إشكالية تحلية المياه في دول مجلس التعاون الخليجي: بين حماية البيئة وتحقيق الأمن المائي

The problem of water desalination in the GCC countries: between environmental protection and water security

د. أمال رحمان[1]

جامعة بسكرة – الجزائر

amal.rahmane@univ-biskra.dz

تاريخ الاستلام:03 /2018/11 تاريخ النشر: 12 /2019/09

Abstract :

In the past decades, the GCC countries have suffered from water scarcity problems as a result of the climate nature and the geografic location, and the significant increase in water demand in the region. What made them resort to desalination to cope with this crisis. This technology has developed rapidly in the region ; therfore, it occupied advanced ranks worldwide, yet this technology still faces many challenges ; the most important of which are environmental challenges. This study aimed to highlight the role of desalination in achieving water security in the region, but without compromising the natural environment. The analytical descriptive method had been relied upon, and a series of results had been reached. The most important of which was that the States of the region were obliged to face environmental challenges to achieve water security on one hand and sustainable development on the other hand, through the adoption of regulations as well as the use of cleaner technology such as reliance on renewable energies and the use of best suited methods for the disposal of the brine.

Keywords : water desalination, greenhouse gas emissions, brine, fossil fuel depletion, environmental protection, water security, GCC countries.

مقدمة:

اكتسى موضوع المياه ومواردها في العالم العربي أهمية كبيرة خصوصا في الفترة الأخيرة، حيث أن بعض الدول العربية عانت ولازالت تعاني من أزمة متفاقمة في مواردها المائية.

وتعد أزمة المياه في دول الخليج العربي أكثر حدة بالنظر إلى وقوع دول المجلس الستة[1] في منطقة صحراوية جافة وفقيرة بمواردها المائية، ناهيك عن الزيادة الكبيرة في الطلب على المياه في دول المنطقة نتيجة التنمية الاقتصادية والاجتماعية المتسارعة التي تشهدها دول المجلس منذ العقود الثلاثة الماضية. وقد أدركت دول مجلس التعاون مبكرا الحاجة إلى مصادر بديلة وغير تقليدية للمياه، ووجدت في تحلية المياه الحل المناسب لها، هذه التقنية أثبتت نجاعتها ودورها المتنامي في توفير المياه للمنطقة وذلك منذ خمسينيات القرن العشرين. وقد تطورت تقنيات تحلية المياه بشكل واضح في دول مجلس التعاون حتى أصبحت أكبر منتج عالمي للمياه المحلاة، وتستعمل دول المجلس مزيجا من التقنيات تتنوع بين التقنيات الغشائية والحرارية، كما أنها لجأت مؤخرا إلى استعمال مصادر طاقة نظيفة ومتجددة ؛ وخطت بذلك دول المجلس خطوات عملاقة في تحلية المياه وأنجزت الكثير من المشاريع وساهمت بذلك في توفير مصدر مهم للمياه في المنطقة. إلا أن استخدامها لهذه التقنية واجهته الكثير من التحديات كالتكاليف المرتفعة، هدر موارد الطاقة الاحفورية والمشاكل البيئية الأخرى أهمها انبعاثات غازات الاحتباس الحراري، وكذا المحلول الملحي الذي أثبتت الدراسات أن له العديد من الاضرار على الحياة البحرية. ومن ثم فقد أصبح علاج أزمة المياه

1 – **المؤلف المرسل** : أمال رحمان، أستاذ محاضر أ، الإيميل: amal.rahmane@univ-biskra.dz

يتطلب النظر إليها من الكثير من الجوانب من أجل تحقيق الأمن المائي في المنطقة من جهة وتحقيق التنمية المستدامة بالحفاظ على موارد المياه وحماية البيئة من جهة أخرى.

هذا ما سنحاول إبرازه من خلال هذا البحث وذلك بالإجابة على الإشكالية التالية: ما هو واقع تحلية المياه في دول مجلس التعاون؟ وكيف يمكن أن تساهم هذه التقنية في تحقيق الأمن المائي في المنطقة بمراعاة حماية البيئة؟

فرضيات الدراسة:

وللإجابة على هذه الإشكالية، تنطلق هذه الدراسة من فرضيتين أساسيتين:

– تعتبر دول المجلس رائدة في مجال تحلية المياه، وذلك بالنظر إلى موقعها الجغرافي والامكانيات المتوفرة لديها؛

– يمكن أن تساهم هذه التقنية في تحقيق الأمن المائي في المنطقة، ولكن لابد من مراعاة الجوانب البيئية التي أصبحت تدق نواقيس الخطر، من خلال استعمال مصادر متجددة للطاقة، اعتماد التكنلوجيا النظيفة، بالإضافة إلى القوانين الرادعة لكل تصرف يؤثر سلبا على البيئة.

أهمية الدراسة:

تنبع أهمية هذه الدراسة من ذاتها، اذ أن قضايا البيئة أصبحت تؤرق البشرية جمعاء لاسيما في دول منطقة الخليج، وحيث أن ندرة المياه تعد احدى القضايا الشائكة والتي تستلزم حلولا سريعة لتلبية الطلب المتزايد على المياه في المنطقة وذلك باللجوء الى تحلية المياه، وفي المقابل فإن لهذه الالية تأثيرات بالغة على البيئة والتي يجب مراعاتها لتحقيق التنمية المستدامة. وقد استهدفت هذه الدراسة دول الخليج كونها من الدول الرائدة في هذه التقنية، كما أنها تعاني من شحة المياه.

المنهج المتبع:

تم الاعتماد في هذه الدراسة على المنهج الوصفي التحليلي، من خلال وصف وتحليل أزمة المياه في دول مجلس التعاون وكذا تقنية تحلية المياه ووضعها الحالي والمستقبلي في المنطقة، بالإضافة الى التحديات البيئية التي تواجهها هذه التقنية والاليات المتبعة لحماية البيئة مع تحقيق الامن المائي في المنطقة، مستخدمين في ذلك بعض الأساليب الإحصائية كالتمثيلات البيانية.

المحور الأول: الموارد المائية في دول مجلس التعاون الخليجي:

أولا: أزمة المياه في دول مجلس التعاون الخليجي:

الماء هو أكثر المواد وفرة على كوكب الأرض، فالكمية المقدرة منه تصل إلى 1.4 مليار م^3، ويمثل ماء البحر منه حوالي 97.5% والباقي 2.5% أي 35 مليون م^3 مياه جوفية وسطحية. و80% من هذه الأخيرة مياه متجمدة، ومجرد 0.5% من حجم المياه الكلي ما هو موجود في البحيرات والأنهار والمكامن المائية[2].

ورغم ذلك أصبحت المياه تشكل التحدي الأساسي للشعوب والحكومات حول العالم في القرن الحادي والعشرين. فهذه المادة الحيوية، التي صارت تسمى اصطلاحا بالذهب الأزرق، تنذر بأن تكون سببا لصراعات شرسة بين الدول. كونها آخذة في التراجع كما ونوعا بسبب تنامي الطلب عليها وبسبب ما يلحقه بها النشاط البشري، اجتماعيا واقتصاديا، من استغلال جائر وتلوث يهدد منابعها. والخوف الكبير هو ألاّ تعود مصادر المياه كافية لتلبية حاجات كل البشر في مستقبل ليس ببعيد قياسا بعمر الدول والمجتمعات.

ومن المتوقع أن تنقص كميات المياه العذبة المتاحة للاستهلاك البشري في القارات الثلاث: آسيا، افريقيا وأمريكا الشمالية بمرور الزمن، ويصبح الماء العذب بالغ الشح في بعض المناطق وعلى رأسها العالم العربي بسبب التغيرات المناخية العالمية ومردودها في اختزال كميات الأمطار من ناحية وزيادة عدد السكان من ناحية أخرى.

يشغل العالم العربي 10% من مساحة العالم و5% من عدد سكانه، إلا أنه لا يحظى بأكثر من 0.5% من الموارد المائية العذبة المتجددة في العالم. ويشهد الواقع تراجعا ملحوظا في حصة الفرد العربي من المياه، وصلت إلى حد الفقر المائي (بلغ في بداية الألفية أقل من 1000م^3، ويتوقع أن ينخفض إلى 464م^3 سنويا في عام 2025)، كما أن معظم المياه تنبع من خارج أراضيه؛ حيث تتحكم ثماني دول غير عربية في 85% من الموارد المائية العربية. وتعد أزمة المياه في دول الخليج العربي أكثر حدة بالنظر إلى وقوع دول المجلس الست في منطقة صحراوية جافة وفقيرة بمواردها المائية[3].

تقع دول مجلس التعاون لدول الخليج العربية في جنوب غرب القارة الأسيوية، وتصنف على أنها من المناطق الجافة وشبه الجافة والتي تعاني من ندرة المياه العذبة حيث لا يتعدى فيها نصيب الفرد من المياه المتجددة 500 م^3 في العام. وتشكل الصحاري الغالبية العظمى من مساحة دول مجلس التعاون وتنعدم فيها المياه السطحية كالأنهار والبحيرات. أما الأمطار فهي قليلة وغير منتظمة وتهطل في المعدل بما يقارب 100 ملم في العام ويتبخر قدر كبير منها نتيجة لارتفاع كمية التبخر السنوية والتي تصل إلى أكثر من 3500 ملم[4]. وهو ما جعلها تقع تحت خط الفقر المائي، حيث يبلغ متوسط نصيب الفرد السنوي من المياه العذبة في دول مجلس التعاون حوالي 250 م^3، الأمر الذي يجعل هذه الدول تقع ليس فقط تحت خط الفقر المائي (أقل من 1000 م^3 للفرد في العام) بل أيضا تحت خط الفقر المائي المدقع أو الحاد (اقل من 500 م^3 للفرد في العام).

كما أن ارتفاع الطلب على المياه يعد أحد أهم أسباب أزمة المياه في منطقة الخليج، حيث تشير الإحصاءات إلى ارتفاع الطلب على المياه في جميع دول المجلس من 6 مليار م^3 عام 1980 إلى أكثر من 26 مليار م^3 في عام 2010، طبقا لتقرير الأمم المتحدة؛ مما أدى إلى وجود عجز مائي يصل إلى نحو 20 مليار م^3 تتم تغطيته بواسطة سحب المياه الجوفية والتوسع في بناء محطات التحلية[5].

ورغم ما تقاسيه المنطقة العربية عامة ودول مجلس التعاون خاصة من شحة في موارد المياه، فإنها تعد من أقل المناطق كفاءة في استخدامها ويتجلى ذلك من خلال ما يلي[6]:

- يتدنى متوسط كفاءة استخدام المياه في الري بالمنطقة إلى ما يتراوح بين 50 و 60 %، مقارنة بنماذج أفضل الممارسات التي تفوق نسبتها 80% في أحوال مناخية مماثلة في أستراليا وجنوب غرب الولايات المتحدة.

