إدارة
برامج العلوم والبحث العلمي

واقع وآفاق تحلية المياه في الوطن العربي ومدى إمكانيّة استخدام الطاقات المتجدّدة

أ. د. محمّد المعالج
م. صالح بوقــشّــة

١- مـــقـــدّمـــة

لقد أدّى استنزاف الموارد الطبيعيّة مثل الطاقات الأحفوريّة والمياه وبعض المعادن خلال القرن العشرين، إلى وضع مأسويّ جعل المنظّمات العالميّة تطلق صيحة فزع تمثّلت في تنظيم قمّة الأرض بريو سنة ١٩٩٢، وهي القمّة التي تمّ التأكيد فيها على حقّ الأجيال القادمة في الموارد الطبيعيّة الأساسيّة مثل الماء والطاقة، وحقها في بيئة سليمة. وقد أكّد المجتمع الدولي بالخصوص في الفصل ١٨ من أجندا ٢١ على وجوب ترشيد استهلاك المياه وبعث إدارة رشيدة لمصادرها، إذ لا يمكن بدونها استمرار الحياة على وجه الأرض.

ويبدو الانشغال بمشكل المياه غريبا في بادئ الأمر، إذ أنّنا نعلم أن المياه تغطّي حوالي ¾ من سطح الأرض (٧٢ %) وأنّ حجمها الضخم يساوي ١,٥ مليار كم^3 تقريبا. غير أنّ هذه المياه مالحة بنسبة ٩٧,٥ % ، ولا يمكن استعمالها لا للشراب و لا للصناعة أو الزراعة، ولا يمثّل الماء العذب إلاّ ١ % فقط على أقصى تقدير.

و رغم محدوديّة المياه العذبة، فقد عمد الإنسان إلى تبذير هذا المورد الثمين؛ وكلّما ارتفع مستوى عيشه ازداد استهلاكه للماء (٦٠٠ ل/اليوم للأمريكي، ٢٥٠-٣٥٠ ل/اليوم للأوروبي و أقلّ من ٣٠ ل/اليوم للإفريقي). و قد أصبحت موارد المياه المتجدّدة وغير المتجدّدة غير كافية و مهدّدة بالانقراض أو بالتلوّث، خاصة أنّ عدد سكان الأرض في ازدياد مطّرد، إذ كان هذا العدد سنة ١٩٣٠: ٢ مليار نسمة، وبلغ سنة ١٩٩٩: ٦ مليار نسمة، ويتوقّع أن يبلغ هذا العدد في أواخر القرن الحادي والعشرين : ١٢ مليار نسمة، و يتنبّأ الديوان العالمي للمياه (OIE) بأن أكثر من نصف سكّان الأرض سيشكون نقصًا في الماء العذب سنة ٢٠٢٥، علما أنّ المجلس العالمي للماء التابع للأمم المتّحدة قد نشر أخيرًا أنه يموت أكثر من ٥ ملايين نسمة ويمرض أكثر من ٣٠ مليون نسمة في السنة بسبب الماء.

لكلّ هذه الأسباب، يعتقد كثير من العلماء والمختصّين في الاستشراف أنّ القرن الحالي سيشهد صراعات عنيفة حول استغلال مصادر المياه، وقد تقوم حروب حول النّزاع على هذه المصادر خاصّة أن مئات الأحواض المائيّة تقع بين الحدود الدوليّة (٣٠٠ منطقة صراع على الماء بين الدول في العالم) ممّا يؤدّي إلى مثل هذه الصّراعات على المستوى الإقليمي والعالمي ،إضافة إلى أنّ توزيع مصادر المياه بين الدّول غير متماش مع عدد سكانها، فسكّان الصّين يمثّلون ٢٢ % من سكان العالم بينما تمثل المصادر المائيّة المتوفرة لهم ٧ % .

كما سيؤدّي هذا الوضع إلى إجبار أصحاب القرار في مختلف البلدان المعنيّة على اتّخاذ إجراءات هامّة أوّلها إنشاء إدارة رشيدة للمياه. و تتّفق كلّ الإستراتيجيّات حول محورين أساسيّين: أوّلهما تنمية الموارد المائيّة، و ثانيهما ترشيد استهلاك المياه. أمّا تنمية الموارد فتكون بتجميع مياه الأمطار، والاعتناء بأحواض الأنهار، والعمل على تغذية الطبقات المائيّة الجوفيّة ولو بصفة اصطناعيّة، و معالجة و استخدام مياه الصرف الصحّي والزّراعي و المياه المالحة للريّ، وتحلية المياه المالحة ومياه البحر...ولا يتمّ ذلك إلا

بإرساء إدارة رشيدة تجمع المعلومات الصحيحة وتأخذ القرارات اللازمة. وأمّا ترشيد الاستهلاك فيكون بتوعية المواطنين بكلّ فئاتهم وتطوير طرق الري، والرّفع من كفاءتها، وتطبيق نتائج الأبحاث العلميّة، وحماية المياه من التلوّث، واختيار الأساليب المقتصدة للماء في الصّناعة والسّياحة والاستخدامات المنزليّة، واجتناب التبذير بكلّ أنواعه. وترى المنظّمات الوطنيّة والدوليّة المسؤولة عن المياه، أنّ هذه القرارات ضرورية لمواجهة الظروف الصعبة إن لم نقل المأسويّة التي تواجه كثيرًا من دول العالم.

أمّا في ما يخصّ أقطار الوطن العربي فإنّها توجد في حزام المناطق القاحلة أو شبه القاحلة، وهي بذلك تعتبر من البلدان الأكثر فقرًا في الموارد المائية الصالحة للاستعمال، كما أن الأوضاع الجغرافيّة والسياسيّة، وخاصّة في منطقة الشرق الأوسط، حرجة جدّا نظرا إلى الحالة التي عليها المنطقة ومطامع الدول المجاورة (إسرائيل، تركيا..) في المياه العربيّة. فالموارد على قلّتها تتنازعها دول متجاورة، ونعطي على سبيل المثال نهر النيل الذي تتقاسمه عشر دول، ونهر الأردن الذي تشترك فيه خمس دول: المملكة الأردنيّة الهاشميّة، وسوريا، ولبنان، وفلسطين، وإسرائيل. واستغلال إسرائيل للمياه اللبنانيّة إثر احتلالها للجنوب اللبناني مثال ليس بالبعيد. كما تجب الإشارة بكلّ جديّة إلى مطامع إسرائيل المعلنة والخفيّة في المياه العربيّة، فهي لا تزال تسيطر حاليًّا على المياه الفلسطينيّة ومياه الجولان، وقد استغلّت كل الموارد المائيّة في الأراضي المحتلّة قبل ١٩٦٧، وبالتالي فإنّه ليس من السهل أن تتراجع عن بعض الأراضي التي احتلّتها سنة ١٩٦٧، هذا بالإضافة إلى المطامع الإسرائيليّة في المياه العربيّة الأخرى. وتجدر الإشارة إلى أنّ المستوطنات في الأراضي التي أصبحت تحت السلطة الفلسطينية منذ ١٩٩٦ تستحوذ على أكبر قسط من الماء، وفي قطاع غزّة على سبيل المثال، يستغلّ ٥٠٠٠ مستوطن إسرائيلي ٨٠ % من الموارد المائية، بينما يكتفي مليون فلسطيني بـــالـــ ٢٠ % الباقية. هذا السلوك العنصري يؤكّد ما نقرأ على مدخل الكنيست: "حدودك يا إسرائيل من الفرات إلى النيل" ونتذكّر الخطين الأزرقين في علم الصهاينة واللذين يرمزان إلى نهري الفرات والنيل *. ويتجلّى اهتمام الإسرائيليين بموضوع المياه في جعله دائما في مرتبة الأمن النووي أو أكثر، وإصرارهم في كل مراحل مفاوضاتهم مع العرب على إدراج موضوع المياه ضمن الأمور الأساسيّة (في مدريد، وكامب دفيد..)، وبذلك تكون قضيّة المياه من أخطر وأعقد القضايا بين العرب و إسرائيل.

و يتجلّى من هذه المقدّمة العامّة أنّ الموارد المائيّة على المستوى العالمي تشكو من أمرين اثنين: الملح والسّياسة. وأنّ اللجوء إلى تحلية المياه المالحة (الجوفيّة أو مياه البحر) يمكن أن يكون اختيارًا أساسيّا أو تكميليّا لسدّ العجز في توفير المياه العذبة حسب وضعيّة البلد. وإنّ الدول العربيّة هي أكثر الدّول حاجة إلى تحلية المياه. وليس بغريب أن نرى أنّ أعلى كميّات المياه المحلاة توجد حاليّا في دول الخليج العربي.

وسوف نحاول أن نقدم في هذه الدراسة عرضا موجزا لأوضاع المياه التقليديّة في الوطن العربي، ثم نذكّر بأهمّ أساليب التحلية المستخدمة صناعيّا والأساليب الخاصّة بالطاقات المتجدّدة و إن كانت في مستوى لبحث العلمي، ومكانة الطاقة في هذه الأساليب.

---

* دراسة مقارنة بين نهر الفرات ونهر النيل: محمد أحمد السامرائي ، مجلة الفكر السياسي ، عدد٨ سنة ٢٠٠٠ ،

بعد ذلك نقدّم المعلومات الخاصّة بموضوع تحلية المياه في البلدان العربية واستشراف المستقبل في حدود ٢٠٢٠ والكميّات المطلوب توفيرها عن طرق التحلية حسب فرضيّات وسطيّة بين التفاؤل والتشاؤم، ونلفت النظر إلى أهمية امتلاك العلم و التقانة لتحقيق الأمن المائي الحقيقي في الوطن العربي *، ثم نختم ببعض الملاحظات العامة.

* وقعت أحداث الحادي عشر من سبتمبر ٢٠٠١ إثر الاجتماع السابع للجنة العربية الدائمة للطاقات المتجددة، والمشاركون لا يزالون في عمّان بالمملكة الأردنية الهاشمية. والكلّ يعلم مدى استغلال هذه الأحداث لإظهار العداء للعالم العربي وشنّ حرب إعلامية على العرب والإسلام.

٢- لمحة حول الوضع المائي للدول العربيّة

عرف الإنسان منذ فجر التاريخ أهميّة المياه ودورها في استمرار الحياة على وجه الأرض، وبالتالي استمرار المجتمعات والدّول، ولهذا كثيرًا ما ارتبطت الحضارات بأسماء المصادر المائيّة (النيل، والأمازون، وما وراء النهرين ...). وكان الشعور بغزارة هذه الموارد سائدًا في العالم، ولم يتفطّن الإنسان إلى محدوديّة الموارد إلاّ بعد الحرب العالميّة الثانية، إذ بدأت بعض الدّول تواجه عجزًا لسدّ حاجيّاتها الضروريّة، و منها الدّول العربيّة، إذ أظهرت ندوة الكويت سنة ١٩٨٦ أن العجز سيتفاقم في المستقبل، ونادت بتحقيق الأمن المائي العربي. و منذ ذلك الحين، تناول الخبراء موضوع المياه في الوطن العربي، و قامت بعض المنظّمات العربيّة بتكوين اللجان العلميّة المختصّة، وشكّلت المنظّمة العربية للتربيّة والثقافة والعلوم لجنة دائمة خاصة بالموضوع، هي اللجنة العربية الدائمة للبرنامج الهدرولوجي الدّولي، وأصدرت عديدا من الكتب والدّراسات.

٢- ١ مياه الأمطار

يقدّر متوسّط الحجم الإجمالي لسقوط الأمطار في الوطن العربي سنويّا ب ٢٢٤٠ مليار م^3 تقريبا. وتختلف نسبة هذه الأمطار من بلد إلىآخر اختلافا كبيرا. ويسقط نصف هذه الكميّات في السودان. وأكبر كميّة من هذه الأمطار ترجع إلى الجوّ بالتبخّر، بينما يذهب الباقي إلى تغذية المياه الجوفيّة و الجريان السطحي. ويبين الجدول رقم ١ الهطول المطري السنوي في الأقطار العربيّة حسب أكساد ١٩٩٦.

