.eia.gov/analysis/studies/worldshalegas/pdf/overview.pdf.

الشكل 3- موارد النفط الصخري: البلدان الثلاثون الأولى (مليار برميل)



المصدر: https://www.eia.gov/analysis/studies/worldshalegas/pdf/overview.pdf.

الشكل 4- موارد الغاز الصخري: البلدان الثلاثون الأولى (تريليون قدم مكعب)



المصدر: https://www.eia.gov/analysis/studies/worldshalegas/.

دال- آخر التطورات الإقليمية والعالمية

11- اعترفت بلدان عديدة، مثل الأرجنتين وبولندا والصين والمملكة المتحدة، بأهمية استكشاف موارد النفط الصخري والغاز الصخري داخل أراضيها. غير أن أي نتائج تستحق الذكر لم تتحقق خارج الولايات المتحدة الأمريكية، إما لأن البلدان لا تزال تجهد لتهيئة بيئة مؤازرة، أو لضمان القبول السياسي والعام لهذه الموارد غير التقليدية.

12- وحتى الولايات المتحدة الأمريكية، التي تمكنت من استخراج الموارد من النفط الصخري والغاز الصخري، فانتقلت من موقع البلد المستورد إلى البلد الذي يملك القدرة على التصدير، تواجه الآن تحديات اقتصادية بسبب انخفاض أسعار النفط منذ حزيران/يونيو 2014، الذي يؤثر على عمليات الإنتاج والحفر. وما عدا بعض الحقول الكبرى التي تملك القدرة على المنافسة، (حقل مارسيلوس Marcellus وحقل بارنيت Barnett الصخريين)، تواجه شركات عديدة عاملة في هذا المجال عجزاً مالياً يثير تساؤلات حول مدى استدامة إنتاج النفط الصخري والغاز الصخري في الولايات المتحدة الأمريكية، وإمكانية تجربته في بلدان أخرى.

13- وفي المنطقة العربية، اعتمدت الجزائر نظاماً ضريبياً جديداً لتشجيع الاستثمار الأجنبي في موارد النفط الصخري والغاز الصخري. غير أن البلد شهد تظاهرات شعبية خوفاً من احتمال تأثير استغلال هذه الموارد على البيئة والمياه الجوفية.

14- وفي 17 كانون الأول/ديسمبر 2014، وقعت مصر أول عقد للتصديع الهيدرولي لإجراء أعمال حفر على عمق 14,000 قدم. وقد عُثر على النفط الصخري في الصحراء الغربية وفي سيناء. وأشارت بعض التقارير إلى إمكانات استغلال الغاز الصخري، غير أن الجدوى التقنية والاقتصادية لأعمال التنقيب والاستغلال لم تتحقق بعد.

15- ويملك الأردن مخزوناً كبيراً من النفط الصخري والغاز الصخري. وقد ذكر وزير الطاقة والثروة المعدنية أن البلد استكمل تمويل محطة بقيمة 2.2 مليار دولار تعمل على النفط الصخري بقدرة 470 ميغاواط، يتوقع أن توضع قيد التشغيل في عام 2019[4].

16- وفي عام 2011، وسّعت المملكة العربية السعودية برنامجها الخاص بالموارد غير التقليدية، وهو يركز على شمال غرب البلد، في حين تتولى الشركات الدولية استكشاف حقول في الربع الخالي[5]. وقد تواجه المملكة تحديات في توفر المياه للتصديع الهيدرولي، ولكنها لا تزال تزمع على تطوير هذا القطاع لتلبية الطلب المتزايد على الكهرباء.

17- وتواجه تونس احتمالات انخفاض في إنتاج الغاز، يمكن التعويض عنه باستكشاف احتياطي النفط الصخري والغاز الصخري. وهي تجري دراسة حول مصادر الغاز المتوفرة للمستقبل، من شأنها أن تساعد الحكومة على اتخاذ الخيارات الاستراتيجية الصائبة لهذا القطاع[6].

(4) http://www.jordantimes.com/news/local/construction-first-shale-power-plant-start-june.

(5) https://www.regesterlarkin.com/wp-content/uploads/RL_Shale_Report_February_20141.pdf.

(6) http://blogs.worldbank.org/arabvoices/ar/tunisia-faces-tough-strategic-choices-demand-energy-begins-outstrip-supply.

18- وشاركت الإمارات العربية المتحدة في عمليات التنقيب الاهتزازي عن الموارد غير التقليدية. وتخطط شركة بترول أبو ظبي الوطنية للحفر عميقاً في احتياطي الغاز الحجري (وصولاً إلى 7,000-14,000 قدم) للتحقق من الجدوى الاقتصادية[7].