- عادة ما يفوق الفاقد المادي من إمدادات المياه بالمنطقة، سواء كانت للأغراض الصناعية أم البلدية، المتوسطات العالمية، حيث تصل نسبة إمدادات المياه التي لا تحقق إيرادات إلى ما يتراوح بين 30 و50% ببعض المدن، مقارنة بنماذج أفضل الممارسات العالمية حيث لا تتجاوز النسبة قرابة 10%.

- يزداد الطلب المفرط على المياه من جانب مختلف القطاعات بسبب شيوع الدعومات المالية الضارة. ولا يتيح تفاوت مستويات الشفافية والإدارة العامة لدى هيئات إمدادات المياه بالمنطقة الكثير من الحوافز الكفيلة بتحسين معايير الخدمة والتشجيع على الحفاظ على المياه. ونظرا لارتفاع تكلفة توفير إمدادات جديدة للمياه، فإن إضافة المزيد من المياه المكلفة إلى مثل هذه الشبكات والاستخدامات التي تفتقر إلى الكفاءة يعد أمرا منافيا للمنطق من الناحية الاقتصادية. ومن الأمثلة على مثل هذه السياسات الضارة ري القمح منخفض القيمة.

- يؤدي تشوه السياسات الزراعية إلى الاستهلاك المسرف للمياه. فبدافع من القلق على الأمن الغذائي، يوفر القمح منخفض القيمة نسبة استثنائية تصل إلى 44% من إجمالي إمدادات الغذاء بالمنطقة. ويزرع الجزء الأكبر من هذا القمح محليا باستخدام المياه الشحيحة. ولم يقتصر أثر المبالغة في التركيز على القمح غير المكلف على دفع الحكومات لاستثمار الكثير من المال في إنشاء شبكات الري، بل تعداه ليشمل أيضا تقديم الدعم للمدخلات (مثل المضخات وتقنيات الري والكهرباء) وللمخرجات كذلك من خلال آليات دعم الأسعار.

ثانيا: مصادر المياه في دول مجلس التعاون الخليجي:

مصادر المياه هي المياه السطحية والجوفية ومياه الصرف الصحي والزراعي المعالجة ومياه البحر المحلاة، او أي مصدر آخر[7]. وتندرج موارد المياه في دول مجلس التعاون كغيرها من دول العالم تحت فئتين رئيسيتين، هما الموارد التقليدية وغير التقليدية. وفيما يلي استعراض موجز لهذه الموارد:

1 – الموارد التقليدية:

يتراوح إجمالي الموارد المائية المتجددة لدول المجلس بين أربعة مليارات م^3 سنويا، وفقا لتقديرات الأمم المتحدة الصادرة في عام 2010 ونحو عشرة مليارات م^3 سنويا، حسب بعض التقديرات الرسمية، وهي موارد على هيئة أمطار وسيول ومياه جوفية ومياه مختزنة خلف السدود في المناطق الجنوبية من شبه الجزيرة العربية وبعض مناطق سلطنة عمان، إلا أنها في جميع الأحوال لا تمثل نسبة أكثر من 3% من مجموع الموارد المائية العربية المتجددة.

- **الأمطار**: هي المصدر الرئيسي للموارد المائية السطحية والجوفية. غير أنها شكلت مصدرا محدودا للمياه في المناطق التي تتميز بوجود أودية فيها في الإمارات العربية المتحدة والمملكة العربية السعودية وسلطنة عمان.

- **المياه السطحية**: يشكل فائض الأمطار الساقطة على المرتفعات الجبلية والجليد المصدر الأساسي للمياه السطحية من انهار ووديان وسيول. وفي دول مجلس التعاون فهي تجمعات مائية غير ذات قيمة اقتصادية كبرى، منها العيون الموجودة في عُمان، ومجاري السيول الناتجة عن الأمطار الشتوية.

- **المياه الجوفية**: تظهر الخرائط الجيولوجية للعالم العربي وجود عدد كبير من الأحواض الجيولوجية، التي تكونت نتيجة للتحركات في القشرة الأرضية في أزمنة جيولوجية مختلفة. وتحتل المياه الجوفية الفراغات الموجودة في الصخور على شكل مساحات أو شقوق أو كهوف. وتمثل هذه المياه المخزون الاستراتيجي للعالم العربي والذي يمكن استخدامه وقت الحاجة إليه. وتبلغ كمية المخزون الإجمالي من المياه الجوفية حوالي 7733 مليار م^3، بينما لا تزيد كميات التغذية السنوية على حوالي 42 مليار م^3. ويقدر المتاح منها للاستخدام بحوالي 35 مليار م^3[8].

أما دول المجلس فتمتلك مخزونا استراتيجيا من الموارد المائية الجوفية قدر بنحو 361.5 مليار م^3 سنويا وتمثل هذه الكمية نحو 4.6 % من إجمالي مخزون المياه الجوفية في البلدان العربية[9].

وفي ظل أزمة المياه في دول مجلس التعاون، اعتمد الإنسان في هذه المنطقة على المياه الجوفية كمصدر أساسي لمياه الشرب وشهدت الأجزاء التي تمتعت بوفرة المياه الجوفية وسهولة استخراجها كمملكة البحرين وسلطنة عمان والمناطق الشرقية والشمالية للمملكة العربية السعودية ومنطقة العين في دولة الإمارات العربية المتحدة نموا سكانيا وزراعيا متميزا. وفي دولة قطر لجأ السكان إلى ضخ المياه الجوفية من المناطق الغنية بالمياه الجوفية مثل المزروعة والرشيدية وبوثيلة والذيبية إلى مدينة الدوحة والقرى المجاورة.

ومع اكتشاف النفط وحدوث نهضة اقتصادية وصناعية وزراعية في دول مجلس التعاون رافقها نمو سكاني وتطور في أساليب وأنماط المعيشة، كل ذلك أدى إلى ارتفاع الطلب على المياه الجوفية وشكل ضغطا عليها نتج عنه انخفاض مناسيب المياه الجوفية وتدهور نوعية مياهها.

2 –الموارد غير التقليدية:

تضم الموارد المائية غير التقليدية جميع أحجام المياه التي تتوفر لتستخدمها القطاعات المختلفة لاستخدامات المياه من خلال عملية معالجة بسبب أن تلك الأحجام غير قابلة للاستخدام في حالتها الأصلية[10].

وتشمل هذه الموارد المياه المعاد استخدامها (مياه الصرف الصحي والصرف الزراعي)، بالإضافة إلى المياه المحلاة من البحار، والمياه شبه المالحة الموجودة في بعض الأحواض الجوفية والمياه المنقولة بناقلات المياه من منطقة إلى أخرى. وتعتبر كل هذه الموارد مكملة للموارد التقليدية. وتكتسب أهمية كبيرة مع تزايد الطلب على المياه وازدياد الضغط على الموارد التقليدية.

وتتكون الموارد غير التقليدية للمياه في المنطقة من ثلاثة أنواع[11]:

- **تحلية المياه:** مياه البحر المحلاة والمعروفة أيضا بالمياه الفضية هي أبهظ الموارد غير التقليدية ثمنا، الا أنها أصبحت من الموارد المائية الضرورية في العديد من الدول العربية وبشكل خاص دول الخليج. وتجدر الإشارة إلى أن دولا عربية أخرى في شمال افريقيا قد بدأت تتخطى دول الخليج من حيث كميات المياه المحلاة في العام منها الجزائر ومصر اللتان أصبحتا في المركزين الثالث والسادس على التوالي[12].

تحتل الدول العربية المكانة الأولى عالميا في إنتاج المياه المحلاة؛ إذ انتجت 70% من إنتاج العالم (4.3 مليار م^3 في عام 1996)، وتنتج دول مجلس التعاون يوميا 8.3 مليون م^3 تمثل 62.4% من الإنتاج العالمي للمياه المحلاة، ويتفاوت اعتماد الدول الست على هذا المصدر؛ فتأتي الإمارات في المقدمة (64.5% من احتياجاتها المائية)، تليها الكويت (63.24%)، وقطر (49.5%)، ثم البحرين (19%).

-**مياه الصرف الصحي**: تأتي في المرتبة الثانية من حيث الاستعمال، وتستخدم حاليا في معظم الأقطار العربية لأغراض الزراعة. ويسهم هذا المصدر بنسبة معقولة من المياه في دول الخليج العربي، وأكثر الدول استخداما له السعودية، تليها الإمارات، والكويت، وقطر، وعمان، وأخيرا البحرين.

-مياه الصرف الزراعي المعالجة، وهي مياه تكاد تكون منعدمة.

المحور الثاني: تحلية المياه في دول مجلس التعاون الخليجي:

أولا: واقع تحلية المياه في دول مجلس التعاون الخليجي:

1 – مفهوم تحلية المياه:

يقصد بمفهوم عملية تحلية المياه فصل الماء العذب عن الاملاح الذائبة في الماء المالح (سواء ماء البحار أو الابار)، ولذا تسمى أحيانا اعذاب الماء أو إزالة الملوحة[13]. كما يعرف الإعذاب أو إزالة الملوحة أو تحلية المياه بأنه سلسلة من العمليات الصناعية تجرى لإزالة كل أو جزء من الاملاح الزائدة والمعادن من المياه، ويمكن تحلية مياه البحر ليصبح من الممكن استخدامها في الحياة العملية كالزراعة والشرب والصناعة[14].

تهدف تحلية المياه إلى إزالة أو خفض الأملاح الذائبة بمياه البحر أو المياه الجوفية أو السطحية المالحة، كما أن التحلية هي ذلك الفرع من العلوم الذي يبحث في الطرق المختلفة للحصول على الماء بكميات كافية وبأسعار مناسبة.

2 – تطور تحلية المياه في دول مجلس التعاون الخليجي:

يبلغ متوسط ملوحة مياه البحر 35 غراما من كلوريد الصوديوم لكل ليتر، أي 3.5 % من وزن المياه. ويمكن لهذه الكمية أن تتغير وفقا للمناخ لتصل إلى 7 غرامات لليتر في بحر البلطيق و270 غراما لليتر في البحر الميت. أما التركز الأقصى للملح في المياه المخصصة للشرب فهو 200 ملغ لليتر بحسب منظمة الصحة العالمية.

إن 72% من مساحة الأرض مغطاة بالمياه، 97% منها مالحة. أما نسبة 3% المتبقية، فهي موزعة بين الدول، وتستأثر 9 دول بنحو 60% من الاحتياطات المائية العذبة، وهي: البرازيل، كندا، روسيا، الولايات المتحدة الأمريكية، الصين، إندونيسيا، كولومبيا، البيرو والهند. ويواجه 29 بلدا في إفريقيا والشرق الأوسط مشكلة جفاف مزمنة.