٢- ٢ المياه السطحيّة (الأنهار والأودية والبحيرات)

أكبر الأنهار الموجودة في الوطن العربي هي النيل ودجلة والفرات، و تستمدّ مياهها من خارج الوطن العربي. أمّا باقي الأنهار، فلا يتجاوز عددها الخمسين بين متوسّطة (نهر الأردن، والعاصي..) وصغيرة (أنهار لبنان وسوريا والمغرب والجزائر وتونس)، بما فيها روافد الأنهار الثلاثة المذكورة سابقا. أمّا الأودية فهي تنتشر في الوطن العربي، ضمن شبكات يبلغ عددها الآلاف. وتتميّز هذه الأودية عادة بفيضاناتها الموسميّة، ويصعب تقدير كميّات المياه السائلة في هذه الأودية نظرا لقلّة المعلومات و صعوبة الحصول عليها. وأمّا البحيرات فهي توجد في بعض دول الوطن العربي، ومنها المفتوح على البحر، ومنها المغلق، ومنها العذب، ومنها المالح (مثل الشطوط في شمال إفريقيا).

٢- ٣ المياه الجوفيّة

تمتدّ المياه الجوفيّة في الوطن العربي إلى أعماق تصل إلى آلاف الأمتار، و منها ما هو متجدّد، ومنها ما هو غير متجدّد. و أهمّ الأحواض المائيّة في الوطن العربي هي ست "معقدات" مائية كبرى.

- حوض الجزيرة العليا (سوريا، تركيا، العراق: ١٠٠ ألف كم^2)
- حوض شرقيّ المتوسط (سوريا، لبنان، الأردن ، فلسطين: ٤٨ ألف كم^2)
- حوض حوران و جبل العرب (سوريا، الأردن، السعوديّة: ١,٥ مليون كم^2)
- حوض شرقيّ الجزيرة العربيّة (الجزيرة العربية، العراق، سوريا، الأردن: ١,٥ مليون كم^2)

ـــــ حوض العرق الكبير (تونس، الجزائر: ٦٠٠ ألف كم^{٢})
ـــــ حوض الحجر الرمليّ النوبي (ليبيا، مصر، السودان، تشاد: ٢ مليون كم^{٢})

٢- ٤ مياه التحلية

استخدمت تقنيّات تحلية المياه بدول الوطن العربي منذ ما يزيد عن ٣ عقود، وذلك مواكبة للأنشطة النفطيّة من جهة، ولتطوّر تقانات التحلية من جهة أخرى. وتطوّرت بشكل ملحوظ منذ منتصف السبعينات، استجابة للزيادة في معدّلات الطلب على المياه، خاصّة في الأوساط الحضريّة وفي مجال الصّناعة، وبسبب عجز الموارد التقليدية عن توفير الكمّيات المطلوبة. وسوف نتطرّق لهذا الموضوع في باب التحلية.

٢-٥ تقديم الإجابات الواردة من أقطار الوطن العربي (الموارد التقليدية)

إجابة عن الاستبيان الذي أعدّته المنظمة، وردت إجابات الدّول حول الموارد التقليديّة للمياه كما يلي:

ـــ المملكة الأردنية الهاشمية:

تمتد المملكة الأردنيّة الهاشميّة على مساحة تقارب ٩٠٠٠٠ كم^{٢} ويبلغ عدد سكّانها ٥ مليون نسمة. عاصمتها عمّان وعملتها الدّينار الأردني. تقدّر الكمّيات الجملية المتأتّية من الأمطار ب ٧ مليار م^{٣} في السنة يتبخّر منها حوالي ٨٥ ./. وتبلغ كمّيات المياه التقليديّة المتجدّدة المتاحة للاستخدام ٧٥٠ مليون م^{٣} / السنة، منها ١٠٠ مليون مياه جوفيّة . يضاف إلى ذلك حوالي ٢١٤٣ مليون يُمكن توفيرها سنويًّا من حوض الديسي وبذلك يكون نصيب الفرد من كامل الموارد ٥٧٨ م^{٣} في السنة.

ـــ دولة الإمارات العربيّة المتّحدة (لم ترد إجابات):

تقع دولة الإمارات العربيّة المتّحدة على الساحل الغربيّ للخليج العربي وتمتدّ على مساحة ٨٣٦٠٠ كم^{٢} ويبلغ عدد سكانها ٢,٣٠٣ مليون نسمة. عاصمتها أبوظبي وعملتها الدرهم الإماراتي. تتمثل الموارد المائيّة حسب المنشورات الحديثة كما يلي: ١٢٥ مليون م^{٣} في السنة مياه سطحيّة، و ٧٧٥ مليون م^{٣} في السنة مياه جوفيّة ويكون بذلك مجموع الموارد المائيّة التقليديّة المتجدّدة في حدود ٩٠٠ مليون م^{٣} في السنة ويكون بذلك نصيب الفرد ٣٩٠ م^{٣} في السنة.

ـــ دولة البحرين:

هي مجموعة جزر تقع في الخليج العربي تبلغ مساحتها ٧١٠ كم^{٢} ويبلغ عدد سكّانها سنة ٢٠٠٠: ٠,٦٩٠ مليون نسمة. عاصمتها المنامة وعملتها الدينار البحريني. تعتمد دولة البحرين لتلبية حاجيّاتها من المياه على خزّان جوفيّ هو خزان الدمّام الذي يوفّر حوالي ٢١٨ مليون م^{٣} في السنة (١٩٩٥)، أمّا المياه السطحية فتكاد تكون منعدمة وبذلك يكون نصيب الفرد من المياه الطبيعية ١٩٣ م^{٣} في السنة.

ـ الجمهورية التونسية:
تقع الجمهورية التونسية في الشمال الإفريقي وتمتد على مساحة ١٦٤٤١٨ كم^{٢}، ويبلغ عدد سكّانها ٩,٦٨٨ مليون نسمة (إحصائيات ٢٠٠٠). عاصمتها تونس وعملتها الدينار التونسي. تبلغ الموارد المائية الجمليّة ٤,٧٠٠ مليار م^{٣} في السنة منها ٢ مليار مياه جوفيّة. و تبلغ حصة الفرد سنة ٢٠٠٠ : ٥١٠ م^{٣} في السنة.

ـ الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية الاشتراكية :
تقع الجمهورية الجزائريّة في شمال إفريقيا وتمتدّ على مساحة ٢,٣٨١٧٤١ مليون كم^{٢} ويبلغ عدد سكّانها ٣٠,٩٤٢ مليون نسمة. عاصمتها الجزائر، وعملتها الدينار الجزائري. تقدّر الموارد المائيّة ب١٢,٩ مليار م^{٣} في السنة منها ٦,٩ مليار متجدّدة و ١,٦ مليار م^{٣} منها مستثمر حاليّا وهو ما يعطي ٥٣,٣ م^{٣} في السنة كنصيب للفرد، بينما يكون نصيب الفرد من الموارد الجمليّة ٤١٦ م^{٣} في السنة.

ـ جمهورية جيبوتي : (لم ترد إجابة قطرية)
توجد جمهورية جيبوتي في وسط إفريقيا على ساحل البحر الأحمر، و تمتد على مساحة ٢٣٢٠٠ كم^{٢}، ويبلغ عدد سكانها نصف مليون نسمة تقريبا. وتبلغ الموارد المائية حسب المنشورات العلمية: ١٩٩ مليون م^{٣} في السنة متأتية من المياه السطحية، ويكون نصيب الفرد ٣٩٨ م^{٣} في السنة.

ـ المملكة العربية السعودية:
تمتدّ المملكة العربيّة السعوديّة على مساحة ٢,٢٥٠٩٧٤ مليون كم^{٢} ويبلغ عدد سكّانها ٢١,٦٦١ مليون نسمة. عاصمتها الرّياض وعملتها الريال السعودي. يبلغ معدّل سقوط الأمطار على المملكة حوالي ٩٥ مم في السنة و يقدّر مخزون الموارد المائية الجوفيّة غير القابلة للتجديد بـــ ٣٣٧٥٠٠ مليون م^{٣}. أمّا الموارد المائية الجمليّة فهي تبلغ حاليا ١٧٣٣٦ مليون م^{٣} في السنة منها ١٤٨٣٦ مليون مياه جوفيّة غير قابلة للتجديد و ٢٥٠٠ مليون م^{٣} في السنة من المياه السطحية والجوفية القابلة للتجديد. ويكون نصيب الفرد من المياه التقليدية ٨٠٠ م^{٣} في السنة وإذا اعتبرنا المياه التقليدية المتجددة فقط فيكون نصيب الفرد ١١٥ م^{٣} في السنة.

ـ جمهورية السودان:
تقع جمهورية السودان في الشمال الشرقيّ لإفريقيا، وتمتدّ على مساحة كبيرة تبلغ ٢,٥٠٥٨١٣ مليون كم^{٢} ويبلغ عدد سكّانها حوالي ٣٣,٨٠٠ مليون نسمة. عاصمتها الخرطوم وعملتها الجنيه السوداني. تتكوّن الموارد المائيّة التقليديّة من ١٣٦,٥ مليار م^{٣} /السنة مياه سطحيّة و ٢٦٢,٨ مليار م^{٣} / السنة مياه جوفيّة. وتكون بذلك الموارد الجمليّة ٣٩٩,٣ مليار م^{٣} في السنة (وهذه الكميّات أكبر ممّا هو مذكور في المنشورات ٦١,٥٤٥ مليار م^{٣} في السنة). أمّا نصيب الفرد من هذه المصادر فهو ١٣٣١٠ م^{٣} في السنة (عوضًا عن ١٨٢٠م^{٣}

المذكور في المنشورات)، وهو أعلى نسبة في الوطن العربي، علمًا وأنّ نسبة الاستثمار لهذه الموارد تساوي ٥٩./.

ــ الجمهورية العربية السورية:
تقع الجمهورية العربية السورية غرب آسيا، وتطل على البحر الأبيض المتوسط، وتمتد على مساحة ١٨٥١٨٠ كم^{٢} ، ويبلغ عدد سكانها ١٨,٠٠٠ مليون نسمة. عاصمتها دمشق وعملتها الليرة السورية. بلغ الاستهلاك الجملي للمياه سنة ٢٠٠٠: ١٩,٦ مليار م^{٣} . بينما لا يتجاوز إجمالي الموارد المائية السطحية ١٧,٥ مليار م^{٣} في السنة. و تم تأمين ٢ مليار الباقية من المياه الجوفية . ويستنتج من هذا أن نصيب الفرد يبلغ ١١٠٠ م^{٣} في السنة.

ــ جمهورية الصومال الديمقراطية (لم يرسل التقرير القطري):
تقع جمهورية الصومال في الساحل الشرقيّ لإفريقيا، وتمتدّ على مساحة ٦٣٧٧٠٠ كم^{٢}، ويبلغ عدد سكّانها ٦,٩٠٠ مليون نسمة. عاصمتها مُقديشو، وعملتها الشلن الصومالي. وحسب معطيات أكساد، فإن الموارد المائيّة الجمليّة تقدّر بـــ ١١,٥ مليار م^{٣} في السنة، ويكون نصيب الفرد حوالي ١٦٦٠ م^{٣} في السنة.