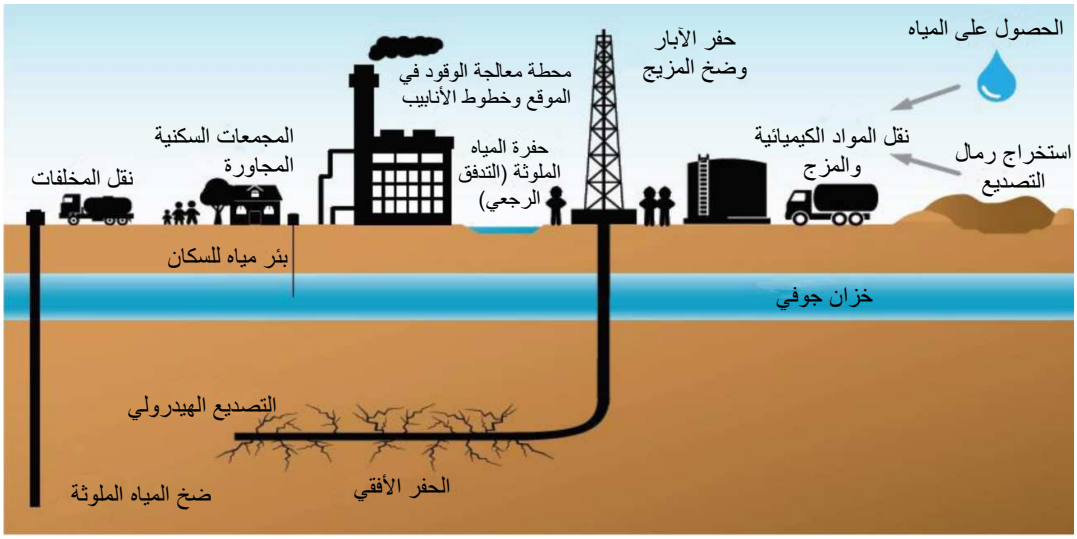
19- ويبقى استغلال موارد النفط الصخري والغاز الصخري خارج أمريكا الشمالية تحدياً تتطلب مواجهته توفر مجموعة عوامل مؤازرة (فوق الأرض وتحتها).

ثانياً- استخدام المياه في استخراج النفط الصخري والغاز الصخري

20- تشبه عملية استخراج النفط الصخري والغاز الصخري عملية استخراج الموارد التقليدية. غير أن العمليتان تختلفان من حيث كثرة عدد الآبار التي ينبغي حفرها في فترة قصيرة (بين شهرين و4 أشهر) لاستخراج الموارد غير التقليدية، مقارنة ببئر واحدة على مدى سنة لاستخراج الموارد التقليدية. وبالإضافة إلى ذلك، تستهلك عملية التصديع الهيدرولي كميات كبيرة من المياه لاستخراج الموارد الهيدروكربونية.

21- والتصديع الهيدرولي ليس عملية جديدة، بل هو تكنولوجيا مستخدمة في أكثر من مليون بئر على مدى 60 عاماً. فإحداث شقوق داخل الصخور الطفلية يسمح بتدفق النفط والغاز داخل غطاء البئر ونظام الاستخراج، الذي يزيد معدلات تسرب السوائل من داخل الصخور (الشكل 5).

الشكل 5- الخطوات النموذجية لاستخراج موارد النفط والغاز غير التقليدية



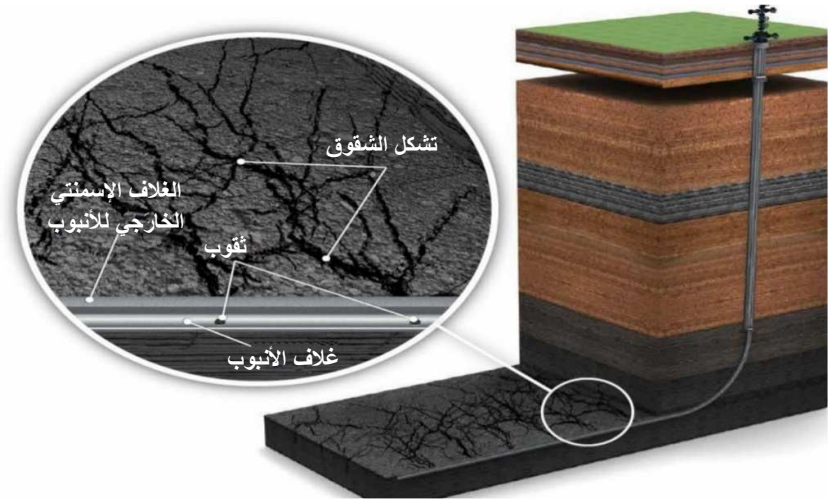
المصدر: http://www.ucsusa.org/sites/default/files/attach/2015/07/ucs-managing-risks-unconventional-oil-gas-development-2015.pdf.