إن نسبة 55% من المياه المستخرجة عالميا يستعمل فعلا، فيما تهدر النسبة المتبقية، أي 45%، سواء بالتبخر أو بالتسرب إلى الأرض أو عبر الشبكات الخاصة بالتوزيع[15].

تعد تحلية المياه أحد الوسائل المستخدمة للحد من ظاهرة العجز المائي التي تعاني منها دول عديدة، ومن ضمنها دول مجلس التعاون، حيث لا تتوافر فيها الكميات الكافية من المياه، إضافة إلى إن المواسم فيها جافة وشبه جافة، لذلك اتجهت هذه الدول إلى تحلية المياه لمواجهة العجز المائي فيها.

لم تكن عملية الحصول على المياه العذبة من المياه المالحة بواسطة التحلية بحديثة على المجتمعات البشرية، فهناك من الشواهد أن الإنسان قديما قام بمحاولات ناجحة في هذا المجال.

ويعتبر جابر بن حيان أول من وضع قواعد التقطير وصنفها في أواخر القرن السابع الميلادي، غير أن أول إشارة للتحلية بطريقة التبخير وردت في كتاب "أصول الفواصل الحقيقية للعقاقير" لابن منصور بن علي العدوي في أواخر القرن التاسع الميلادي. وقد نشأت أول محطة بدائية لتحلية مياه البحر على شواطئ تونس عام 1650، وفي الشيلي عام .1883 بينما أنشأت أول محطة للتحلية بسعة تجارية (حوالي 2400 م^3 في اليوم) عام 1930 في جزر الانثيل الهولندية[16].

وفي العصر الحديث وعلى الأخص في القرنين الثامن عشر والتاسع عشر كان الحصول على المياه العذبة عن طريق تحلية مياه البحر على ظهر السفن أمرا شائعا باستخدام اسلوب الأنابيب المغمورة وأسلوب التبخير متعدد التأثير.

كما وجدت عدة حالات جرى فيها إنتاج المياه المحلاة على نطاق محدود على اليابسة بهدف الشرب منذ أواخر القرن التاسع عشر في مصر وعدن وتشيلي وفلوريدا وغيرها. أما في دول الخليج العربي فقد كان أول استخدام للتحلية لإنتاج مياه الشرب في عام 1907 في مدينة جدة. وعموما فقد كان أول استخدام للتحلية لإنتاج مياه الشرب في دول مجلس التعاون في عام 1907في مدينة جدة. حيث قامت شركة هولندية بتركيب مقطرتين وتعملان بأسلوب الأنابيب المغمورة. وتزامن في عام 1953 قيام كل من دولة قطر ودولة الكويت بإنشاء عدد من الوحدات تعمل بأسلوب الأنابيب المغمورة الشائعة آنذاك.

إن العصر الحقيقي للتحلية كمصدر للمياه العذبة قد بدأ مع بروز تقنية التبخير الومضي والتي بدا استخدامها في الخمسينيات من القرن العشرين، حيث جرى استخدامها لأول مرة في المنطقة في دولة الكويت، حيث تم الاعتماد عليها بشكل علمي مدروس في جميع دول المجلس[17].

3 –طرق تحلية المياه في دول مجلس التعاون الخليجي:

لإنتاج الماء العذب من المياه المالحة لابد من استنباط عملية فصل ملائمة. وهناك وسائل مختلفة لتحقيق هذه المهمة، كل منها قائم على قاعدة أن الماء والملح لا ينفصلان تلقائيا، وبالتالي فالعملية تحتاج الى الطاقة لتفعيلها.

وعموما يمكن تصنيف تكنولوجيا التحلية بناء على معايير ثلاثة: ما يمكن فصله من ماء البحر، نوع عملية الفصل، نوع الطاقة المستخدمة.

إن كافة منظومات التحلية تتضمن ثلاث مراحل أساسية هي المعالجة المبدئية ووحدة التحلية والمعالجة النهائية بحيث تهدف المعالجة المبدئية إلى تهيئة المياه لعملية التحلية وتتضمن عددا من عمليات المعالجة الكيميائية والفيزيائية المستخدمة، بينما تهدف المعالجة النهائية إلى جعل المياه المحلاة مناسبة للاستعمالات المقصودة ويتم تحديد المعالجات النهائية المقصودة وفقا لذلك.

–**بموجب التصنيف الأول** تقسم تكنولوجيات عملية التحلية إلى مجموعتين رئيسيتين: العمليات التي يجري فيها فصل الماء من المجرى الرئيسي وبواسطتها يتم إنتاج منتوج خال من الملح، العمليات التي يجري فيها نزع الملح من المجرى الرئيسي والحصول على منتج خال من الملح. ويتم ذلك بتغيير الحالة الطبيعية للمياه بتحويلها من سائل إلى بخار وهو ما يعرف بالطرق الحرارية. وفي الوقت الحالي هناك نوعان من عمليات

التحلية التبخيرية الواسعة الانتشار: التقطير الومضي متعدد المراحل MSF والتقطير متعدد التأثير MED. كما قد يتم تحويل الماء من سائل إلى صلب يعاد تسييله بعد غسل الأملاح وهو ما يعرف بطريقة التجميد. وفيما يلي تعريف بسيط لهذه الطرق واستعمالها في دول الخليج:

- **التقطير أو تبخير الماء المالح**: فكرة هذه الطريقة قديمة جدا وتعود إلى العصور القديمة، وهي الطريقة الوحيدة التي استخدمت لغرض التحلية حتى قبيل الحرب العالمية الثانية. وتستخدم في الوقت الحاضر على نطاق واسع لتحلية المياه وهي أكثر طرق التحلية تطورا واقتصادا[18].

وطرق التقطير المعروفة هي التقطير الومضي متعدد المراحل (Multistage Flash Evaporation) والتقطير متعدد التأثير (Multiple Effect Distillation) وتعتمد الطريقتان على تبخير المياه المالحة في المرجل البخاري ثم إعادة تكثيفها في صورة مياه عذبة، مع ترك المواد الصلبة غير الذائبة في نفاية المحلول الملحي المركز. والطريقتان صورتان محسنتان عن الطريقة الأصلية وهي عملية الأنبوب المغمور، والتي ابتكرت تجاريا في الخمسينيات وكانت تقوم على تسخين محلول ملحي راكد[19].

وتعطي عمليات التقطير متعدد التأثير MED نابجا مماثلا لعمليات التقطير الومضي متعدد المراحل MSF، وإن لم يستعمل على نطاق واسع شانه شان التقطير الومضي. بيد انه يبشر بعدد من المزايا، إذ تجري العملية في درجة حرارة اقل مما يقلل من احتمالات الصدأ وتكوين القشور ويقلل بالتالي من الحاجة إلى مواد إضافية أو إلى صيانة ومواد مكلفة لمقاومة الصدأ. علاوة على ذلك فانه يحتاج إلى مراحل اقل وتجهيزات اقل كثيرا من سواه من الوحدات.

- **التقطير بالتضاغط البخاري VC (Vapour Compression):** بالإضافة إلى الطريقتين السابقتين للتقطير تستعمل دول الخليج طريقة أخرى وهي التقطير بالتضاغط البخاري، وتستخدم عادة في وحدات تحلية مياه البحر الصغيرة والمتوسطة السعة. وبصفة عامة تتراوح سعة وحدات التحلية التي تستخدم عملية ضغط البخار ما بين 20-2000 م^3 يوميا (4400-440000 جالون يوميا) ، وغالبا ما تستخدم في المنتجعات السياحية والصناعات ومواقع حفريات الآبار. وتأتي الحرارة اللازمة لتبخير الماء من ضغط البخار بدلا من التبادل البخاري المباشر للبخار المنتج في الغلاية[20].

-**أما التصنيف الثاني** فيقوم على أساس العملية المعتمدة للفصل بدون تغيير الحالة الطبيعية للمياه وذلك بواسطة أغشية ذات نفاذية انتقائية، كما هو الحال في طريقتي التناضح العكسي والفرز الكهربائي.

- **التناضح العكسي RO (Reverse Osmosis):** بدا تطبيقه في السبعينيات ويعتبر العملية الأكثر استخداما بعد التقطير السريع متعدد المراحل. وهو أكثر ملائمة لتقطير المياه شبه المالحة بما في ذلك مياه الصرف الصحي ثم أمكن تطويره في الثمانينيات لتحلية مياه البحر. وهذا النوع الأخير يحتاج إلى كمية أكبر من الطاقة نظرا لحاجته إلى ضغط يتراوح بين 65-70 بار، بينما تحتاج المياه شبه المالحة إلى 25-30 بار[21].

وتشمل هذه العملية كافة العمليات الغشائية، حيث تسمح بانتقال الماء خلال محلول مخفف باستعمال أغشية انتقائية النفاذية (تسمح بمرور الماء وتمنع مرور الأملاح) إلى محلول مركز لتخفيفه. وتكون هنا القوة الدافعة للفصل هي اختلاف الضغط على جانبي الغشاء.

وقد بدأ أول استخدام للتناضح العكسي في دول المجلس في المملكة العربية السعودية وكان ذلك عام 1968، وقد شهد عام 1982 دخول تقنية التناضح العكسي إلى سلطنة عمان ودولة قطر ثم في الكويت في نهاية السبعينيات[22].

والمتتبع لأنواع التقنيات المستخدمة في دول المجلس يلاحظ أنه وبالرغم من بلوغ تقنية التناضح العكسي لمرحلة النضج الفني الذي يجعلها تقنية معتمدة في معظم دول العالم وعلى الرغم من وجود عدد من التجارب الناجحة لاستخدام هذه التقنية في معظم دول المجلس، إلا أن الإقبال على هذه التقنية لتحلية مياه البحر ظل محدودا. ومع ذلك فإن تقنية التناضح العكسي تشكل ثاني أكبر تقنية مستخدمة في دول المجلس بعد التبخير الومضي متعدد المراحل من حيث السعة الإنتاجية الكلية لمياه التحلية في دول المجلس (حوالي 23%).

- **الديلزة/ الفرز الكهربائي ED (Electrodialysis):** تطورت طريقة الديلزة لتحلية المياه بعد الحرب العالمية الثانية، وكانت الطريقة تثبت بوضوح أنها طريقة عملية أخرى بجانب عملية التقطير في تقنية تحلية المياه. وكانت فكرة وأساس الطريقة قد نوقشت في عدد من البحوث التي ظهرت قبل الحرب العالمية الثانية بعشرات السنين، غير أن التطبيق العملي لهذه التقنية لم ير النور إلا بعد تطوير أغشية تبادل ايوني مناسبة في نهاية الأربعينيات من القرن العشرين[23]. حيث تستخدم أغشية التبادل الأيوني التي تسمح بالمرور الانتقائي للأيونات الموجبة أو السالبة.