ــ الجمهورية العراقيّة (لم يتعرض التقرير القطري لوضع المياه في العراق):
تقع جمهورية العراق غرب آسيا في موقع استراتيجي، و تمتدّ على مساحة ٤٣٨٤٤٦ كم^{٢} ،
ويبلغ عدد سكّانها ٢٢ مليون نسمة. عاصمتها بغداد، وعملتها الدينار العراقي. تكوّن الموارد المائية السطحية المتأتية من نهري دجلة والفرات والسدود والبحيرات مخزونا هامّا من المياه العذبة. وتبلغ الموارد المائيّة المتجدّدة حوالي ٨١ مليار م^{٣} في السنة، ويكون نصيب الفرد ٣٦٨٠ م^{٣} في السنة.

ــ سلطنة عُمان:
تقع سلطنة عُمان جنوب شرقيّ شبه الجزيرة العربيّة وتحتلّ مساحة تقدّر بـــ ٣٠٩٥٠٠ كم^{٢} ، ويقدّر عدد سكّانها ٢,٣١٠ مليون نسمة. عاصمتها مسقط وعملتها الريال العماني. توقر المياه السطحيّة ١٤٥٠ مليون م^{٣} في السنة، وتكون التغذية للمياه الجوفية في حدود ٤٧٥ مليون م^{٣} في السنة، بينما يكون السحب ٧٢٨ مليون م^{٣} أي بعجز يقدر بـــ ٢٥٣ مليون م^{٣} في السنة.

ــ دولة فلسطين :
مساحة الضّفة الغربيّة و قطاع غزّة تقدّر بحوالي ٦٠٠٣ كم^{٢}، أما المساحة التي هي الآن تحت سيطرة السلطة الفلسطينيّة فهي 1083 كم^{٢}. ويسكن هذه المناطق حوالي ٣,١٥ مليون نسمة . عاصمتها القدس الشريف، و عملتها الدينار الأردني. توجد ٣ أحواض مائيّة

رئيسيّة في الضفة الغربية، ولكن لا يسمح للفلسطينيّين بحفر الآبار إلاّ في حدود ١٠٠ مليون م^{٣} في السنة. ويشتري الفلسطينيّون باقي احتياجاتهم من الشركة الإسرائيلية للمياه التي تسحب الماء من الأحواض الثلاثة بكميات تقدر بـــ٤٥٠ مليون م^{٣} في السنة، بينما لا يصل لهذه الأحواض سوى ١٠٠ مليون م^{٣} في السنة ممّا أدّى إلى انخفاض مستوى المياه وجفاف بعض الآبار.أمّا في غزّة، فالمصدر الرّئيس للمياه هو الحوض الشرقيّ إذ يقع سحب ١٢٥ مليون م^{٣} في السنة بينما لا تقع تغذية هذا الحوض إلا بمعدّل ٨٥ مليون م^{٣} في السنة ممّا يؤدّي إلى انخفاض مستوى المياه وارتفاع درجة الملوحة. وقد يصعب تحديد نصيب الفرد في هذه الظروف، ويمكن القول أن نصيب الفرد يتراوح بين ٧٥ و ١٠٣ م^{٣} في السنة.

ـــ **دولة قطر** (لم ترد إجابة الدولة):
تقع دولة قطر في شبه الجزيرة العربيّة داخل الخليج العربي، و تمتدّ على مساحة ١١٤٢٧ كم^{٢} ، ويبلغ عدد سكّانها ٠,٦٩٧١٢٦ مليون نسمة. عاصمتها الدّوحة، وعملتها الريال القطري. تبلغ الموارد المائيّة الجمليّة حسب المصادر المنشورة بـــ ١٤٤ مليون م^{٣} /السنة، ويكون نصيب الفرد ٢٠٨ م^{٣} في السنة.

ـــ دولة الكويت:
تقع دولة الكويت شمال غرب شبه الجزيرة العربيّة، وتمتدّ على مساحة ١٧٨١٨ كم^{٢} و يبلغ عدد سكّانها حوالي ٢,١٩ مليون نسمة. أمّا فيما يتعلّق بالموارد المائيّة التقليديّة، فإنّها تنحصر في ٢٠٠ مليون م^{٣} في السنة متأتّية من المياه الجوفيّة، وبذلك يكون نصيب الفرد من المياه التقليديّة ٨١ م^{٣} في السنة.

ـــ **الجمهورية اللبنانية** (لم ترد إجابة):
تقع الجمهورية اللبنانية غرب آسيا، وتطلّ على البحر الأبيض التوسّط. تمتدّ على مساحة ١٠٤٥٢ كم^{٢} ، ويبلغ عدد سكّانها ٣,٦٠٠ مليون نسمة. تبلغ الموارد المائيّة التقليديّة ٦,٨ مليار م^{٣} في السنة منها ٤,٨ سطحيّة و2 جوفيّة، ويكون نصيب الفرد ١٨٨٩ م^{٣} في السنة.

ـــ الجماهيرية العربيّة الليبيّة الشعبيّة الاشتراكيّة العظمى:
تقع الجماهيريّة شمال وسط القارة الإفريقيّة، و تمتدّ على مساحة تقدر بـــ ١,٧٥٧ مليون كم^{٢} ويبلغ عدد سكّانها ٦،٨ مليون نسمة. عاصمتها طرابلس، وعملتها الجنيه الليبي. تتكوّن الموارد المائيّة الجمليّة من ٣,٥٥٠ مليار م^{٣} في السنة، المتاح منها٨٤٥ مليون م^{٣}. تتكوّن المصادر المتاحة من ١٩٥ مليون م^{٣} مياه سطحيّة و ٦٥٠ مليون م^{٣} في السنة مياه جوفيّة ويكون بذلك نصيب الفرد ١٢٤ م^{٣} في السنة.

ـــ جمهورية مصر العربيّة:
تقع جمهورية مصر العربيّة في الشمال الشرقي لقارة إفريقيا، وتمتدّ على مساحة تقارب المليون كم^{٢} (٩٩٧٧٣٨ كم^{٢}) ويبلغ عدد سكّانها ٦٦,٠٥٠ مليون نسمة. تقدّر الموارد

المائيّة التقليديّة حسب ما جاء في التقرير القطريّ بـــ٥٩ مليار م^3 في السنة، منها ٤ مليارات جوفيّة و بذلك يكون نصيب الفرد ١٦٧ م^3 في السنة.

ـــ المملكة المغربيّة:

تقع المملكة المغربيّة في أقصى شمال غرب القارّة الإفريقيّة، وتمتدّ على مساحة ٥٦٠ كم^2، ويبلغ عدد سكّانها ٢٨,٦٩٠ مليون نسمة. عاصمتها الرّباط، وعملتها الدرهم المغربي. تقدّر الموارد المائيّة التقليديّة الجمليّة بـــ ٢٣ مليار م^3 في السنة منها ٤ مليار م^3 جوفيّة متجدّدة والباقي مياه سطحيّة. ونسبة استثمار هذه الموارد ٧٤./. أي ١٧ مليار م^3 في السنة، نصيب الفرد منها ٥٩٠ م^3 في السنة (نصيب الفرد من الموارد الجمليّة ٨١٠ م^3 في السنة) .

ـــ الجمهورية الإسلاميّة الموريتانية:

تقع الجمهورية الإسلامية الموريتانيّة في غرب إفريقيا على المحيط الأطلسي، وتمتدّ على مساحة ١,٣٠١ مليون كم^2 وتسكنها حوالي ٢،٦٠٠ مليون نسمة.عاصمتها نواكشوط وعملتها الأوقية. تبلغ الموارد المائية التقليديّة الجمليّة ٦ مليار م^3 في السنة. ويبلغ الاستهلاك ما بين ٨ و ٤٠ ل في اليوم.أما نصيب الفرد فيكون ٢٩٩٤ م^3 في السنة.

ـــ الجمهورية اليمنيّة:

تقع الجمهورية اليمنيّة في جنوب غرب شبه الجزيرة العربيّة وتمتدّ على مساحة ٥٥٥٠٠٠ كم^2 ويبلغ عدد سكّانها ١٨ مليون نسمة.عاصمتها صنعاء، وعملتها الريال اليمنيّ. تتكوّن الموارد المائيّة التقليديّة الجمليّة من ٢,٥ مليار م^3 في السنة منها مليار متأتّية من المياه الجوفيّة. ويكون نصيب الفرد منها ١٣٩ م^3 في السنة.

2- 6 تلخيص الوضع:

تختلف تقديرات الكمّيات الجملية للمياه في الوطن العربي حسب المصادر. ونحن نعلم أن هذه التقديرات صعبة جدا، وتتغيّر من سنة إلى أخرى. ونؤكّد على أنّ المعلومات الواردة في الفقرة السابقة هي على مسؤوليّة محرّري التقارير القطريّة ممثّلي الدول العربيّة في الاجتماع السابع للجنة العربية الدائمة للطاقات المتجدّدة (عمّان ٣ – ٧ سبتمبر ٢٠٠١). ويمكن تلخيص الوضع (مع إمكانية بعض الخطأ) كما يلي:

إجمال المصادر المائيّة المتاحة في الوطن العربيّ حوالي ٣٧٠ مليار م^3 (وحوالي ٧٠٠ مليار م^3 حسب التقارير القطريّة، ويبدو أن الفرق الكبير متأتّ من تقديرات الموارد المتاحة في السودان خاصّة ، انظر الجدول رقم ٢)، و يستعمل منها حاليا أكثر من ٢١٠ مليار م^3 في السنة، وتتوزّع حسب القطاعات إجماليًّا كما يلي: ٤ % للاستخدام البشري و ٤ % للصناعة والباقي للزراعة. مع العلم أن هذه النسب تختلف من قطر إلى آخر. ورغم أن أكبر قسط من المياه يستخدم في الزّراعة، فإن البنك الدولي يؤكّد على أنّ ندرة الماء. لا تزال تمثّل عائقا أساسيّا أمام تنمية الإنتاج الزراعي. وتتوزّع هذه المصادر بين مجموعات دول الوطن العربيّ كما يلي:

دول المشرق العربي : ٤١ %

دول المغرب العربي: ٢٣ %
دول حوض النيل : ٣١ %
الجزيرة العربية : ٥ %.

وتجدر الإشارة إلى بعض النقاط الهامّة :

ــ نظرا إلى محدوديّة المياه السطحيّة، يعتمد الوطن العربيّ على المياه الجوفيّة المتجدّدة وغير المتجدّدة ويستهلكها في بعض الأحيان إلى حدّ الاستنزاف، وهذا يهدّد مستقبل الأجيال القادمة.

ــ هدر الموارد المائية والتبذير في الاستهلاك.

ــ ضياع الماء في شبكات التوزيع، حيث تصل هذه النسب في بعض الأحيان إلى ٦٠ % .

ــ ارتفاع نسبة معدّل النموّ السكّاني في بعض الدّول العربيّة ارتفاعا هامًّا، وما ينجرّ عن ذلك من زيادة الطلب على الماء.

ــ التلوّث الذي يكوّن المشكل الثاني للحفاظ على الماء بعد الهدر (التبذير والضّياع)

وكل هذه المشاغل وغيرها التي لم نذكرها أدّت إلى انشغال المسؤولين في الدّول العربيّة وفي المنظّمات الدوليّة والعربيّة بالموضوع. و نذكر مؤتمر الأمن المائي العربي الذي انعقد بالقاهرة في شهر فبراير ٢٠٠٠، والمؤتمر العربيّ الوزاري أكساد ألكسو، والمؤتمر العالمي للمياه في لاهاي (هولاندا)، و كانت فرصة للوطن العربيّ لطرح هذه المشاكل وتقديم وجهات نظره في الموضوع.