(7) https://www.eia.gov/analysis/studies/worldshalegas/pdf/UAE_2014.pdf.

ألف- التصديع الهيدرولي

22- التصديع الهيدرولي هو عملية تقسّم من خلالها تكوّنات الصخور لتسهيل تدفق النفط أو الغاز. وتسمح هذه العملية باستخراج الموارد الهيدروكربونية من تكوينات جيولوجية عميقة (3,000 إلى 16,000 قدم) ذات نفاذية منخفضة، بإعطاء هذه الموارد قوة الدفع اللازم لتصل إلى البئر[8]. وقد أجريت عملية التصديع الهيدرولي على مدى عقود في آبار رأسية وأفقية. وشهد حجم الآبار المحفورة وعددها، وكذلك التكنولوجيا المستخدمة حركة تطوّر سريعة خلال الأعوام القليلة الماضية، أتاحت زيادة في استخراج النفط والغاز الطبيعي. وأفسح هذا التوسع المجال لتطوير موارد ضخمة من النفط والغاز كان يُحسب استغلالها بحكم المتعذر.

الشكل 6- عملية التصديع الهيدرولي للصخور قبل ضخ المياه فيها



المصدر: https://fracfocus.org/water-protection/hydraulic-fracturing-usage.

باء- استخدام المياه في عمليات الاستخراج

23- تستخدم المياه العذبة في عملية التصديع الهيدرولي. وتتطلب هذه العملية ضخ مزيج من الرمال والمواد الكيميائية في الشقوق لاستخراج النفط والغاز من الصخور الطفلية. ويكون الحصول على المياه العذبة من الأنهار القريبة والبحيرات والخزانات الاصطناعية والإمدادات البلدية.

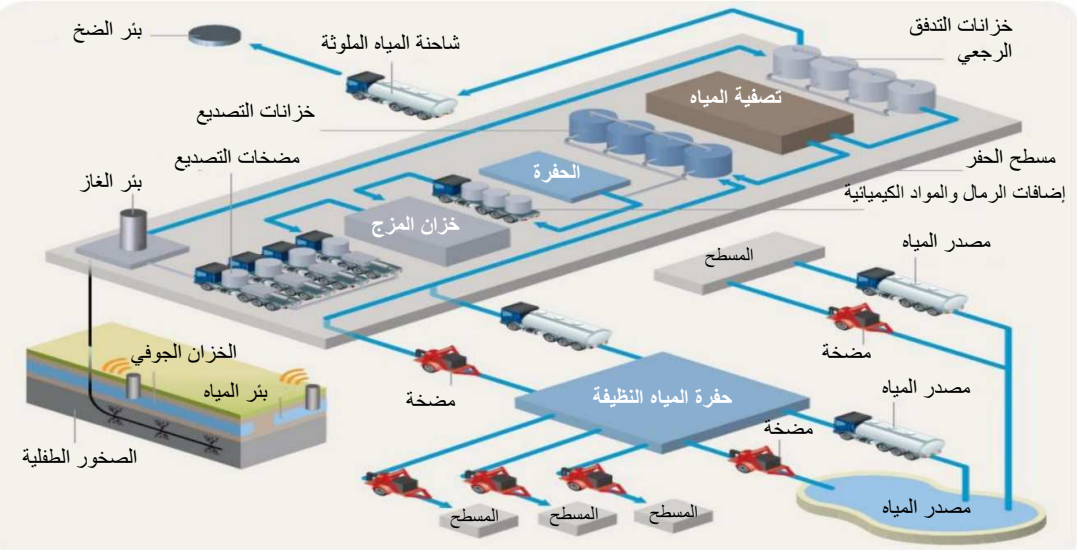
24- وتضخ المياه من المصدر وتمزج بالرمال والمواد الكيميائية لاستخدامها في عملية التصديع الهيدرولي. وبعد استخراج جسيمات النفط والغاز من الأحواض الصخرية الجوفية يُعاد ضخ المياه إلى سطح الأرض وحفظها في خزان تدفق رجعي حيث تجري تصفيتها لاستخدامها مرة أخرى. ويبين الشكل 8 الكميات الكبيرة من المياه بالأمتار المكعبة للبئر التي تستخدم في كبرى الآبار الصخرية في الولايات المتحدة الأمريكية.

(8) https://energy.gov/sites/prod/files/2013/03/f0/ShaleGasPrimer_Online_4-2009.pdf.