تستخدم هذه الطريقة فقط في وحدات التقطير صغيرة نسبيا مثل الوحدات اللازمة للفنادق. وهي مصممة لمعالجة المياه شبه المالحة (تتراوح درجة ملوحتها بين منخفضة إلى متوسطة)، والتي تتطلب عناية فائقة خلال المعالجة التمهيدية الأولى.

وهناك تجربة وحيدة لها في دول المجلس في سلطنة عمان في محطة "ليما" والتي أنشئت في عام 1983 بسعة إنتاجية 22000 جالون في اليوم (100م^3 في اليوم)[24].

وعموما فالجدول رقم 1 يوضح لنا أهم طرق تحلية المياه في دول مجلس التعاون الخليجي وتاريخ استخدامها:

جدول رقم 1: أنواع تقنيات التحلية المستخدمة في دول المجلس وتاريخ استخدامها

تقنية التحلية / الدولة	ومضي متعدد المراحل MSF	تناضح عكسي RO	تضاغط بخاري VC	تبخير متعدد التأثير MED	ديلزة ED
الامارات العربية المتحدة	1977	1977	-	1977	-
مملكة البحرين	1975	1984	1985	2004	-
المملكة العربية السعودية	1967	1968	-	1981	-
سلطنة عمان	1976	1982	1979	-	1983
قطر	1962	1982	-	1996	-
الكويت	1960	1987	-	-	-

المصدر: فريق عمل خبراء التحلية المنبثق عن لجنة الموارد المائية، تحلية المياه المالحة في دول مجلس التعاون لدول الخليج العربية: تاريخها وحاضرها ومستقبلها، الإصدار الثاني، مرجع سابق، ص 15.

- **أما المعيار الثالث** لتصنيف تقنيات التحلية فهو قائم على أساس الطاقة المستخدمة، حرارية، ميكانيكية أو كهربائية. وتحتاج كل طرق التحلية إلى كميات هائلة من الطاقة والتي يتم الحصول عليها بحرق كميات كبيرة من الطاقة الاحفورية (نفط، غاز طبيعي، فحم)، وهي مواد غير متجددة وملوثة للبيئة أيضا بالإضافة إلى أسعارها المتزايدة باضطراد.

4 –انتاج مياه التحلية في دول مجلس التعاون الخليجي:

إن عملية تحلية المياه بكونها موردا غير تقليديا للمياه تعد بديلا سليما من الناحية التقنية للاستخدام، ويوجد في العالم حوالي 8000 محطة للتحلية في حوالي 120 دولة، وتنتج المحطة الواحدة أكثر من 100م^3 يوميا[25].

وهناك عدد كبير من محطات تحلية المياه في بلدان العالم العربي، اغلبها في المملكة العربية السعودية (30 محطة)، والكويت ودولة الإمارات العربية المتحدة وقطر والبحرين وغيرها.

ويقدر حاليا حجم المياه المحلاة في العالم بأكثر من 30 مليون م^3 يوميا، 54% منها مصدره البحر، و46% من المصادر الجوفية. ويخصص نحو 75% من هذه المياه للاستهلاك البشري والباقي يذهب في معظمه إلى الزراعة[26].

واحتلت دول مجلس التعاون المركز الأول عالميا في إنتاج المياه المحلاة حيث زاد إنتاجها من 8.3 ملايين م^3 يوميا عام 1996[27] إلى 11.99 مليون م^3 يوميا عام 2007، ويوجد فيها نحو 60% من مشاريع التحلية في العالم[28].

تعتمد دول المجلس حاليا على التحلية كمصدر رئيس لمياه الشرب حيث تشكل المياه المحلاة أكثر من80% من مجمل مياه الشرب أما باقي الكمية فتأتي من المياه الجوفية. وقد بلغ إجمالي سعات التحلية في دول المجلس 17.54 مليون م^3 في اليوم حسب بيانات عام 2012 وهي موزعة كالتالي 39.9% دولة الإمارات العربية المتحدة تليها المملكة العربية السعودية بنسبة 29.8% ثم دولة الكويت بنسبة 12.9% ثم دولة قطر بنسبة 8.5 %ثم مملكة البحرين بنسبة 5.1% ثم سلطنة عمان بنسبة 3.8%.

ويتم إنتاج المياه المحلاة في دول المجلس في حوالي 289 محطة تحلية تنتشر على شواطئ الخليج العربي والبحر الأحمر وبحر العرب كما يوجد عدد كبير منها بعيدا عن الشواطئ. وتتميز معظم هذه المحطات بصغر سعاتها والتي لا تتجاوز 10 مليون جالون في اليوم حيث تشكل حوالي 76% من مجمل محطات التحلية في حين أن إنتاجها لا يشكل إلا 8.8% من مجمل إنتاج المياه المحلاة في دول المجلس. أما المحطات التي قد يصح تسميتها بالمحطات العملاقة والتي يفوق إنتاجها 100مليون جالون في اليوم فيوجد منها 12محطة وبنسبة 4% من مجمل محطات التحلية[29].

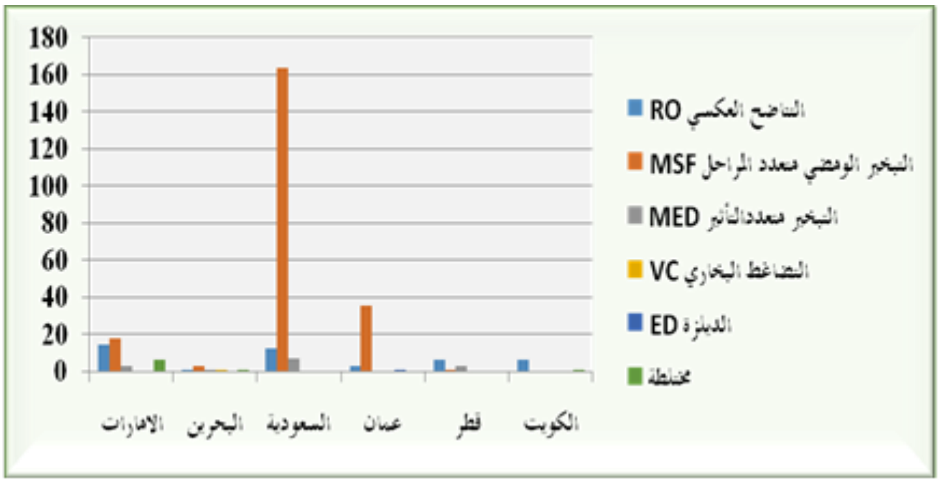
والجدول رقم 2 يوضح عدد محطات التحلية وأنواعها في دول المجلس عام 2012، حيث تستحوذ السعودية على أكبر عدد من محطات التحلية في المنطقة بمجموع 183 محطة أي حوالي 63.33% من عدد المحطات في دول المجلس تليها عمان والامارات بنسبة تصل إلى حوالي 14.19%. أما من حيث التقنيات المستخدمة فتشمل التبخير الومضي متعدد المراحل والتناضح العكسي والتبخير متعدد التأثير بنسب 76.47%، 14.53%، 0.05% على التوالي، ويلاحظ أن تقنية التبخير الومضي تستحوذ على أعلى نسبة استخدام بين باقي التقنيات نتيجة زيادة الثقة في هذه التقنية. كما تستخدم تقنيات أخرى كالتضاغط البخاري والديلزة والتقنيات المختلطة بنسب متفاوتة وضعيفة مقارنة بالتقنيات الثلاث الأولى.

جدول رقم 2: عدد محطات التحلية وأنواعها في دول مجلس التعاون عام 2012

التقنية	الامارات	البحرين	السعودية	عمان	قطر	الكويت	المجموع
التناضح العكسي RO	14	1	12	3	6	6	42
التبخير الومضي متعدد المراحل MSF	18	3	164	35	1	-	221
التبخير متعدد التأثير MED	3	1	7	-	3	-	13
التضاغط البخاري VC	-	1	-	-	-	-	1
الديلزة ED	-	-	-	1	-	-	1
مختلطة	6	1			-	1	8
المجموع	41	7	183	41	10	7	289

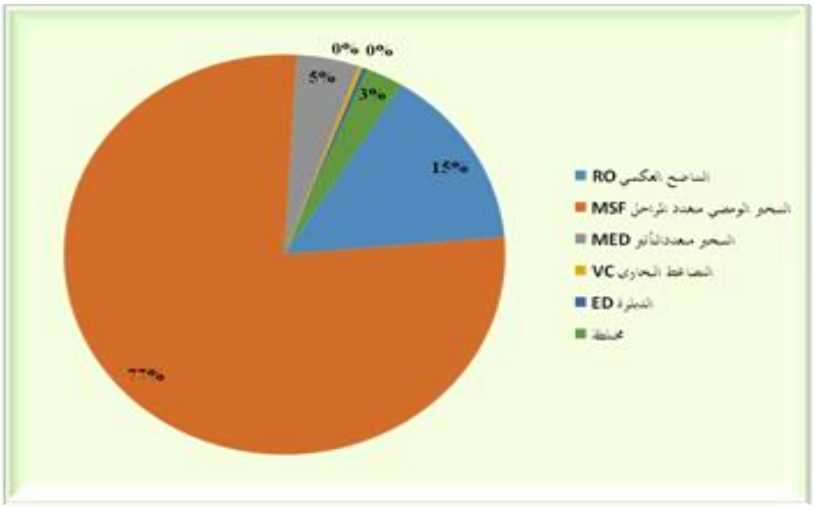
المصدر: فريق عمل خبراء التحلية المنبثق عن لجنة الموارد المائية، تحلية المياه المالحة في دول مجلس التعاون لدول الخليج العربية: تاريخها وحاضرها ومستقبلها، الإصدار الثاني، مرجع سابق، ص 21.

الشكل رقم 1: عدد محطات التحلية وأنواعها في دول مجلس التعاون عام 2012



المصدر: مخرجات برنامج Excel بالاعتماد على معطيات الجدول 2

الشكل رقم 2: نسب تقنيات التحلية المستعملة في دول مجلس التعاون عام 2012



المصدر: مخرجات برنامج Excel بالاعتماد على معطيات الجدول 2

أما السعة الإنتاجية لهذه المحطات فقد عرفت نموا متزايدا خلال الفترة 2001-2015 وذلك نتيجة زيادة مشاريع محطات التحلية الجديدة أو توسعة المحطات القائمة في دول المجلس. وقد زادت السعة الإنتاجية بوتيرة متسارعة إذ انتقلت من 8.61 مليون م^3 عام 2001 إلى 20.76 مليون م^3 بنسبة زيادة قدرت بـ 141% أي أنها تضاعفت بمقدار ثلاث مرات تقريبا (أنظر الجدول رقم 3). هذه الزيادة تزامنت مع النمو الاقتصادي المستمر لدول المجلس خلال العقود القليلة الماضية وما رافقها من زيادة الطلب على المياه بالرغم من الجهود المبذولة لترشيد استهلاكها، ومن ثم كان التوسع في انتاج المياه المحلاة أمرا لا مناص منه خاصة في ظل شح الموارد التقليدية، ومن خلال الجدول والشكل رقم 4 يمكن تتبع تطور انتاج مياه التحلية خلال الفترة 2001-2015.