جدول رقم (1) الهطول المطري السنوي في الأقطار العربية

الأقاليم / الدول	هطول الأمطار السنوي ملم	< 100 ملم مليار م³	300-100 ملم مليار م³	300 < ملم مليار م³	كمية الأمطار الهاطلة مليار م³
I – المشرق العربي					
1 – الأردن	650 - 50	4	3	2	9
2 – سوريا	1000 - 100	6	18	22	46
3 – العراق	1200 - 50	12	35	23	70
4 – فلسطين	1000 - 100	0	1	7	8
5 – لبنان	1500 - 200	0	0	9	9
		22	**57**	**63**	**142**
II – الجزيرة العربية					
6 – الامارات	160 - 80	1	1	0	2
7 – البحرين	100 - 75	0	0	0	0
8 – السعودية	400 - 35	89	25	13	127
9 – عُمان	400 - 80	5	8	2	15
10 – قطر	100 - 75	1	0	0	1
11 – الكويت	140 - 30	1	1	0	
12 – اليمن	1400 - 110	7	31	29	67
		104	**66**	**44**	**214**
III – الاقليم الاوسط					
13 – جيبوتي	300 - 25	1	3	1	5
14 – السودان	1800 - 20	42	76	976	1094
15 – الصومال	600 - 50	7	39	145	191
16 – مصر	200 - 20	11	4	0	15
		61	**122**	**1122**	**1304**
IV – المغرب العربي					
17 – تونس	1500 - 60	3	3	19	35
18 – الجزائر	1000 - 20	68	23	95	185
19 – ليبيا	500 - 5	28	17	4	50
20 – المغرب	2000 - 50	29	34	87	150
21 – موريتانيا	600 - 50	29	74	54	157
		157	**161**	**259**	**577**
الوطن العربي		**344**	**406**	**1488**	**2238**

المصدر : الموارد المائية المتاحة في الوطن العربي و

أكساد 1996

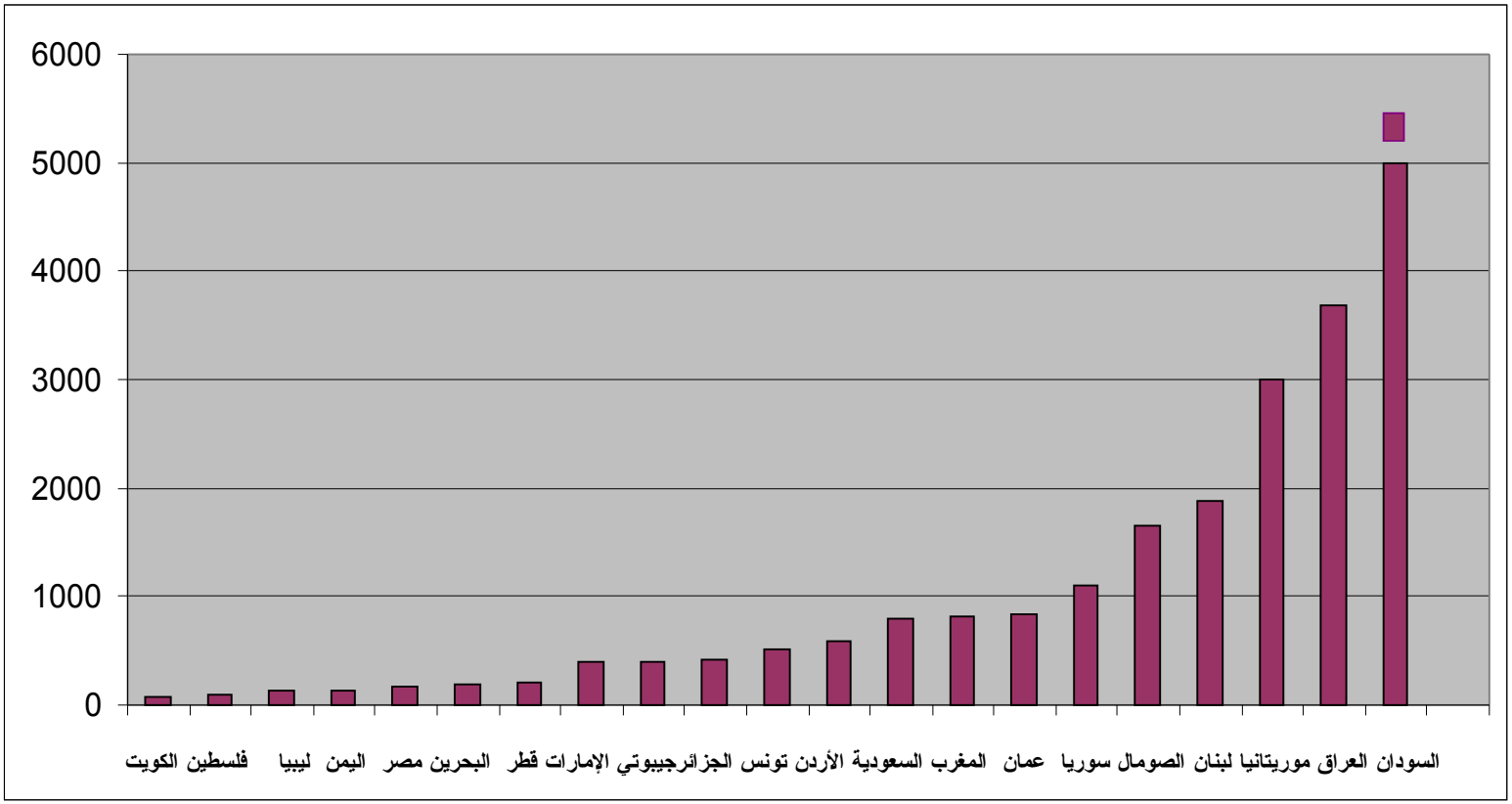
الدولة	المياه السطحية مليون م ٣/س	المياه الجوفية مليون م ٣/س	المجموع مليون م ٣/س	عدد السكان بالمليون	نصيب الفرد م٣/س
الأردن	650	2243	2893	٥	587
الإمارات	125	775	900	٢,٣٠٣	390
البحرين	———	218	218	٠,٦٩٠	193
تونس	2700	2000	4700	٩,٦٨٨	510
الجزائر	—	—	12900	٣٠,٩٤٢	416
جيبوتي	199	—	199	٠,٥	398
السعودية	٢٥٠٠	١٤٨٣٦	١٧٣٣٦	٢١,٦٦١	٨٠٠
السودان	136500*	262800*	399300*	٣٣,٨٠٠	13310*
سوريا	17500	2000	19500	١٨	1100
الصومال	—	—	11500	٦,٩	1660
العراق	—	—	81000	٢٢	3680
عمان	1450	475	1925	٢,٣١	833
فلسطين	—	225	225	٣,١٥	١٠٣
قطر	—	—	144	٠,٦٩٧	208
الكويت	0	200	200	٢,١٩	81
لبنان	4800	1300	6800	٣,٦	1889
ليبيا	195	650	845	٦,٨	124
مصر	55000	4000	59000	٦٦,٠٥	167
المغرب	19000	4000	23000	٢٨,٦٤	810
موريتانيا	—	—	6000	٢,٦	2994
اليمن	1500	1000	2500	١٨	139
المجموع			٦٥٠٧٨٥	٢٨٥,٥٢١	

جدول رقم ٢ : الموارد المائية التقليدية بالوطن العربي ونصيب الفرد منها

* مصادر التقرير القطري مرتفعة جدًا بالنسبة لما نجده في المنشورات العلمية أكثر من ٥ أضعاف.

إن مجموع الموارد المائية التقليديّة حسب التقارير القطريّة يساوي ٦٥٠,٧٨٥ مليار م٣/س، بينما نجد في الإحصائيات المنشورة ٣٧٠ مليار م٣ في السنة أي أكثر من نصف الكميّات المصرّح بها في التقارير القطريّة وخاصّة فيما يتعلّق بالموارد في السودان . أما معدّل نصيب الفرد من هذه الموارد إذا أخذنا الموارد الجمليّة وأخذنا نصيب الفرد العربيّ دون الأخذ بعين الاعتبار عدد الدول العربيّة، فإنّنا نتحصّل على المعدّل التالي : ٢٨٥,٥٢١/٦٥٠٧٨٥=٢٢٧٩ م٣/س. وإذا أخــذنا مجموع
الموارد ٣٧٠ مليارم٣/س، فإنّ نصيب الفرد سيكون ١٢٨٥ م٣/س.

نصيب الفرد من المياه التقليديّة بالمتر المكعّب في السنة



٣- أساليب التحلية

٣- ١ التطوّر التاريخي لتحلية المياه

بالرّغم من أنّ كميّة المياه الكلّية على سطح الكرة الأرضيّة تقدّر، مثلما سبق أن ذكرنا في المقدّمة، بحوالي ١,٥ مليار كم^{٣} أي ما يغطيّ سطح الأرض بعمق يصل إلى حوالي ٣ كم ،فإن المياه السطحيّة العذبة المتمثلة في الأنهار والبحيرات والمياه الجوفيّة المخزونة في باطن الأرض تمثل نسبة ١ ./. فقط إن لم نقل أقل، بينما تستأثر البحار والمحيطات بما يقدر بـــ ٩٧,٥ ./. من هذا الكم الهائل من المياه ممّا يعطي أهميّة خاصّة لمياه البحر كمصدر مائيّ مستديم. وتعتبر تحلية المياه قديمة قدم الأرض نفسها، إذ أن الدّورة المائيّة والتي يتمّ فيها تبخّر مياه البحار والمحيطات ذات الملوحة العالية ثمّ تكثفها وسقوطها على هيئة أمطار وثلوج تكاد تخلو من الأملاح الذائبة هي أكبر نظام تحلية على الإطلاق.

و قد عرف الإنسان تحلية المياه منذ العصور القديمة . فقد وردت أوّل إشارة إلى تطبيق مبادئ التحلية بطريقة التبادل الأيوني في الإنجيل عند ما لم يجد قوم النبيّ موسى عليه السلام ماءً عذبا يشربونه وهم تائهون في الصحراء، فاستخدموا مادة للمبادلة الخشبيّة لتحلية المياه المالحة ، كما ورد أوّل شرح لـــمبادئ التحلية في كتاب المترولوجيا لأرسطاطاليس (٣٨٤ إلى ٣٢٢ ق م) حيث ذكر أنّه عند وضع إبريق مغلق من الطين أو الشمع في البحر فإنّ المياه التي تتجمّع داخل الإبريق ستكون عذبة نتيجة انفصال الأملاح عنها. كما أمكن العثور على أدلّة عن استعمال الإنسان لطريقة التبخير للحصول على ماء صالح للشّراب وذلك من القرن الرابع الميلادي.

ويعتبر جابر بن حيّان أوّل من وضع قواعد التقطير وصنّفها وذلك في أواخر القرن السابع الميلادي. غير أنّ أوّل إشارة إلى التحلية بطريقة التبخير وردت في كتاب " أصول الفواصل الحقيقيّة للعقاقير " لابن منصور موفّق بن علي العدوي في أواخر القرن التاسع الميلادي. وقد نشأت أوّل محطة بدائيّة لتحلية مياه البحر على شواطئ تونس سنة ١٦٥٠، و في الشيلي سنة ١٨٨٣. بينما أنشئت أوّل محطّة للتحلية بسعة تجارية (حوالي ٢٤٠٠ م^{٣} في اليوم) في جزر الأنتيل الهولنديّة سنة ١٩٣٠.

وتطوّرت طرق التحلية بالتبخير عبر القرون، وتقدّمت كثيرا في القرن التاسع عشر نتيجة اكتشاف المحرّك البخاري. غير أنّ التطور الفعلي لتقنية التحلية كان خلال الحرب العالمية الثانية وما بعدها . ولقد أجريت أبحاث عديدة للبحث عن طرق أخرى لتحلية المياه غير التقطير، وقد أسفرت فيما بعد عام ١٩٥٠ عن اكتشاف طريقتي التناضح العكسي والفرز الكهربائي (الفصل الكهروغشائي أو الديلزة الكهربائية)، وهما طريقتان لتحلية المياه باستخدام الأغشية.