25- وتختلف كمية المياه اللازمة للعملية باختلاف عمق البئر. وتتراوح كمية المياه المستخدمة في المتوسط بين 670 و19,305 من الأمتار المكعبة. وقد ازدادت كميات المياه المستخدمة للبئر باستخدام تكنولوجيا الحفر الأفقي. ويبلغ متوسط استخدام المياه في عملية التصديع الهيدرولي حوالي 5.6 مليون لتر[9].

26- وهذا الاستخدام الكثيف للمياه قد لا يكون ممكناً في المناطق التي تعاني من نُدرة المياه. وهذا هو الحال في البلدان العربية التي تملك موارد من النفط الصخري والغاز الصخري.

الشكل 7- عملية توفير المياه لاستخراج النفط الصخري والغاز الصخري



المصدر: https://www.xylem.com/en-US/industries--applications/oil-gas/.

جيم- الحصول على المياه

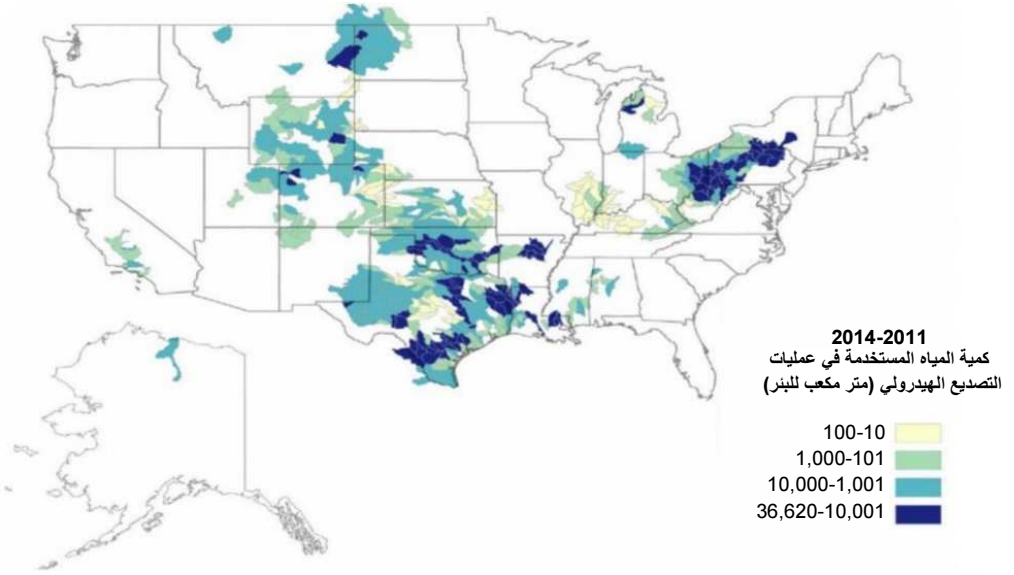
27- تأتي معظم كميات المياه المستخدمة في التصديع الهيدرولي من المياه السطحية والمياه الجوفية العذبة. وتستخدم في هذه العملية أيضاً المياه الملوثة لخفض استهلاك المياه العذبة. ويبين الشكل 9 توزيع مختلف أنواع المياه المستخدمة في عملية التصديع الهيدرولي في اثنين من أكبر أحواض النفط الصخري والغاز الصخري في الولايات المتحدة الأمريكية (حقل مارسيلوس في حوض نهر سسكويهانا، وحقل بارنيت في تكساس)[10].

28- وكما هو مبين في الشكل 9، تأتي معظم كميات المياه المستخدمة في عملية التصديع الهيدرولي من المياه السطحية. ويعاد استخدام نسبة 90 في المائة تقريباً من المياه المنتجة أو مياه التدفق الرجعي في الدورة التالية من التصديع الهيدرولي في حقل مارسيليوس، ما يسهم في توفير المياه العذبة.

(9) http://www.climatecentral.org/news/fracking-water-use-skyrockets-19177.

(10) المرجع نفسه.

الشكل 8- كميات المياه المستخدمة في أحواض مختلفة للنفط الصخري والغاز الصخري في الولايات المتحدة الأمريكية



المصدر: http://www.climatecentral.org/news/fracking-water-use-skyrockets-19177.