جدول رقم 3: نمو السعة المركبة لإنتاج المياه المحلاة في دول المجلس خلال الفترة 2001-2015

الوحدة: مليون م^3 /اليوم

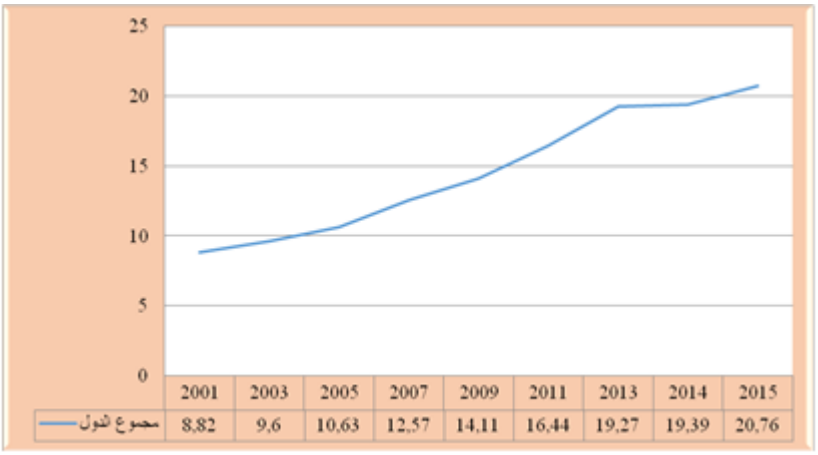
	2001	2003	2005	2007	2009	2011	2013	2014	2015
مجموع الدول	8.82	9.60	10.63	12.57	14.11	16.44	19.27	19.39	20.76

المصدر: - فريق عمل خبراء التحلية المنبثق عن لجنة الموارد المائية، **تحلية المياه المالحة في دول مجلس التعاون لدول الخليج العربية: تاريخها وحاضرها ومستقبلها**، الإصدار الثاني، مرجع سابق، ص 23.

- المركز الاحصائي لدول مجلس التعاون لدول الخليج العربية، **قاعدة البيانات**،

http://dp.gccstat.org/ar/DataAnalysis?ezdJWfofUGePIZAN1oLQ

الشكل رقم 3: تطور السعة المركبة لإنتاج مياه التحلية في دول المجلس 2001-2015



المصدر: مخرجات برنامج Excel بالاعتماد على معطيات الجدول 3

عرفت الفترة 2010-2015 زيادات مستمرة في انتاج مياه التحلية إذ بلغت عام 2010 ما قيمته 4229.11 مليون م^3 لتصل إلى 5528.98 مليون م^3 عام 2015 بنسبة زيادة قدرت بـ 30.74% وبمعدل نمو سنوي متوسط قدر بحوالي 5.5% سنويا ومثل انتاج مياه التحلية حوالي 17% من اجمالي المياه العذبة المتاحة للاستخدام خلال نفس الفترة. وتتصدر الامارات العربية المتحدة قائمة دول المجلس من حيث حجم الإنتاج والسعة الإنتاجية تليها السعودية، وبنسب أقل الكويت، قطر، البحرين ثم عمان. هذه الدول لا يمكنها الوصول الا إلى مياه الخليج كمواد تغذية، غير ان الامارات العربية والسعودية تستفيد من الوصول إلى المياه الأخرى مثل بحر العرب والبحر الأحمر.

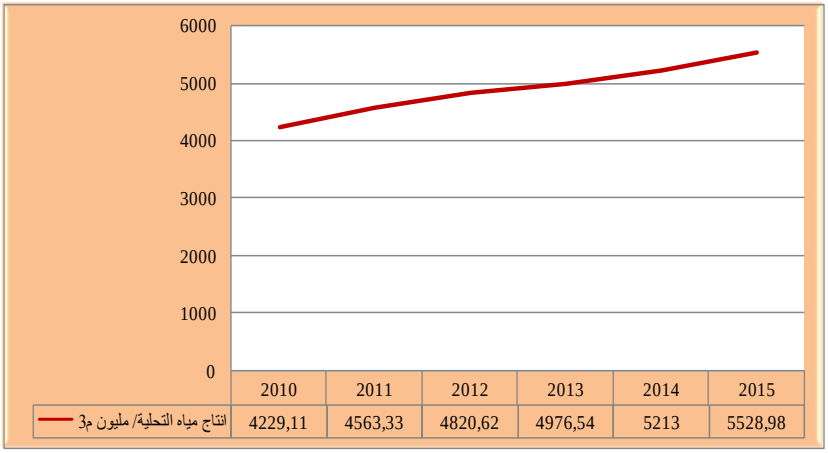
الجدول رقم 4: تطور انتاج مياه التحلية في دول المجلس خلال الفترة 2010-2015

الوحدة: مليون م^3

	2010	2011	2012	2013	2014	2015
انتاج مياه التحلية	4229.11	4563.33	4820.62	4976.54	5213.00	5528.98

المصدر: المركز الاحصائي لدول مجلس التعاون لدول الخليج العربية، **قاعدة البيانات**، المرجع السابق.

الشكل رقم 4: انتاج مياه التحلية في دول المجلس خلال الفترة 2010-2015



المصدر: مخرجات برنامج Excel بالاعتماد على معطيات الجدول 4

ثانيا: تحديات تحلية المياه في دول مجلس التعاون الخليجي:

على الرغم من مزاياها، فإن تحلية المياه عموما مكلفة وتستهلك الكثير من الطاقة، فضلا عن آثارها البيئية. ناهيك عن مشكلة لا تقل أهمية عن سابقتيها وهي مدى توفر مياه البحر بالشروط التي تمكن من تحليتها حيث أن دول الخليج تعاني من التلوث البحري بالنفط. ويتمثل التحدي الأكبر في خفض تكلفة المياه المحلاة التي تستهلك الكثير من الطاقة، وتقليل اعتمادها على الوقود الأحفوري، والتأكد من أنها قد أصبحت حلا مقبولا من وجهة النظر البيئية.

1 - ارتفاع تكاليف تحلية المياه في دول مجلس التعاون الخليجي:

إحدى العقبات التي تواجه الاعتماد على التحلية كمصدر أساسي للمياه في دول مجلس التعاون هي ارتفاع تكلفة الإنتاج والنقل، حيث تبلغ تكاليف إنشاء المحطة الواحدة حوالي 200 مليون دولار ويمكن أن تتعدى هذا المبلغ. أما تكلفة إنتاج متر مكعب من المياه أكثر بكثير من تكلفة إنتاج ونقل المياه السطحية والجوفية، ولا يزال عنصر التكلفة الرئيسي يتمثل باستثمار رأس المال الأولي لإنشاء المحطة (30-60%) من إجمالي التكلفة، في حين تمثل تكاليف التشغيل والصيانة (40-70%)، وتتراوح تكلفة الطاقة (20-70%) وتمثل اليد العاملة والمواد (10-30%) واستبدال المرشحات الغشائية (10-20%) حسب نوع المحطة ونوعها. وقد تراوحت تكاليف الإنشاء المقامة للفترة 1992-1997 بين 1047 إلى 1774 دولار أمريكي للمتر المكعب من الطاقة المتاحة في اليوم.

وتعتمد تكلفة الإنتاج على التكنولوجيا المستعملة وحجم المحطة وعمرها ونوعية ماء المصدر وموقع المحطة وسعر الفائدة وقطع الغيار والتكاليف الأخرى المتعلقة بالصيانة وتكلفة الطاقة وتكاليف اليد العاملة[30].

وحاليا وإذا ما جمعنا مختلف تكاليف الاستثمار والتشغيل والصيانة معا، وأضفنا إليها عنصر الاعتماد المستمر على الوقود الأحفوري، يتبين أن تكلفة ما يتم إنتاجه من مياه بأسلوب التحلية أعلى قليلا من أسلوب التناضح العكسي. غير أن الكثير يتوقف على نوعية مياه المصدر، وحجم المشروع، وأوضاع الموقع. ويتراوح المتوسط المعتاد للتكلفة السنوية لإنتاج المتر المكعب الواحد من المياه العذبة ما بين 5.1 و 9.1 دولار أمريكي بالنسبة للتناضح العكسي، وما بين 9.1 و 1.2 دولار بالنسبة للتحلية[31].

2 -القضايا البيئية المتعلقة بتحلية المياه في دول مجلس التعاون الخليجي:

هناك مشاكل بيئية يجب النظر إليها عند النظر إلى تحلية المياه. فمجمل عمليات التحلية تستهلك طاقة كبيرة والتي يحصل عليها من قبل حرق الوقود الاحفوري أو استخدام الطاقة الكهربائية وبالتالي ترفع نسبة ثاني أكسيد الكربون أو مخافة مضاعفات التسريب النووي الاشعاعي. أيضا من المشاكل البيئية نذكر مخلفات عملية التحلية وهو ما يعرف بالمحلول الملحي المركز والذي يزيد عند القائه في البحر كمية الأملاح الذائبة فيه وبالتالي يؤثر سلبا على الحياة البحرية. ويجب اختيار مكان الأخذ من مصدر المياه وكيفية ضخ المياه إلى معمل التحلية وذلك لأنها قد تزيد من الطاقة المستخدمة وكذلك اختيار مكان التخلص من الماء المركز بالملح حتى لا يؤثر تأثيرا ضارا بالأحياء المائية. وهناك مشاكل أخرى تتعلق بالمواد الكيميائية المستخدمة في عملية التحلية وهي إن زادت عن حدها فهي تسبب أمراضا على المدى البعيد[32].

هناك العديد من القضايا البيئية المرتبطة بالممارسات الحالية لتحلية المياه في دول المجلس، ويمكن تصنيفها على أنها قضايا تتعلق بالمدخلات، أو بالنواتج، أو بالعمليات[33]:

- **من حيث المدخلات** نجد العديد من القضايا البيئية يمكن تلخيصها فيما يلي:

➢ **استنزاف موارد الوقود الاحفوري:** يعد الاستخدام الحالي للطاقة غير المتجددة مشكلة بيئية نتيجة لما ينتج عنه من مخرجات، فضلا عن استدامة مصادر الطاقة.