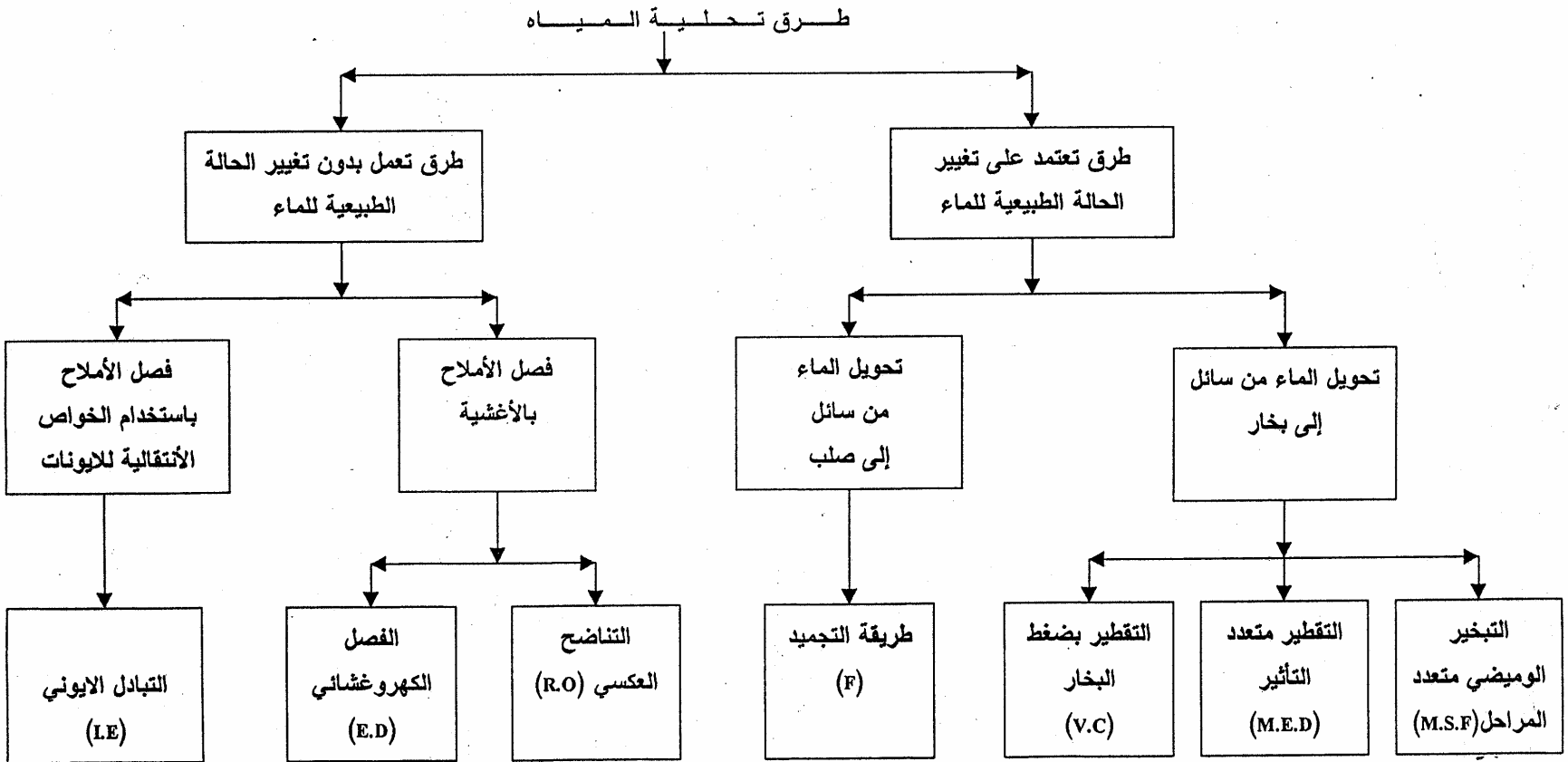
٣- ٢ مبادئ تحلية المياه

تهدف تحلية المياه إلى إزالة أو خفض الأملاح الذائبة بمياه البحر أو المياه الجوفيّة أو السطحيّة المالحة، ويتمّ ذلك إمّا بتغيير الحالة الطبيعيّة للمياه بتحويلها من سائل إلى بخار يكثّف فيما بعد وهو ما يعرف بالطرق الحراريّة، وتشمل تقنيات التبخير الومضي (الوميضي أو الفجائي) متعدّد المراحل والتقطير متعدّد التأثير والتقطير بضغط البخار ، أو بتحويلها من سائل إلى صلب يُعاد تسييله بعد غسل الأملاح وهو ما يعرف بطريقة

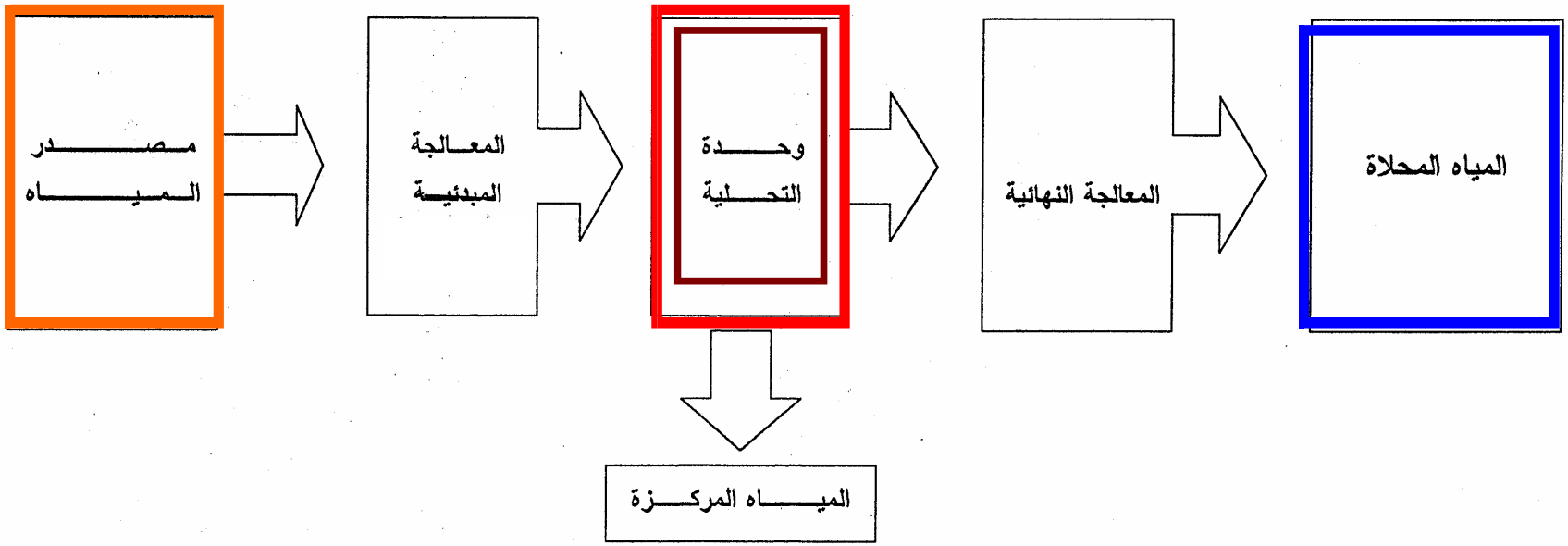
التجميد ، أو بدون تغيير الحالة الطبيعية للمياه وذلك بواسطة أغشية ذات نفاذيّة انتقائيّة، كما هو الحال في طريقتي التناضح العكسي و الفرز الكهربائي. كما يمكن استخدام الخواص الانتقالية للأيونات في إزالة الملوحة كطريقة التبادل الأيوني (شكل ١).

وبشكل عام فإن كافة منظومات التحلية تتضمّن ثلاث مراحل رئيسيّة هي المعالجة المبدئية (الأوّليّة)، ووحدة التحلية، والمعالجة النهائيّة (شكل ٢)، بحيث تهدف المعالجة المبدئيّة إلى تهيئة مياه البحر أو المياه الزعاق لعمليّة التحلية، وتتضمّن عددا من عمليّات المعالجة الفيزيائية والكيميائية المستخدمة، بينما تهدف المعالجة النهائية إلى جعل المياه المحلاّة مناسبة للاستعمالات المقصودة، ويتمّ تحديد المعالجات النهائيّة المطلوبة وفقا لذلك.

لاقطات شمسيّة لمحطة تحلية بالمملكة العربية السعودية



شكل (1) التقنيات المختلفة لتحلية المياه



شكل (2) المكونات الأساسية لمنظومات التحلية

٣ – ٣ طرق التقطير (أو التبخّر)

يعتبر التقطير من أقدم الطرق المعروفة لفصل الماء العذب عن الماء المالح. فعندما ترتفع درجة حرارة الماء المالح إثر تزويده بكميّة من الطاقة الحراريّة، حتّى يصل للغليان، يتصاعد البخار منه، بينما يتبقّى الملح ليرفع تركيز الماء المتبقّي. وعندما يلتقي البخار بسطح بارد، يُكثّف إلى ماء عذب. وعلى ذلك فإن التقطير لا يحصل إلا بإضافة طاقة حرارية للماء المالح لتبخيره، ثم تفصل هذه الطاقة من البخار عندما يتكثّف إلى ماء عذب.

ـ الطاقة اللازمة للتقطير

عند تسخين الماء ترتفع درجة حرارته حتى تصل إلى درجة الغليان، وعند الغليان فإن كلاً من الماء والبخار يكونان على درجة حرارة واحدة، ومع ذلك فإن تحويل الماء إلى بخار يتطلب طاقة حراريّة دون أن تتغيّر درجة الحرارة، وهو ما يسمّى بالطاقة الكامنة للتبخير، وهذه الطاقة ذات قيمة كبيرة لعمليّات التقطير. فكميّة الطاقة الحراريّة اللازمة لتحويل ماء إلى بخار تزيد تقريبا خمس مرّات عن كميّة الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة هذا الماء من التجمّد إلى درجة الغليان. وعندما يتكثّف البخار فإنّه يرد طاقة للسطح البارد الذي يتكثّف عليه تُسمّى أيضا الطاقة الكامنة للتكثّف. ولذلك ترتفع درجة حرارة السطح البارد (المكثّف)

ـ استرجاع الطاقة والسيطرة على التـــرسبات

بما أن التقطير يجري على مرحلتين: إحداهما التبخير والأخـــرى التكثيـــف، فـــإن الحرارة يجب أن تضاف في مرحلة وأن تزال من المرحلة الأخرى. ولو أجريت هاتـــان الخطوتان بدون صلة بينهما، فإن العمليّة لن تسير بكفاءة عالية وستكون مكلفة. وفي كـــل عمليّات التقطير التي سيجري شرحها، فإن البخار يكثّف عن طريق نقل الطاقة الحراريـــة من البخار إلى الماء المالح كجزء من الطاقة اللازمة لتحويل كمّية أكبر من المـــاء إلـــى بخار. و في هذه الطريقة فإن جزءا من الطاقة الحراريّة المستخدمة في خطـــوة تســـترجع وتستخدم ثانية في الخطوة الأخرى.