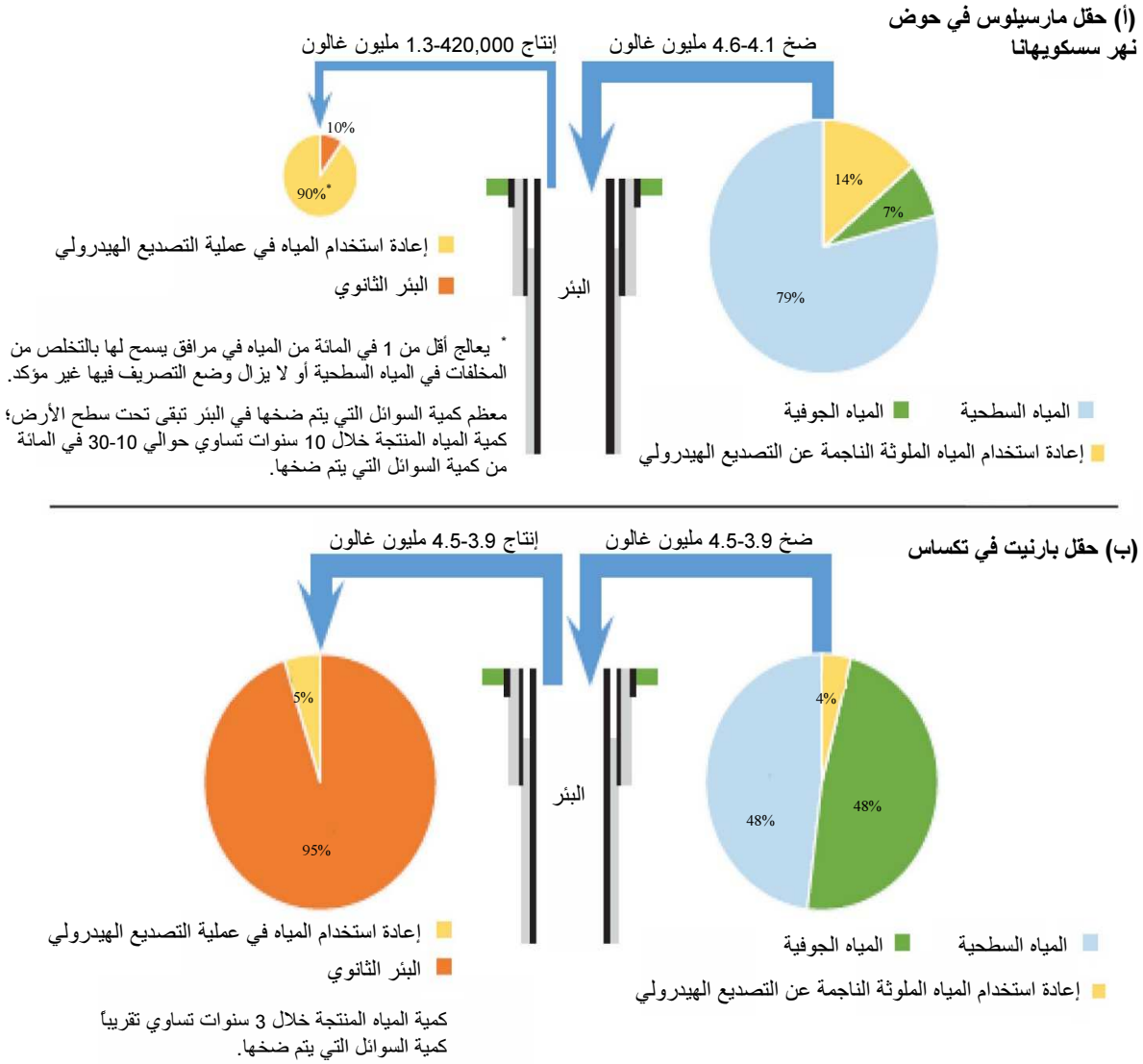
ثالثاً- المخاطر البيئية لاستغلال النفط الصخري والغاز الصخري

29- حسب دراسة أجراها البرلمان الأوروبي، تؤدي أنشطة إنتاج الموارد غير التقليدية من النفط والغاز إلى آثار لا يمكن تجنبها على البيئة، ومنها إشغال مساحات كبيرة من الأراضي (بسبب مسطحات وشاحنات ومعدّات الحفر)، وتلوث المياه الجوفية، وتلوث الهواء، والضرر الذي يلحق بصحة الإنسان والبيئة بفعل ما يترتب من حوادث[11].

30- ويقدم الشكل 10 لمحة عامة عن أثر التصديع الهيدروليي على البيئة على طول سلسلة القيمة، وعقب إغلاق آبار النفط الصخري والغاز الصخري.

(11) https://europeecologie.eu/IMG/pdf/shale-gas-pe-464-425-final.pdf.

الشكل 9- الميزانيات المائية التوضيحية لممارسات إدارة المياه في عمليات التصديع الهيدرولي في حقل مارسيلوس في حوض نهر سسكويهانا (2008-2013) وفي حقل بارنيت في تكساس (2011-2013)



المصدر: https://cfpub.epa.gov/ncea/hfstudy/recordisplay.cfm?deid=332990.