تجدر الإشارة أنه سيترتب على ازدياد الطلب على الطاقة بغرض توفير المياه في المنطقة عواقب جسيمة على أمن الطاقة عموما، وعلى اقتصاد البلدان المصدرة للنفط بوجه خاص. وفي ضوء الفجوة الكبيرة في الطلب على المياه في المستقبل بالمنطقة التي سيتعين سدها باستخدام تقنيات تحلية المياه، فإنه ما لم يتم تخفيض تكلفة هذه التقنيات، فستتحمل الخزانة العامة لحكومات المنطقة أعباء هائلة.

وإذا ما استمر مستقبلا الاعتماد على الوقود الأحفوري في تحلية المياه بالمنطقة، فمن المرجح أن تزداد تكلفة الطاقة بسبب ازدياد المنافسة على الاحتياطيات المحدودة من هذا الوقود وبسبب التقلبات المزمنة في أسعاره. وعلاوة على ذلك، فإن تقنيات توليد الكهرباء القائمة على أساس استخدام المواد الهيدروكربونية سوف تضاف إليها التكاليف الإضافية للرسوم الإلزامية لامتصاص ثاني أكسيد الكربون.

➢ **الأنابيب البحرية التي يتم استعمالها في محطات التحلية:** حيث يمكن للكائنات الحية التي تعيش بالقرب من الأنبوب أن تتأثر من خلال ارتطامها بالأنابيب أو امتصاصها لبعض المواد في النباتات.

-وفيما يتعلق بالنواتج أو المخلفات نجد:

➢ **انبعاثات غازات الاحتباس الحراري وتغير المناخ:** يعد استخدام الوقود الاحفوري كمدخل للطاقة تحديا بيئيا من المنظور المناخي، ويرجع ذلك إلى غازات الاحتباس الحراري المنبعثة في الغلاف الجوي الناتجة عن محطات توليد الطاقة التي تعتمد على الغاز والتي تزود محطات تحلية المياه بالبخار والكهرباء المطلوبين. واستنادا إلى الإنتاج الحالي، تستهلك محطات تحلية المياه في قطر حوالي 1.54 مليار كيلووات/ساعة من الكهرباء سنويا، وهو ما يترجم تقريبا إلى نحو 680 ألف طن مكافئ لثاني أكسيد الكربون سنويا. وتستثني هذه القيمة استهلاك البخار لمحطات تحلية المياه الحرارية، التي إذا تم احتسابها من المتوقع ان تزيد القيمة المقدرة بشكل كبير. كما أن نسبة الطاقة المستخدمة في عملية تحلية المياه من مرافق توليد الطاقة المشتركة جد كبيرة أيضا وتتراوح بين 20 و45% في أبو ظبي وهذا يترجم ما يقرب من 4 إلى 9 مليون طن مكافئ لثاني أكسيد الكربون سنويا لإمارة أبو ظبي وحدها.

➢ **المحلول الملحي**[34]: الذي تنتجه محطات التحلية بنوعيها الحرارية والغشائية، والذي يحتوي على نسبة تركيزات مرتفعة جدا من الأملاح والكيميائيات التي تم استخدامها أثناء المعالجة الأولية والثانوية. وأثبتت جميع الدراسات أن للمحلول الملحي تأثير سلبي على النظم البيئية البحرية خاصة إذا تم التخلص منه بشكل مباشر في البحر دون تخفيف تراكيزاته. وأهم التأثيرات تتمثل في:

✓ ارتفاع درجة حرارة المحلول الملحي 10-15 درجة مئوية، تزيد من درجة حرارة مياه البحر المحيطة، هذا الفرق يكون له آثار سلبية على النظم البيئية البحرية؛

✓ يعد الكلورين أهم المواد المستخدمة في مقاومة اتساخ الأغشية في محطات التحلية التي تعمل بتقنية RO، ولكن تفاعل الكلورين مع المركبات العضوية في مياه البحر يكون عددا كبيرا من مركبات الكلورايد والهالوجينات الثانوية التي أوضحت العديد من الدراسات انها مركبات مسرطنة وضارة للحياة البحرية؛

✓ إن تركيز الأملاح الذائبة الكلية في المياه العادمة الناتجة عن محطات التحلية قد يزيد كثيرا عن مستوياته في مياه البحر الطبيعية مما يؤثر سلبا على الكائنات البحرية في القاع.

تجدر الإشارة أن تركيز الملوحة في المحلول الملحي يعتمد إلى حد كبير على التكنولوجيا المستخدمة، فإذا كانت التحلية الحرارية هي التكنولوجيا السائدة المستخدمة كما هو الحال بالنسبة للخليج، فان درجة حرارة المحلول الملحي غالبا ما تكون أعلى من متوسط درجة حرارة البحر.

المحور الثالث: تحلية المياه كوسيلة لتحقيق الأمن المائي لدول مجلس التعاون الخليجي في ظل حماية البيئة:

أولا: مفهوم الأمن المائي:

عرف المنتدى العالمي الثاني للمياه عام 2000، والذي عقد في هولندا تحت شعار "الأمن المائي في القرن الحادي والعشرين" الأمن المائي بأنه: "الامن المائي من مستوى المنزل إلى المستوى العالمي، يعني أن يكون لكل شخص إمكانية الحصول على ما يكفي من المياه الآمنة بتكلفة يستطيع تحملها ليعيش حياة نظيفة وصحية ومنتجة، مع ضمان التأكيد على أن البيئة الطبيعية محمية ومعززة."

وتتضمن رؤية بعض الخبراء أن مفهوم الأمن المائي يلزم أن يكون وفق مؤشرات مدى ندرة المياه من الناحية الكمية (physical water scarcity) بمفهوم الميزان المائي(Water Balance) ؛ الذي يقصد به عملية الموازنة بين إجمالي حجم الموارد المائية التقليدية وغير التقليدية (المعروض من المياه) في فترة زمنية معينة، وبين إجمالي حجم الاحتياجات المائية (الطلب على المياه) خلال الفترة الزمنية نفسها؛ بعبارة أخرى تعيين كميات المياه الداخلة والخارجة لأي نظام مائي[35].

ويأتي الميزان المائي في ثلاث حالات؛ هي:

- حالة التوازن المائي: حينما يتواءم الطلب على المياه مع حجم المعروض منها؛
- حالة الوفرة المائية :حينما يكون حجم الموارد المائية أكبر من حجم الاحتياجات؛
- حالة العجز المائي: حينما يكون حجم الموارد أقل من الحجم المطلوب للوفاء بالاحتياجات اللازمة.

ثانيا: تحلية المياه لتلبية الطلب المتزايد على المياه في دول مجلس التعاون الخليجي:

سجل الطلب على المياه في دول الخليج العربية خلال السنوات العشر الأخيرة زيادة وصلت إلى ما يناهز 140%، وكانت الكويت إحدى الدول التي تجاوزت نسبة الطلب على المياه للاستخدامات البلدية، وليس من المتوقع أن يطرأ تغيير كبير في هذا التوزيع لمخصصات المياه في المستقبل في معظم بلدان المنطقة؛ وعلى كل حال فإنه من المتوقع أن تنخفض حصة القطاع الزراعي لإجمالي لدول الخليج العربية من متوسط قدره 63% عام 1995 إلى 48% عام 2025.

وخلال العقود الأربعة الماضية تضاعف عدد السكان أكثر من خمس مرات؛ وذلك من نحو 8 ملايين نسمة في عام 1970 إلى نحو 43.5 مليون نسمة في عام 2010؛ حيث يبلغ معدل النمو السكاني الحالي في دول الخليج العربية نحو 3%، الذي يعد من أعلى المعدلات في العالم.

وبدءًا من الثمانينات من القرن الماضي رافق التنمية والنمو السكاني المتسارعين زيادة متواترة في الطلب على المياه؛ حيث ارتفع الطلب من نحو 6 مليارات م^3 في عام 1980 إلى أكثر من 32 مليار متر مكعب في عام 2005.

وفي ظل النمو السكاني وزيادة الطلب على الغذاء صاغت معظم دول الخليج العربية سياسات زراعية طموحة؛ تهدف إلى تحقيق التنمية الاجتماعية والاقتصادية والاكتفاء الذاتي من الغذاء، وأصبح القطاع الزراعي المستهلك الأكبر للمياه، وذلك بنسبة تصل إلى أكثر من 85% من إجمالي المياه المستخدمة في هذه الدول[36].

على الرغم من امتلاكها أكثر من 60% من منشآت تحلية المياه في العالم، فإن توافر المياه العذبة في دول مجلس التعاون الخليجي يتراجع بسرعة إلى معدلات أقل بكثير من عتبة الأمم المتحدة للفقر المائي، والبالغة 1000 م^3 للفرد الواحد سنويا.

ويزداد الأمر تعقيدا بسبب تسارع النمو السكاني والتنمية الصناعية. يبلغ متوسط توافر المياه العذبة في المنطقة الآن 90-100 م^3 للفرد سنويا في المتوسط، وهو ما دفع حكومات دول مجلس التعاون الخليجي إلى زيادة الإنفاق لمكافحة ندرة المياه وضمان استدامة مواردها للمستقبل.

ومن المتوقع أن ترتفع طاقة التحلية من 3400 مليون م^3 حاليا إلى 7000 مليون م^3 في عام 2020؛ لتلبية الطلبات المترتبة على التصنيع والتنمية.

خصصت حكومات دول مجلس التعاون أكثر من 100 مليار دولار أمريكي للاستثمار في قطاعات المياه بين عامي 2011 و2016، معلنة عن خطط لاستثمار 300 مليار دولار أمريكي أخرى في مشاريع المياه بحلول عام 2022 لتلبية الطلبات المتزايدة على المياه[37].

ثالثا: تحلية المياه وحماية البيئة في دول مجلس التعاون الخليجي:

على الرغم من أن تحلية المياه قد لا تصبح أبدا الطريقة الملائمة بيئيا لإنتاج المياه العذبة في الخليج بنسبة 100%، فإن آثارها البيئية يمكن أن تنخفض إلى حد كبير من خلال اتباع نهج مزدوج يعتمد على تطبيق التكنولوجيا النظيفة والتنظيم القانوني والذي يعتبر أحد أهم الوسائل لحماية البيئة.

في السنوات الأخيرة كان هناك اتجاه على المستوى العالمي لاستخدام الطاقات البديلة كالطاقات المتجددة (طاقة شمسية، طاقة الرياح، طاقة حرارة باطن الأرض) والطاقة النووية تحت ظروف معينة من أجل تحلية مياه البحر.