و إحدى نظريّات الطرق العاديّة في انتقال الحرارة من البخار إلـــى المـــاء المـــالح تكون عن طريق جعل البخار الساخن يتلامس مع أسطح الأنابيب المعدنيّـــة التـــي يمـــرّ خلالها الماء المالح البارد. و من أكبر العوائق التكنولوجيّة التي تواجه عمليات التقطيـــر، هو منع تكوين الأملاح على أسطح مبادلات الحرارة. وماء البحر ماء عسر للغاية وذلـــك لتواجد أملاح الكالسيوم مثل كبريتات الكلسيوم التي تصبح أقل قابليـــة للـــذوبان مـــع ارتفاع درجة الحرارة، ومع الزيادة العاديّة لذوبان كبريتات الكالسيوم (عند حـــوالي ١٢٠ درجة ف) فإنّ ترسّبات كبريتات الكالسيوم تبدأ في الترسّـــب علـــى أســـطح الإنـــاء أو الأنابيب التي يجري تسخين ماء البحر داخلها. وهذه الطبقة المتماسكة من الأملاح يطلق عليها اسم "القشور"، و تعمل كعازل يقلّل من كفاءة انتقال الحرارة على الجدران.

وباستخدام مواد مانعة أو مؤجّلة للترسّبات، أمكن الزيادة فـــي درجـــات الحـــرارة والرّفع من كفاءة وحدات التحلية بأساليب التقطير.

ـ التقطير الومضي (الوميضي أو الفجائي) متعدد المراحل (التأثير)

هذه الطريقة تعتمد على حقيقة أنّ الماء يغلي عند درجات تقلّ باستمرار بتعريضه لضغوط مخفّفة. وقد لاقت استخدامات واسعة يمكن تبنّيها من خلال تسخين الماء أي ماء البحر ثم إدخاله إلى حجرة مخلخلة الضغط إلى حدّ أنّه يحدث له غليان مباشر و مفاجئ (الشكل رقم ٣)، وهو ما يسمّى بالومض ، فيتحوّل إلى بخار. وتسبّب عملية التبخير هذه خفض درجة حرارة الكمّيّة الباقية من الماء المالح. وبدفع هذا الماء إلى غرفة ثانية ذات ضغط أقلّ من الأولى، فإن كمّيّات إضافيّة من الماء تومض إلى بخار وتقلّ حرارة الماء المتبقّي ثانية ويتمّ تكثيف البخار الناشئ من عمليّة الومض بملامسة مع المبادل الحراري حيث يمرّ خلاله الماء المالح قبل دخوله إلى غرفة التسخين. وهكذا فإنّ الحرارة التي تُنزع من البخار تكثّفه وتحوّله إلى ماء عذب، و تنتقل إلى ماء البحر لتمدّه بجزء من الطاقة الحراريّة اللازمة لغليانه (شكل ٤).

ـ طريقة التقطير متعدد المراحل (التأثير) (MED)

تتمّ عمليّة التّبخير في هذه الطريقة عن طريق ملامسة مياه البحر لأسطح أنابيب ساخنة يمرّ داخلها بخار درجة حرارته أعلى من درجة حرارة ماء البحر الملامس لسطح الأنابيب، فيحدث انتقال الحرارة بين البخار والماء البارد مما يسبّب تحوّل جزء من الماء إلى بخار وفي نفس الوقت يتكثّف بعض البخار عندما يبرد. وللحصول على فعالية مرتفعة في استخدام الحرارة تُكرّر هذه العملية في سلسلة من المراحل بحيث يقوم البخار المنتج في المرحلة الأولى بتسخين الماء البارد وفي المرحلة التالية قبل أن يكثّف ويتحوّل إلى ماء عذب. أمّا ذلك الجزء من الماء المالح السّاخن الذي لم يتبخر في المرحلة الأولى فإنّه يمرّ إلى المرحلة التالية، وهناك يسخن ثانية عند ضغوط متدرّجة في التدنّي؛ وهذا يسمح للماء الساخن بالتبخّر عند درجات حرارة متدنيّة (شكل ٥).

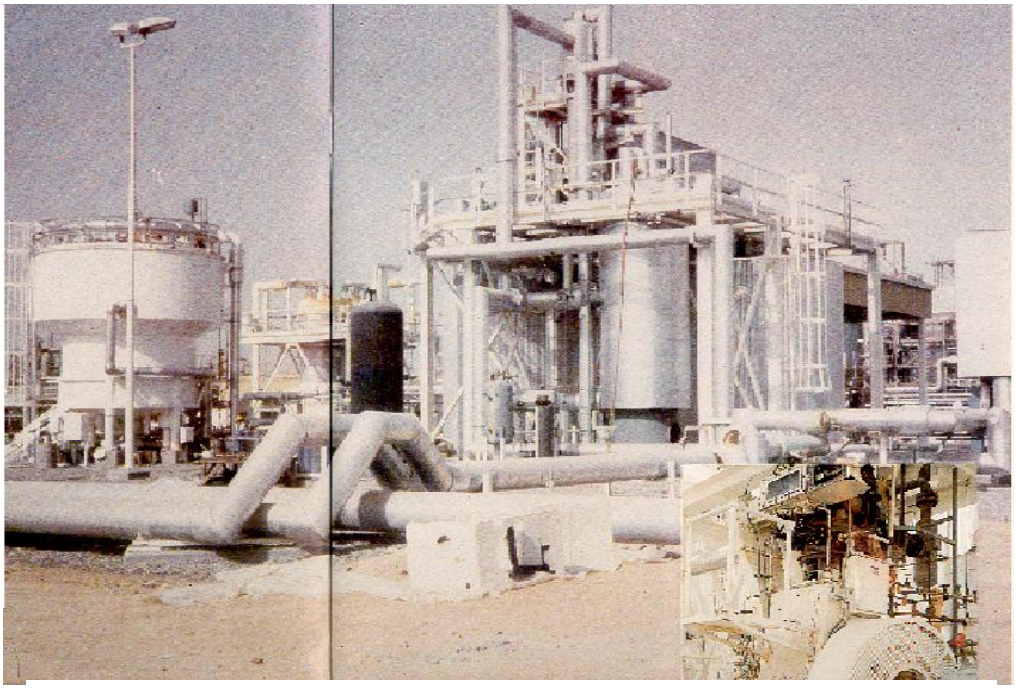
وتتشابه متطلّبات المعالجة المبدئيّة والنهائيّة لهذه الطريقة مع طريقة التبخير الومضي متعدّد المراحل كما تتشابه استخداماتهما.

ـ طريقة التقطير بضغط البخار

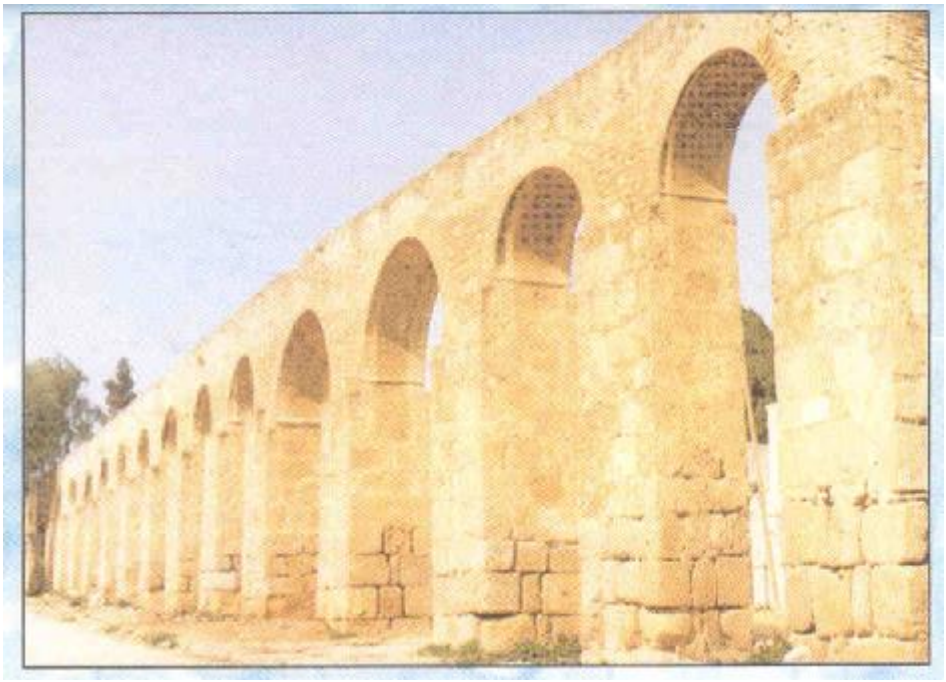
عندما يضغط البخار، فإنّ درجة حرارته ترتفع مع الضغط، في حين يقلّ حجمه. و مبدأ عمليّة التشغيل هو كالتالي: يقع ضخّ الماء المالح إلى حجرة كبيرة خلال حزمة أنابيب توجد في أعلاها (بعد أن يمرّ بمبادل حراري أوّل)، وأثناء انتقال الماء فإنّه يسخّن بواسطة البخار المحيط بالأنابيب، وهذا الانتقال الحراري يسبّب تبخير جزء من الماء المالح عند خروجه من تلك الأنابيب، فيتكوّن في الحجرة خليط من الماء المالح والبخار، يُصرف جزء من الماء الذي يصبح أكثر تركيزا، أمّا البخار الناتج فانه يُسحب بواسطة الكبّاس عبر مصفاة تمنع مرور قطرات الماء مع البخار، فترتفع درجة حرارته بارتفاع ضغطه وتلك الحرارة هي التي تستغلّ لتسخين الماء المالح عند دخوله. ويُنتج تكثيف البخار ماء عذبا يُسحب إلى الخزّان. كما يمكن استخدام مبدأ تعدّد التأثيرات في أسلوب التحلية بضغط البخار. (شكل رقم ٦ يعطي مبدأ هذا الأسلوب)

والفرق الأوّل بين هذه الطريقة وطرق التقطير الأخرى هو في الكيفيّة التي يتمّ بها إمداد الوحدة بالطاقة الحراريّة. في الطرق الأخرى، يسخّن الماء المالح بواسطة البخار متى يغلي جزء منه. أمّا في هذه الطريقة، فإنّ الحرارة المعطاة للبخار تتمّ عند تعديل

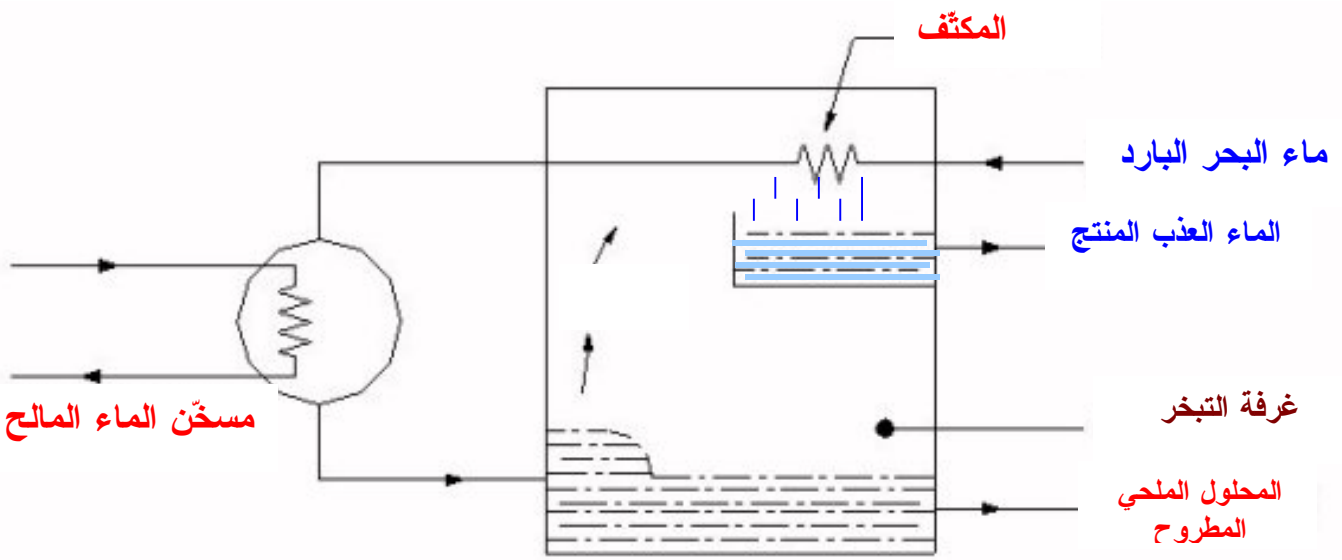
طاقة ميكانيكيّة إلى حرارة انضغاط. ومعظم الطاقة تستهلك بواسطة المحرّكات التي تـــدير الكبّاسات. وإن التسخين لا يتمّ بطريقة مباشرة إلاّ أثناء عمليّات التشغيل الابتدائية.