31- لا يزال أثر التصديع الهيدرولي على البيئة مثار جدل، تدخل فيه عوامل منها الظروف المحلية، وتوفر المياه، واستخدام التكنولوجيا. وكان الأثر على المياه الجوفية موضوع دراسات مختلفة، ولا سيما في الولايات المتحدة الأمريكية، حيث تنفذ مجموعة واسعة من أعمال حفر الآبار وإنتاج النفط الصخري والغاز الصخري، تغيّر المشهد الطبيعي.

الشكل 10- أثر التصديع الهيدرولي على البيئة

المصدر: www.umweltrat.de/SharedDocs/Downloads/EN/04_Statements/2012_2016/2013_09_Statement_18_Fracking_for_Shale_Gas_Production.pdf?__blob=publicationFile.

الأثر على المياه الجوفية

32- تحدث عملية التصديع الهيدرولي لبئر واحدة أثراً طفيفاً على مياه الشرب، لأنها لا تتطلب سوى كمية معتدلة من المياه. غير أن حفر آبار متعددة لإنتاج النفط والغاز ضمن منطقة معينة، يزيد من الأثر الذي توقعه عملية التصديع الهيدرولي على مياه الشرب الجوفية. وتوقع أنشطة التصديع الهيدرولي أكبر الأثر في المناطق التي تعاني من الجفاف وندرة المياه. وتظهر الإحصاءات الأخيرة، مثلاً، أن منسوب المياه الجوفية انخفض من 31 إلى 61 متراً في تكساس، بسبب تزايد أنشطة التصديع الهيدرولي منذ عام 2009. وأظهرت دراسات أخرى أجرتها وكالة الولايات المتحدة الأمريكية لحماية البيئة أن سحب المياه لعملية التصديع الهيدرولي يؤثر على موارد المياه السطحية في حقل مارسيلوس الصخري.

33- غير أن قلة من الدراسات قدمت بيانات وافية عن تأثير التصديع الهيدرولي على توفر المياه، لا سيما المياه الجوفية. وأجريت في الآونة الأخيرة دراسة بمبادرة من الكونغرس الأمريكي، عقب تزايد القلق العام من الأثر الذي يُحتمل أن يصيب مياه الشرب جراء استخدام عملية التصديع الهيدرولي في آبار ومرافق إنتاج النفط الصخري والغاز الصخري. وتناولت الدراسة التي أجرتها الوكالة العلاقة بين التصديع الهيدرولي لإنتاج النفط الصخري والغاز الصخري ومياه الشرب في الولايات المتحدة الأمريكية.

34- وتشير نتائج الدراسة إلى تناقص مياه الشرب المحلية في مناطق تشهد نشاطاً واسعاً في التصديع الهيدرولي. ففي عام 2011 مثلاً، نضبت آبار مياه الشرب الواقعة فوق حقل هاينسفيل (Haynesvill) بسبب الجفاف والإفراط في سحب المياه الجوفية[12]. وأسهم في هذه الظروف سحب المياه للتصديع الهيدرولي، إلى جانب استخدامات أخرى للمياه ونقص الأمطار. ورُصدت أيضاً آثار على المياه الجوفية في تكساس.

35- وفي المقابل، بيّنت دراسات على الحوض الأعلى لنهر كولورادو وحوض نهر سسكويهانا، أن آثار التصديع الهيدرولي طفيفة على موارد مياه الشرب. ففي الحوض الأعلى لنهر كولورادو، لاحظت وكالة الولايات المتحدة الأمريكية لحماية البيئة (EPA) أن المياه العالية الجودة المنتجة من آبار النفط والغاز في رمال الغاز الحبيس في حوض بيسانس (Piceance) أمنت كامل كميات المياه اللازمة للتصديع الهيدرولي في منطقة الدراسة[13]. وبسبب ارتفاع معدل إعادة الاستخدام، لم ترصد هذه الوكالة أي مواقع في منطقة الدراسة أسهم فيها التصديع الهيدرولي في زيادة استخدام المياه محلياً.

36- وأوضحت دراسات متعدّدة في حوض نهر سسكويهانا الأثر المحتمل على الموارد المائية السطحية من التصديع الهيدرولي في حقل مارسيلوس. وتشير الأدلة إلى أن الاستراتيجيات الحالية لإدارة المياه، بما في ذلك تحديد التدفق الأدنى وإعادة استخدام مياه التصديع الهيدرولي، تساعد في حماية المجاري المائية من النضوب بفعل سحب المياه للتصديع الهيدرولي[14].