ومن خصائص الطاقة النووية أنها تخفض تكاليف إنتاج الطاقة الكهربائية إلى 44% من كلفة الوقود العادي، وكلفة تحلية المياه بنسبة 30% مقارنة مع المحطات التقليدية. فمع تسارع وتيرة الطلب على المياه العذبة لأغراض الاستهلاك والتنمية، بدأ التفكير جديا في اعتماد تقنيات أكثر تطورا وأكثر إنتاجية لتحلية مياه البحر والمياه الجوفية، يرجح أن تأخذ حيزا كبيرا في هذا المجال في المستقبل القريب وهي التحلية بالطاقة النووية[38].

وبالنظر إلى الاعتماد الشديد على تحلية المياه لتلبية احتياجات بلدان مجلس التعاون الخليجي من المياه العذبة، فان وجود مصدر مستدام للطاقة من أجل ازالة ملوحة الماء من شأنه أن يكفل أن تكون الموارد المائية المنتجة قابلة للتجديد أيضا. وعلاوة على ذلك، تشير التقديرات إلى أنه عندما تقترن تحلية المياه بمصادر الطاقة المتجددة، يمكن تخفيض العبء البيئي بنسبة 80-85%[39].

إن شكلا مستداما للتحلية يتطلب بذل جهود جبارة من دول المجلس لتتمكن من تلبية أهداف انبعاثات الكربون التي وضعت في اجتماع COP21 في باريس في ديسمبر 2015 وهذا سيشمل التحسين التدريجي لكفاءة عمليات تحلية مياه البحر، والبحث عن أساليب مبتكرة لإنتاج مياه صالحة للشرب بطاقة منخفضة لدول الخليج.

ومن الجدير بالذكر ان نوع تكنولوجيا تحلية المياه المستخدمة يلعب دورا هاما في الكيفية التي يتأثر بها النظام الايكولوجي البحري وإلى أي درجة. على سبيل المثال، يستخدم التناضح العكسي عددا أقل من المواد الكيميائية في عملية المعالجة مع قليل من عدم التباين في درجة الحرارة عند مقارنته بالتبخير متعدد التأثير والتبخير الومضي متعدد المراحل. ومع ذلك، فإن المحلول الملحي يكون أكثر تركيزا عند استخدام طريقة التناضح العكسي.

ومن الأهمية بمكان أيضا أن يؤخذ بعين الاعتبار موقع تفريغ المحلول الملحي وطريقة تصريفه. تاريخيا العديد من المصانع في الخليج كانت تقوم بتفريغ المحلول في البحر مباشرة أو على الشاطئ. لكن المصانع الجديدة تتبع مبادئ توجيهية أكثر صرامة حيث يتم استخدام أنابيب لمياه البحر تحت السطح، والتي تزيل الكثير من الاحتمالات الكامنة مع الحد من الحاجة إلى المعالجة الكيميائية المسبقة للماء. وعلاوة على ذلك، يتم تصريف المياه والعمل على نشرها حتى لا تتركز في منطقة واحدة. وقد تشمل تدابير التخفيف البيئية الأخرى تمييع المحلول الملحي قبل إطلاقه في البحر بالجمع بينه وبين مصبات مرافق معالجة المياه العادمة أو محطات توليد الطاقة. وتشمل مجالات الابتكار الأخرى تكنولوجيا تفريغ صفري للمياه المالحة التي تفصل تماما المياه العذبة، مما يؤدي إلى تفريغ صفري للمياه المالحة. ومع ذلك، ولكي تكون الابتكارات التكنولوجية في إدارة البيئة البحرية فعالة، يجب أن تقترن بلوائح تنظيمية ملائمة تنص على استخدامها أو تعمل على دعمها من خلال معايير بيئية أشد صرامة[40].

خاتمة:

أصبح النقص في إمدادات المياه يمثل مشكلة عالمية تواجه العديد من دول العالم ومن أهمها وأشدها مشكلة المياه في دول مجلس التعاون الخليجي. ومع تنامي الطلب على المياه وشحة المصادر التقليدية له في المنطقة كالأمطار والمياه السطحية الشحيحة وانخفاض مناسيب المياه الجوفية وتدهور نوعية مياهها. إضافة إلى أن المواسم فيها جافة وشبه جافة، هذا ما دفع بدول المجلس إلى البحث عن مصادر بديلة ووجدت غايتها في تحلية المياه، حيث استخدمتها كوسيلة للحد من ظاهرة العجز المائي التي تعاني منها.

إن أهم ما يعيق هذه التقنية هو ارتفاع التكاليف، ناهيك عن التحديات البيئية لاسيما الاعتماد على مصادر الطاقة الاحفورية وما تسببه من انبعاثات لغازات الاحتباس الحراري، بالإضافة إلى المحلول الملحي والانابيب المستعملة والتي تؤثر على الكائنات الحية. غير أن دول مجلس التعاون أولت اهتماما بالغا لهذه القضايا البيئية المؤرقة وعملت على وضع اللوائح والقوانين المنظمة لهذه الصناعة، ناهيك عن الاهتمام بجانب التكنلوجيا النظيفة كاستعمال الطاقات المتجددة. كما أصبح ضروريا لمواجهة العجز المائي في المنطقة البحث عن بدائل أخرى لتعمل بجانب عمليات التحلية المائية المحفوفة بالمخاطر والصعوبات، ولتعمل كاستراتيجية خليجية لمواجهة أزمة المياه في منطقة الخليج. كما انه من الضروري التركيز على تطوير وتنفيذ سياسات إدارة الطلب على المياه في إطار الإدارة المتكاملة للمصادر المائية وتكريس الحكم الرشيد للمياه الذي يؤدي إلى التنمية المتواصلة في ظل ضغوط ندرة المياه في المنطقة.

ومن خلال هذا البحث تم التوصل إلى مجموعة من الاستنتاجات يمكن اجمالها فيما يلي:

- تعتبر دول مجلس التعاون الخليجي من المناطق الجافة وشبه الجافة والتي تعاني من ندرة المياه العذبة كما أنها تقع دون خط الفقر المائي الحاد أي أقل من 500 م^3 للفرد في السنة؛
- تصنف مصادر المياه في المنطقة إلى مصادر تقليدية وغير تقليدية، وتعتبر تحلية المياه من مصادر المياه غير التقليدية وتسمى أيضا المياه الفضية؛
- تحتل دول الخليج المركز الأول عالميا في انتاج المياه المحلاة وتستحوذ على 60% من مشاريع تحلية المياه العالمية؛
- تحظى تقنيتي التبخير الومضي متعدد المراحل والتناضح العكسي بأعلى نسبة استخدام في دول المجلس مقارنة بالتقنيات الأخرى، وتمثل ما

نسبته 76.47%، 14.53%، 0.05% على التوالي؛

- إن زيادة الطلب على المياه في المنطقة أدى إلى زيادة الاستثمارات في تحلية المياه في المنطقة، ومن ثم زادت السعة الإنتاجية لمحطات التحلية رافقها زيادة في انتاج المياه المحلاة خلال العقدين الأخيرين؛
- تواجه تحلية المياه في المنطقة تحديات رئيسية تتمثل في ارتفاع تكاليف هذه التقنية، ناهيك عن التحديات البيئية، حيث تعد انبعاثات غازات الاحتباس الحراري والمحلول الملحي أهم مصادر النفايات لهذه التقنية؛

واستنادا الى ما سبق يمكن تقديم جملة من التوصيات نوجزها فيما يلي:

- العمل على تطوير استعمال مصادر الطاقة المتجددة للتخفيف من انبعاثات غازات الاحتباس الحراري؛
- تعزيز استعمال تقنية التناضح العكسي للتقليل من المواد الكيميائية المستعملة، وهذا جنبا الى جنب مع استعمال مصادر الطاقة النظيفة؛
- إيجاد طرق آمنة للتخلص من المحلول الملحي وما يسببه من أضرار بيئية؛
- إيجاد بدائل أخرى لتلبية الطلب على المياه للتقليل من تكاليف تحلية المياه سواء منها الاقتصادية او البيئية، ناهيك عن الإدارة المتكاملة للمصادر المائية؛
- لابد من مواجهة التحديات البيئية لتحلية المياه من خلال سن القوانين والتنظيمات أو من خلال التكنلوجيا المستعملة للتقليل من الملوثات الناتجة في المنطقة.

قائمة المراجع:

1 -اندريا سيبولينا وآخرون، ترجمة: غازي درويش، **تحلية مياه البحر: سيرورات الطاقة التقليدية والمتجددة**، مركز دراسات الوحدة العربية، بيروت، لبنان، 2009.

2 -حمد شعبان، **ندرة المياه.. تؤرق الخليج!**، مقال من موقع أزمة الموارد، شوهد بتاريخ، 2017/05/20، http://www.resourcecrisis.com/index.php/water/484-68

3 -فريق عمل خبراء التحلية المنبثق عن لجنة الموارد المائية، **تحلية المياه المالحة في دول مجلس التعاون لدول الخليج العربية: تاريخها وحاضرها ومستقبلها**، الإصدار الأول، مجلس التعاون لدول الخليج العربية، الرياض، 2010.

4 -حسن العالي، **البنك الدولي: الوضع المائي في الخليج معقد وخطير وشحيح، موقع أزمة الموارد**، شوهد بتاريخ 2017/05/20، http://www.resourcecrisis.com/index.php/water/715-144

5 -البنك الدولي، **تحلية المياه باستخدام الطاقة المتجددة: حل ناشئ لسد الفجوة المائية في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا**، شوهد بتاريخ، 2013/04/25، http://www.arabwatercouncil.org/administrator/Modules/CMS/MENA_WaterGap_Booklet_PRESS_Arabic.pdf

6 -الأمانة العامة، **نظام المحافظة على مصادر المياه بدول مجلس التعاون لدول الخليج العربية**، مجلس التعاون لدول الخليج العربية، الرياض، 1998.

7 -هاني احمد أبو قديس، **استراتيجيات الإدارة المتكاملة للموارد المائية**، ط1، مركز الإمارات للدراسات والبحوث الاستراتيجية، أبو ظبي، الإمارات العربية المتحدة، 2004.

8 -خالد أبو زيد، محمد الرودي، سيداري، المجلس العربي للمياه، **التقرير الثاني للوضع المائي في المنطقة العربية 2012**، برنامج الموارد المائية- سيداري والمجلس العربي للمياه، 2014.

9 -حسن البنا، سعد فتح، **تكنلوجيا تحلية المياه**، الجزء الأول، الدار الجامعية، الإسكندرية، مصر، 2001، ص 8. نقلا عن: كمل بوعظم، أمال ينون، **تحلية مياه البحر في العربية السعودية: العوائد المحققة والتكاليف المتحملة خلال الفترة (2000-2014)**، بحوث اقتصادية عربية، عدد 71، صيف 2015، مركز دراسات الوحدة العربية.