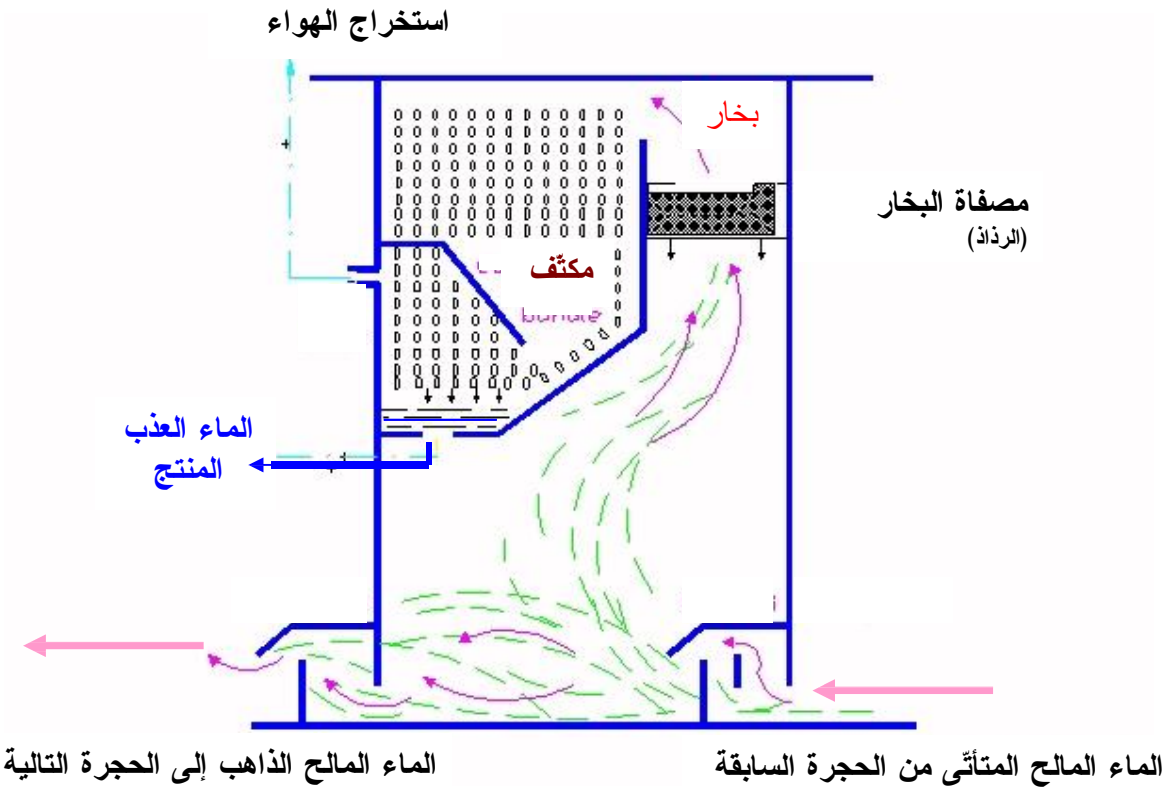
محطة تحلية بالمملكة العربيّة السعودية تعمل بالطاقة الشمسية حسب أسلوب التبريد



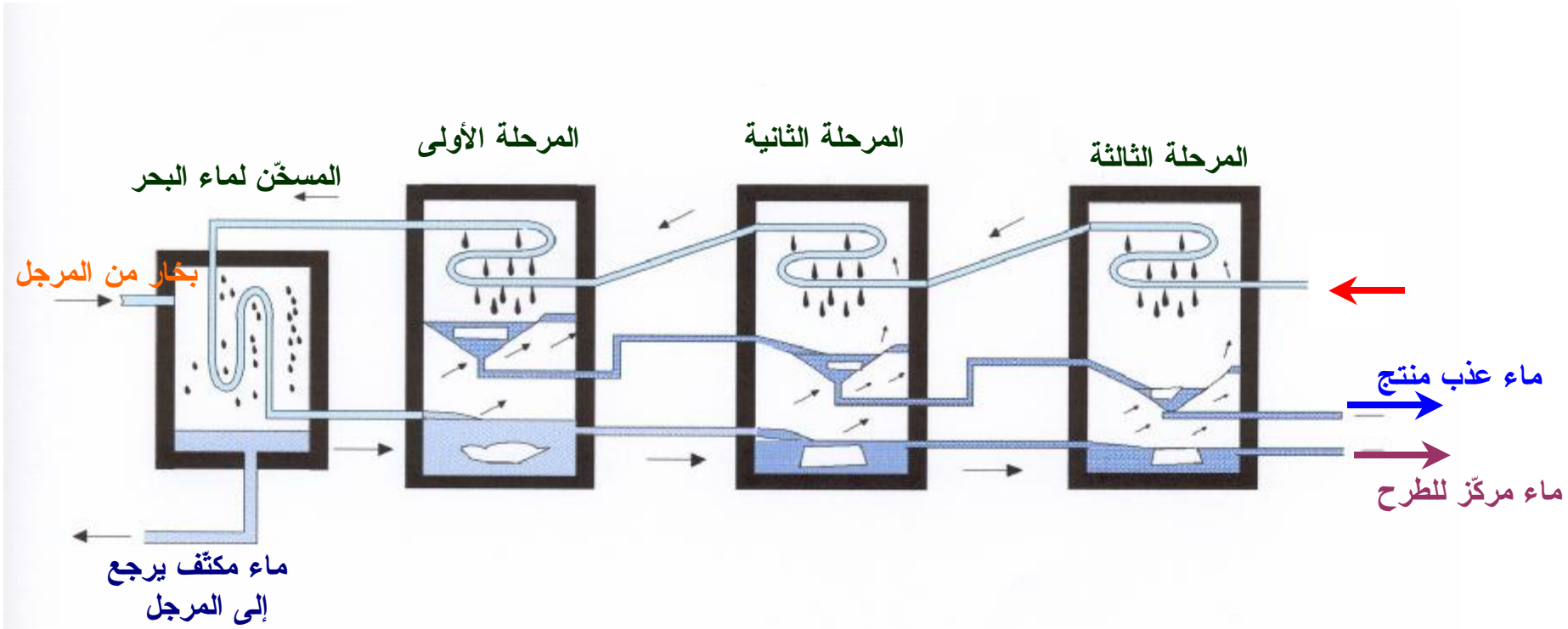
"الحنايا" قناة في أعلى الأقواس لتوصيل الماء من زغوان إلى تونس (٦٥ كلم)