37- وفي عام 2014، بدأ باحثون التركيز على استخدام ثاني أكسيد الكربون مكان المياه في عمليات التصديع الهيدرولي في مزيج الرمال والمواد الكيميائية. وأنشأت جنرال ألكتريك (General Electric) وستاتويل (Statoil) شراكة بقيمة 10 مليارات دولار لاستكشاف إمكانية استخدام هذه التقنية. والهدف هو جمع ثاني أكسيد الكربون في رؤوس الآبار وإعادة تدويره ثم استخدامه مرة أخرى في التصديع. واختبرت شركة فراك ماستر (Frac Master) في كندا هذه التقنية في التسعينات لكنها أفلست فيما بعد. ولا يستخدم العديد من المشغلين هذه الآلية الجديدة لاعتبارات اقتصادية[15]. وفي هذا الصدد، اقترحت وكالة التحقيقات البيئية "قواعد ذهبية" لاستغلال موارد النفط الصخري والغاز الصخري. وتركز هذه القواعد على تخفيض استخدام المياه العذبة من خلال تحسين الكفاءة التشغيلية، وإعادة استخدام المياه وإعادة تدويرها حيثما أمكن ذلك. كما تدعو إلى اعتماد معايير آمنة لتخزين المياه المستعملة وتصريفها، وتقليل استخدام المواد الكيميائية، وتعزيز تطوير واستخدام بدائل سليمة بيئياً[16].

38- أما أثر التصديع الهيدرولي في البلدان العربية، حيث الارتفاع النسبي في موارد النفط الصخري والغاز الصخري، في ظل نُدرة المياه، فيتطلب مزيداً من الدراسة لتقييم فرصة استغلال هذه الموارد غير التقليدية، على ضوء علاقة الترابط بين المياه والطاقة على مستوى السياسة والتشغيل.

(12) http://www.dnr.louisiana.gov/assets/docs/conservation/groundwater/12.Final.GW.Report.pdf.

(13) https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-11/documents/algal-risk-assessment-strategic-plan-2015.pdf.

(14) التدفق الأدنى هو عتبة دنيا تحدد لتدفق المياه ولا يسمح دونها بسحب المياه.

(15) http://oilprice.com/Energy/Energy-General/Water-less-Fracking-Could-Be-Industry-Game-Changer.html.

(16) http://www.iea.org/media/weowebsite/2012/goldenrules/InternationalPressCoverage_GoldenRulesforaGoldenAgeofGas.pdf.

39- وفي البلدان العربية، يُسجل الطلب على المياه والطاقة معدّلات مرتفعة مقارنة بالمتوسط العالمي. وتعاني ستة بلدان من شح حاد في المياه. وفي منطقة الشرق الأوسط، من المتوقع أن يزداد نقص المياه حوالي 43 كيلومتر مكعب سنوياً بين الفترتين 2001-2010 و2041-2050، حتى وفقاً لأكثر السيناريوهات المناخية إيجابية. ويتضمن الجدول أدناه قائمة بأول 33 بلداً يُتوقع أن تكون في حالة إجهاد مائي في عام 2040؛ وخمسة من أصل البلدان الثمانية التي تعاني من أعلى مستويات الإجهاد المائي هي بلدان أعضاء في الإسكوا.

أول 33 بلداً على قائمة البلدان التي يتوقع أن تكون في حالة من ندرة المياه بحلول عام 2040

المرتبة	البلد	النقاط (جميع القطاعات)
1	الإمارات العربية المتحدة	5.00
1	البحرين	5.00
1	سان مارينو	5.00
1	سنغافورة	5.00
1	فلسطين	5.00
1	قطر	5.00
1	الكويت	5.00
8	إسرائيل	5.00
9	المملكة العربية السعودية	4.99
10	عُمان	4.97
11	لبنان	4.97
12	قيرغيزستان	4.93
13	إيران	4.91
14	الأردن	4.86
15	ليبيا	4.77
16	اليمن	4.74
17	مقدونيا اليوغوسلافية السابقة	4.70
18	أذربيجان	4.69
19	المغرب	4.68
20	كازاخستان	4.66
21	العراق	4.66
22	أرمينيا	4.60
23	باكستان	4.48
24	شيلي	4.45
25	الجمهورية العربية السورية	4.44
26	تركمانستان	4.30
27	تركيا	4.27
28	اليونان	4.23
29	أوزبكستان	4.19
30	الجزائر	4.17
31	أفغانستان	4.12
32	إسبانيا	4.07
33	تونس	4.06

المصدر: http://www.wri.org/blog/2015/08/ranking-world%E2%80%99s-most-water-stressed-countries-2040.