10 - ويكيبيديا (الموسوعة الحرة)، تحلية مياه، شوهد بتاريخ 2017/05/20،
https://ar.wikipedia.org/wiki/تحلية_مياه

11 - بهاء الرملي، **تحلية المياه تلبية الحاجة بحذر**، مجلة القافلة لارامكو السعودية، عدد 34، المملكة العربية السعودية، سبتمبر 2008.

12 - محمد المعالج وصالح بوقشة، **واقع وآفاق تحلية المياه في الوطن العربي ومدى إمكانية استخدام الطاقات المتجددة**، المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم، (بدون تاريخ ولا مكان للنشر).

13 - فريق عمل خبراء التحلية المنبثق عن لجنة الموارد المائية، **تحلية المياه المالحة في دول مجلس التعاون لدول الخليج العربية: تاريخها وحاضرها ومستقبلها**، الإصدار الثاني، مجلس التعاون لدول الخليج العربية، الرياض، 2014.

14 - مصطفى محمود سليمان، **المياه والبيئة الطبيعية في العالم العربي**، دار الكتاب الحديث، القاهرة، مصر، 2009.

15 - بيتر روجرز وبيتر ليدون، ترجمة: شوقي جلال، **المياه في العالم العربي-آفاق واحتمالات المستقبل**، ط1، مركز الإمارات للدراسات والبحوث الاستراتيجية، أبو ظبي، الإمارات العربية المتحدة، 1997.

16 -نوار جليل هاشم، تحلية المياه في دول الخليج العربي بين الواقع والمستقبل، شوهد بتاريخ 2017/04/25،
https://iasj.net/iasj?func=fulltext&aid=9312

17- Omar SAIF, **the future outlook of desalination in the gulf: challenges & opportunities faced by Qatar & the UAE**, 18/12/2012, p.p 8-9. Seen on 20/04/2017,
http://inweh.unu.edu/wp-content/uploads/2015/05/The-Future-Outlook-of-Desalination-in-the-Gulf1.pdf

18 -كمال بوعظم، أمال ينون، **تحلية مياه البحر في الجزائر: بين توفير مياه الشرب وحماية البيئة خلال الفترة 2005-2015**، مجلة الباحث، عدد 16، جامعة ورقلة، الجزائر، 2016.

19 - طه بن عثمان الفراء، **أمن الموارد المائية في دول الخليج العربية: الواقع والمستقبل**، مركز الجزيرة للدراسات، 2015/01/15، شوهد بتاريخ 2017/05/19،
http://studies.aljazeera.net/ar/files/gccpath/2015/01/20151158464753763.html

20 -محمد وكيل شاه زاد وكيم تشون نغ، **على الطريق نحو استدامة المياه في الخليج، دراسات جديدة تحمل إمكانية ابتكار طرق أكثر فاعلية لأنظمة تحلية المياه في الخليج**، 30/09/ 2016، شوهد بتاريخ 2017/05/19،
http://www.natureasia.com/ar/nmiddleeast/article/10.1038/nmiddleeast.2016.149

الهوامش:

[1] المملكة العربية السعودية، الإمارات العربية المتحدة، الكويت، قطر، البحرين، سلطنة عمان.

[2] اندريا سيبولينا وآخرون، ترجمة: غازي درويش، **تحلية مياه البحر: سيرورات الطاقة التقليدية والمتجددة**، مركز دراسات الوحدة العربية، بيروت، لبنان، 2009، ص 19.

[3] محمد شعبان، **ندرة المياه.. تؤرق الخليج!**، مقال من موقع أزمة الموارد، شوهد بتاريخ، 2017/05/20،
http://www.resourcecrisis.com/index.php/water/484-68

[4] فريق عمل خبراء التحلية المنبثق عن لجنة الموارد المائية، **تحلية المياه المالحة في دول مجلس التعاون لدول الخليج العربية: تاريخها وحاضرها ومستقبلها**، الإصدار الأول، مجلس التعاون لدول الخليج العربية، الرياض، 2010، ص 12.

[5] حسن العالي، **البنك الدولي: الوضع المائي في الخليج معقد وخطير وشحيح، موقع أزمة الموارد**، شوهد بتاريخ 2017/05/20، http://www.resourcecrisis.com/index.php/water/715-144

[6] البنك الدولي، **تحلية المياه باستخدام الطاقة المتجددة: حل ناشئ لسد الفجوة المائية في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا**، شوهد بتاريخ، 2013/04/25، http://www.arabwatercouncil.org/administrator/Modules/CMS/MENA_WaterGap_Booklet_PRESS_Arabic.pdf

[7] الأمانة العامة، **نظام المحافظة على مصادر المياه بدول مجلس التعاون لدول الخليج العربية**، مجلس التعاون لدول الخليج العربية، الرياض، 1998، ص1.

[8] هاني احمد أبو قديس، **استراتيجيات الإدارة المتكاملة للموارد المائية**، ط1، مركز الإمارات للدراسات والبحوث الاستراتيجية، أبو ظبي، الإمارات العربية المتحدة، 2004، ص 73.

[9] حسن العالي، مرجع سابق.

[10] خالد أبو زيد، محمد الرودي، سيداري، المجلس العربي للمياه، **التقرير الثاني للوضع المائي في المنطقة العربية 2012**، برنامج الموارد المائية- سيداري والمجلس العربي للمياه، 2014، ص 31.

[11] محمد شعبان، مرجع سابق.

[12] خالد أبو زيد، محمد الرودي، سيداري، المجلس العربي للمياه، مرجع سابق، ص 33.

[13] حسن البنا، سعد فتح، **تكنلوجيا تحلية المياه**، الجزء الأول، الدار الجامعية، الإسكندرية، مصر، 2001، ص 8. نقلا عن: كمل بوعظم، أمال ينون، **تحلية مياه البحر في العربية السعودية: العوائد المحققة والتكاليف المتحملة خلال الفترة (2000-2014)**، بحوث اقتصادية عربية، عدد 71، صيف 2015، مركز دراسات الوحدة العربية، ص 23.

[14] ويكيبيديا (الموسوعة الحرة)، تحلية مياه، شوهد بتاريخ 2017/05/20، https://ar.wikipedia.org/wiki/تحلية_مياه

[15] بهاء الرملي، **تحلية المياه تلبية الحاجة بحذر**، مجلة القافلة لارامكو السعودية، عدد 34، المملكة العربية السعودية، سبتمبر 2008.

[16] محمد المعالج وصالح بوقشة، **واقع وآفاق تحلية المياه في الوطن العربي ومدى إمكانية استخدام الطاقات المتجددة**، المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم، (بدون تاريخ ولا مكان للنشر)، ص 15.

[17] فريق عمل خبراء التحلية المنبثق عن لجنة الموارد المائية، **تحلية المياه المالحة في دول مجلس التعاون لدول الخليج العربية: تاريخها وحاضرها ومستقبلها**، الإصدار الثاني، مجلس التعاون لدول الخليج العربية، الرياض، 2014، ص.ص 10-11.

[18] مصطفى محمود سليمان، **المياه والبيئة الطبيعية في العالم العربي**، دار الكتاب الحديث، القاهرة، مصر، 2009، ص 865.

[19] بيتر روجرز وبيتر ليدون، ترجمة: شوقي جلال، **المياه في العالم العربي-آفاق واحتمالات المستقبل**، ط1، مركز الإمارات للدراسات والبحوث الاستراتيجية، أبو ظبي، الإمارات العربية المتحدة، 1997، ص 322.

[20] فريق عمل خبراء التحلية المنبثق عن لجنة الموارد المائية، **تحلية المياه المالحة في دول مجلس التعاون لدول الخليج العربية: تاريخها وحاضرها ومستقبلها**، الإصدار الأول، مرجع سابق، ص 25.

[21] بيتر روجرز وبيتر ليدون، مرجع سابق، ص 326.

[22] فريق عمل خبراء التحلية المنبثق عن لجنة الموارد المائية، **تحلية المياه المالحة في دول مجلس التعاون لدول الخليج العربية: تاريخها وحاضرها ومستقبلها**، الإصدار الأول، مرجع سابق، ص 18.

[23] مصطفى محمود سليمان، مرجع سابق، ص 876.

[24] فريق عمل خبراء التحلية المنبثق عن لجنة الموارد المائية، **تحلية المياه المالحة في دول مجلس التعاون لدول الخليج العربية: تاريخها وحاضرها ومستقبلها**، الإصدار الأول، مرجع سابق، ص20.

[25]نوار جليل هاشم، تحلية المياه في دول الخليج العربي بين الواقع والمستقبل، شوهد بتاريخ 2017/04/25،
https://iasj.net/iasj?func=fulltext&aid=9312

[26]بهاء الرملي، مرجع سابق.

[27]محمد شعبان، مرجع سابق.

[28]حسن العالي، مرجع سابق.

[29] فريق عمل خبراء التحلية المنبثق عن لجنة الموارد المائية، **تحلية المياه المالحة في دول مجلس التعاون لدول الخليج العربية: تاريخها وحاضرها ومستقبلها**، الإصدار الثاني، مرجع سابق، ص 20.

[30]نوار جليل هاشم، مرجع سابق، ص 319.

[31]البنك الدولي، مرجع سابق، ص 5.

[32] ويكيبيديا (الموسوعة الحرة)، **تحلية مياه**، مرجع سابق.

[33] Omar SAIF, **the future outlook of desalination in the gulf: challenges & opportunities faced by Qatar & the UAE**, 18/12/2012, p.p 8-9. Seen on 20/04/2017,
http://inweh.unu.edu/wp-content/uploads/2015/05/The-Future-Outlook-of-Desalination-in-the-Gulf1.pdf

[34]كمال بوعظم، أمال ينون، **تحلية مياه البحر في الجزائر: بين توفير مياه الشرب وحماية البيئة خلال الفترة 2005–2015**، مجلة الباحث، عدد 16، جامعة ورقلة، الجزائر، 2016، ص 327.

[35] طه بن عثمان الفراء، **أمن الموارد المائية في دول الخليج العربية: الواقع والمستقبل**، مركز الجزيرة للدراسات، 2015/01/15، شوهد بتاريخ 2017/05/19،
http://studies.aljazeera.net/ar/files/gccpath/2015/01/20151158464753763.html

[36] نفس المرجع السابق.

[37]محمد وكيل شاه زاد وكيم تشون نغ، **على الطريق نحو استدامة المياه في الخليج، دراسات جديدة تحمل إمكانية ابتكار طرق أكثر فاعلية لأنظمة تحلية المياه في الخليج**، 30/09/ 2016، شوهد بتاريخ 2017/05/19،
http://www.natureasia.com/ar/nmiddleeast/article/10.1038/nmiddleeast.2016.149

[38]بهاء الرملي، مرجع سابق.

[39] Omar SAIF, op cit, p 8.
[40] Ibid, p 26.