ملاحظة: علامة 5.00 هي أعلى حالات الإجهاد.

رابعاً- المخاطر والعناصر المؤازرة فوق الأرض

40- لا تقتصر العوامل التي ينبغي دارستها في استغلال موارد النفط الصخري والغاز الصخري على جوف الأرض بل لا بدّ من تناول عوامل أخرى ذات تأثير على تهيئة البيئة المناسبة. ومن العوامل التي لا بدّ من التركيز عليها فوق الأرض:

1- سياسة الحكومة/الرأي العام

- السياسات والتشريعات الحكومية الإيجابية حيال الموارد غير التقليدية واستقرار الحكومة؛
- التنسيق بين الهيئات الحكومية؛
- ضبط الأسعار في المراحل الابتدائية والوسطى والنهائية لعمليات استغلال الموارد؛
- غياب الضغوط المناهضة لهذا القطاع ولعلمية التصديع الهيدرولي؛ معارضة الرأي العام للآثار على المياه؛
- نظام الضريبة التصاعدية؛
- الحد من البيروقراطية والغموض في الإجراءات، وتيسير الحصول على تراخيص.

2- الوصول إلى الأراضي

- الحد من العقبات التنظيمية، وتسهيل الحصول على التراخيص؛
- شروط ميسرة للوصول إلى الأراضي وأعداد المالكين والحوافز لمالكي الأراضي؛
- الأثر على الأراضي.

3- الخدمات التجارية

- الاستقرار السياسي والاقتصادي الكلي؛
- سهولة شروط الحصول على التراخيص والإجراءات التجارية والمالية؛
- نطاق دراسات الأثر البيئي والتأخير في الحصول على تراخيص الحفر؛
- الاستقرار السياسي والأمني؛
- مشاركة القطاعين العام والخاص في حقوق التعدين؛
- الوصول إلى رأس المال؛
- البيئة التنافسية والتسعير والجهات المستقلة.

4- إعداد هيكلية سلسلة الإمداد في إطلاق الأعمال والاستكشاف والصناعة

- هيكل الصناعة التنافسية (الخدمة والاستكشاف والإنتاج)؛
- توفر رأس المال.

5- المراحل الوسطى

- توفر البنية الأساسية الجديدة وتوفر الأموال لتشييد بنية جديدة أو الوصول إليها؛
- الوصول إلى الأنابيب.

6- توفر المياه وإدارتها

- استخدام المياه وتوفرها؛
- قضايا الحفر وتصريف المياه؛
- انبعاثات الميثان.

خامساً- الاستنتاجات والتوصيات

41- حتى الآن، كان النفط الصخري والغاز الصخري قصة نجاح في أمريكا الشمالية، ولكن وتيرة استغلالهما لا تزال تحتاج إلى تأكيد في الأعوام المقبلة. غير أن مدى إمكانية تكرار هذه التجارب في أجزاء أخرى من العالم لا تزال غير مؤكدة، وتعتمد كثيراً على عوامل فوق الأرض وتحتها، ولا سيما توفر المياه واستخدامها.

42- .وتؤدي الإجراءات المختلفة المطبقة للحد من استخدام المياه العذبة في عمليات التصديع الهيدرولي دوراً أساسياً في علاقة الترابط بين المياه والطاقة إذ تسهم في زيادة توفير المياه، لا سيما في المناطق القاحلة حيث إمكانات إنتاج النفط الصخري والغاز الصخري كبيرة. وهناك العديد من البلدان العربية، التي تعتمد على موارد متناقصة من المياه الجوفية والمياه المحلاة، وهي تزداد تعرضاً لآثار سحب المياه، بما في ذلك السحب لأغراض التصديع.

43- وبالإضافة إلى ذلك، قد تلوّث المواد الكيميائية المستخدمة في عملية التصديع الهيدرولي مياه الشرب. وقد تكون للتصديع الهيدرولي آثار أخرى على قطاع المياه بسبب سوء المعالجة والتخلص من المياه المستعملة، وتلوث التربة والبيئة من جراء المواد الكيميائية التي تضخ في السوائل، وتلوث المياه الجوفية بسبب التسرب أو التدفق الرجعي أو الانسكاب.

44- وفي هذا السياق، ينبغي لواضعي السياسات أن يعالجوا العوامل الخارجية، بمساعدة العلماء والخبراء، للتوسع في الاطلاع على أنشطة الاستكشاف والإنتاج وفهم آثارها على كمية المياه ونوعيتها، ومقارنة الأثر بين استخدام تقنيات الاستخراج التقليدية وتقنيات الاستخراج غير التقليدية.