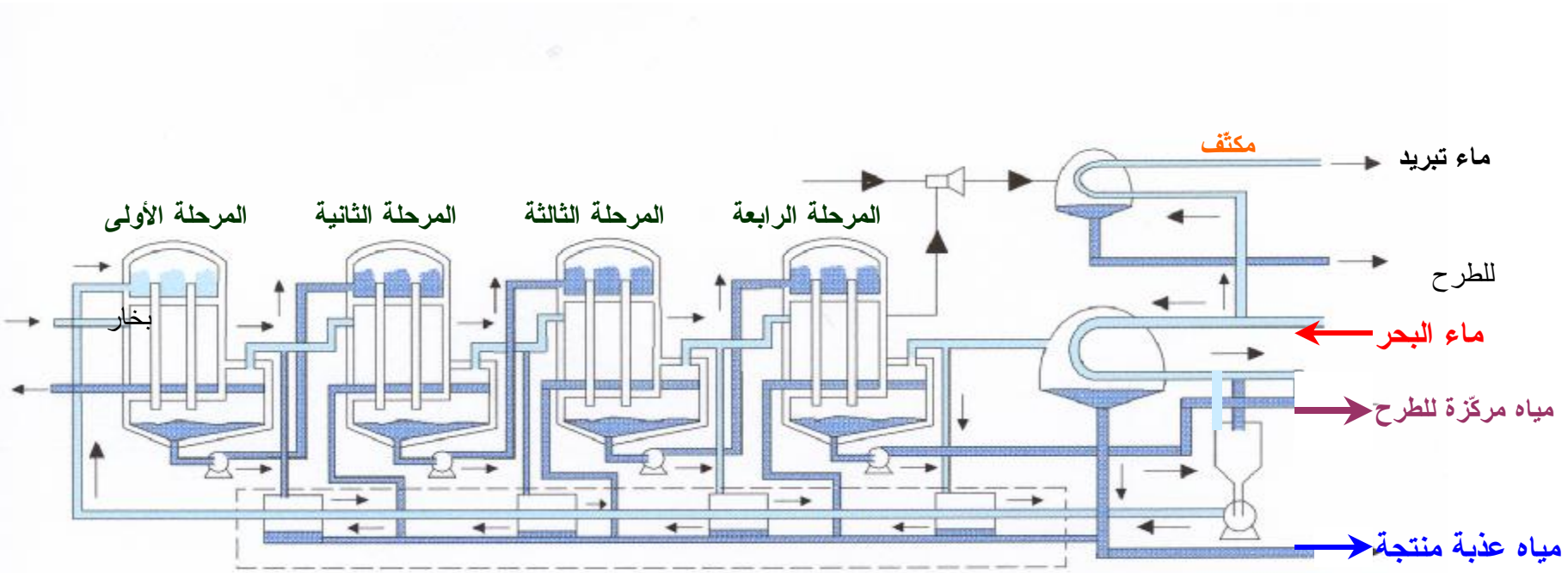
مبدأ التبخّر في حجرة واحدة



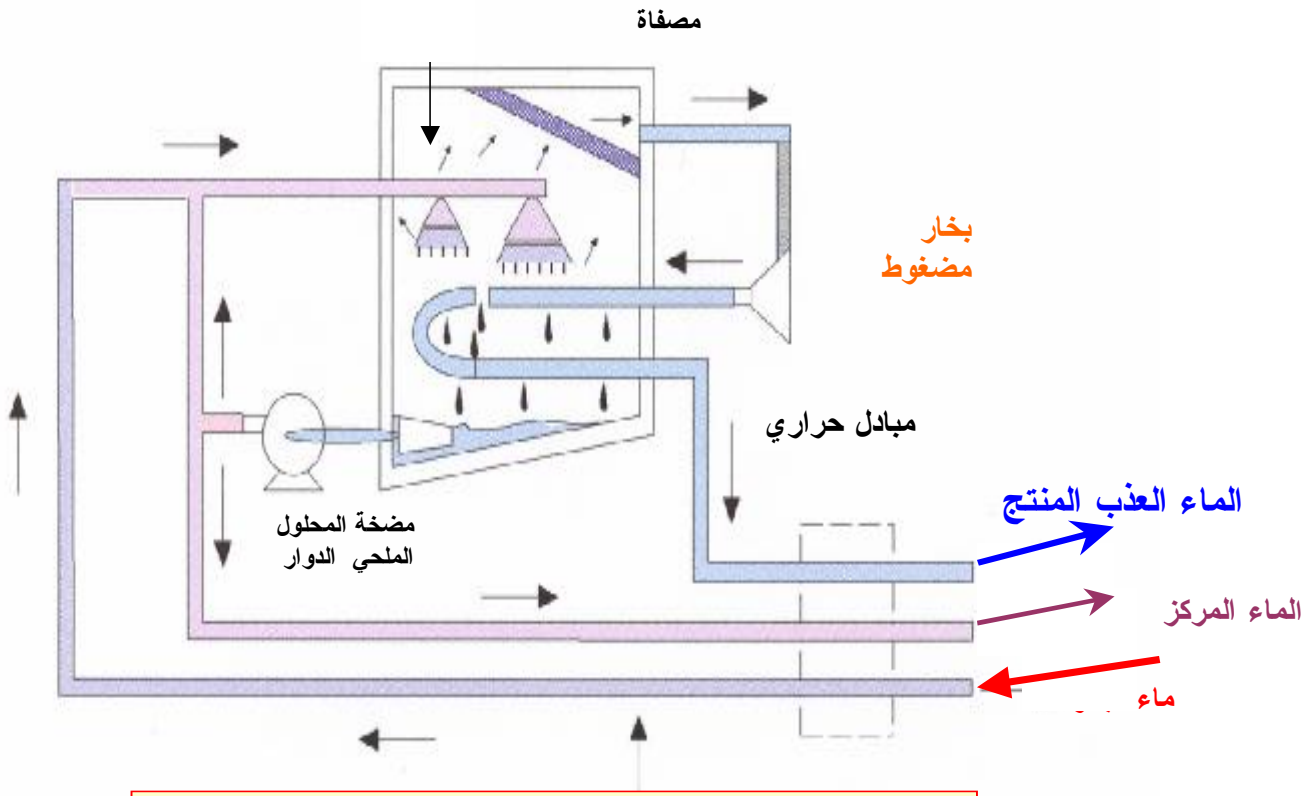
شكل رقم ٣ حجرة حقيقيّة للتبخّر ضمن الحجرات الأخرى



شكل ٤ : مبدأ أسلوب تحلية المياه بالتبخّر الومضي متعدد المراحل



شكل ٥ مبدأ تحلية المياه بالتبخر متعدد المراحل



شكل ٦ : مبدأ أسلوب تحلية المياه بضغط البخار

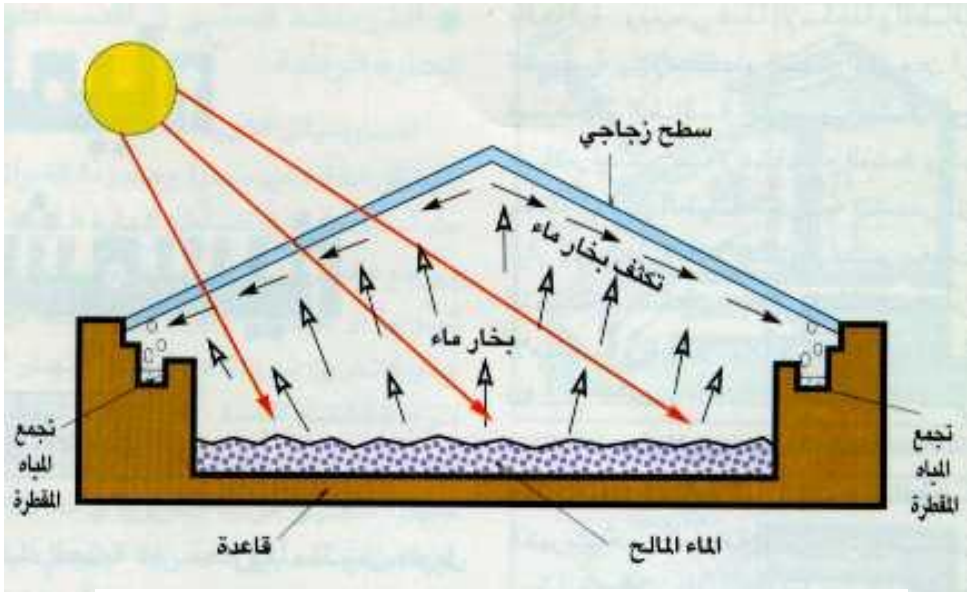
ـ التقطير الشمسي

التقطير الشمسي هو أبسط عملية تقطير. تعتمد هذه الطريقة على مبدأ البيت الزجاجي. إذ إنّ الزجاج (البلاستيك) يترك الأشعّة المرئيّة (أشعّة الطيف الشمسي) تمرّ خلاله بينما يصدّ الأشعّة الحراريّة أي طويلة الموجات وبذلك يقع الاحتباس الحراري. وتستعمل هذه الحرارة التي تنتج عن امتصاص الأشعّة من طرف قعر البيت الزجاجي داكن اللون، لتبخر الماء الموجود داخل البيت (شكل رقم٧)، ويتكثّف البخار على السطح الزجاجي البارد. ويتمّ جمع الماء المكثّف على السطح الداخلي للبيت إذ تترقرق قطرات الماء على السطح الزجاجي المنحني وتتجمّع في قناة. والعملية بسيطة في مبدئها لكنّ المردود اليوميّ ضعيف إذ يتراوح بين ٣ و ٤ لتر ماء لكلّ متر مربع. واستعمل هذا الأسلوب في كثير من البلدان العربيّة منذ الستينات لكن سرعان ما وقع تركه لضعف مردوده.

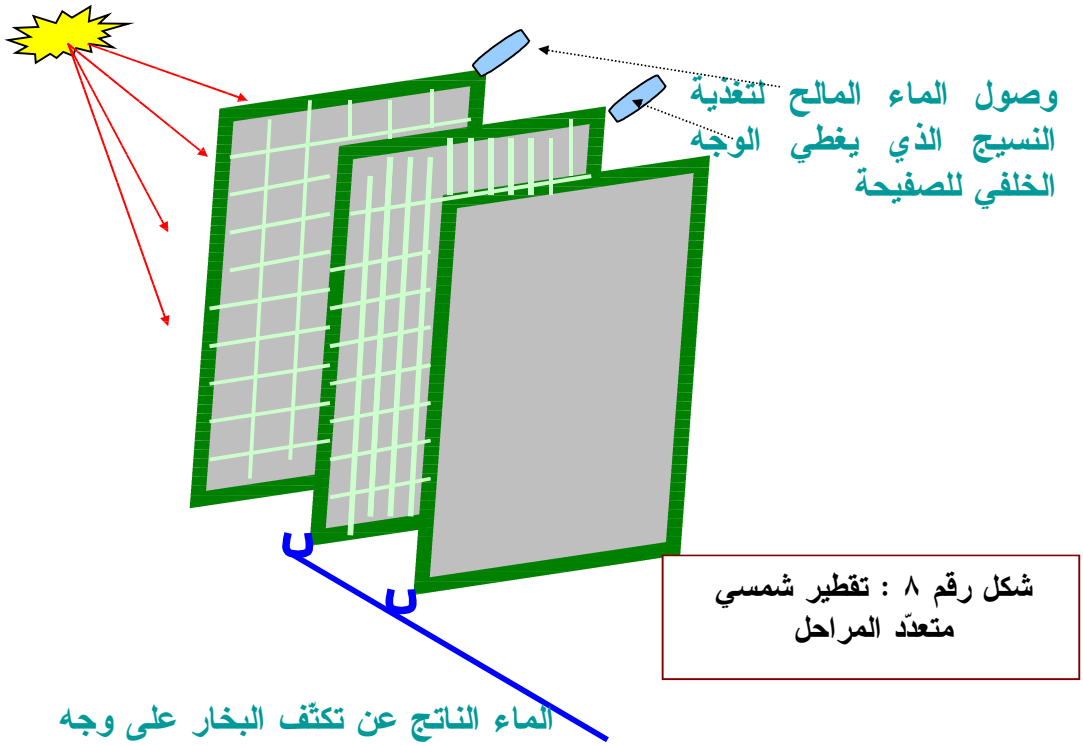
وقد تركّزت البحوث حول هذه البيوت طوال سنوات وأدّت إلى اقتراح أشكالا مختلفة من هذه البيوت. ثمّ تطوّرت هذه البحوث إلى ابتكار أنماطا جديدة مثل مقطّر شمسي متعدّد المراحل. يتكوّن المقطّر متعدّد المراحل من صفائح لاقطة الواحدة تلو الأخرى، تستقبل

الصفيحة الأولى أشعّة الشمس من جهة الوجه الأمامي فترتفع درجة حرارتها مما يؤدّي إلى تبخّر الماء الموجود في النسيج المبلّل الذي يغطّي الوجه الخلفي للصفيحة، ويتكثّف البخار على الوجه الأمامي للصفيحة الموالية فترتفع درجة الحرارة لهذه الصفيحة من جرّاء تكثّف البخار، ويتسبّب ارتفاع درجة الحرارة بدوره في تبخّر الماء من النسيج الذي يغطّي الوجه الخلفي وهكذا تتكرّر العمليّة من صفيحة لأخرى. و قد ابتكر هذا المقطّر الشمسي متعدد المراحل الأستاذ لوقوف من فرنسا (الشكل رقم ٨)

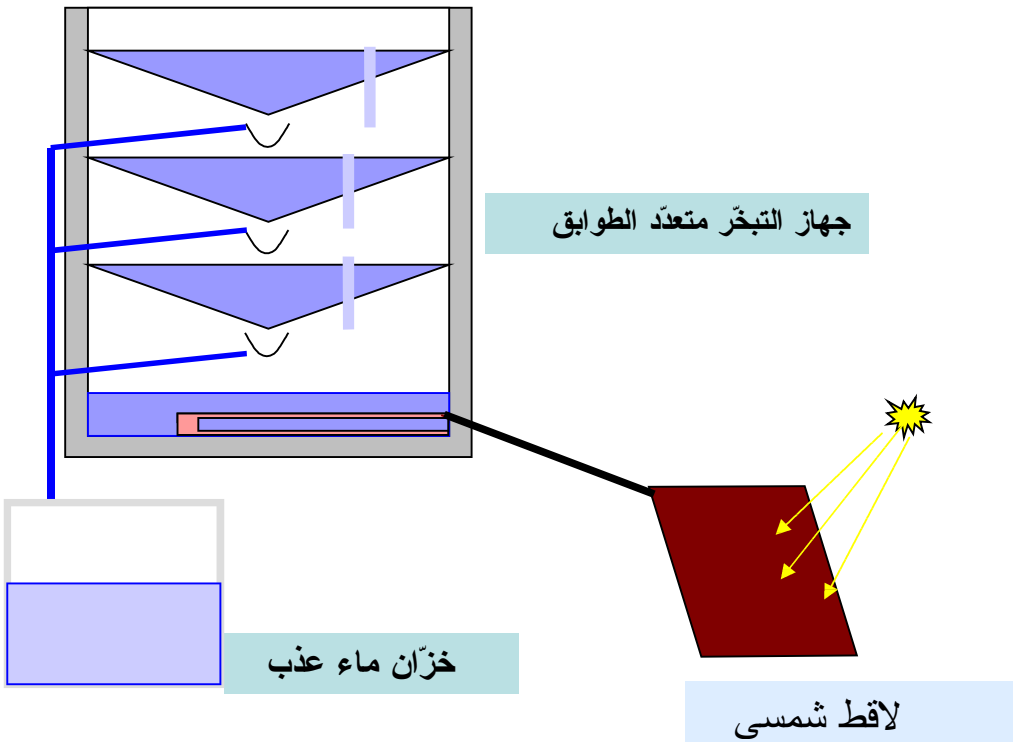
وتجري الآن في جامعة يوليخ بألمانيا بحوث حول نمط آخر من المقطّرات الشمسيّة متعدّدة المراحل (الطوابق) يتمّ فيه تعويض الصفائح المسطّحة العموديّة بأواني مثلّثة الشكل موضوعة الواحدة فوق الأخرى ولمّا يتبخّر الماء من الإناء الأوّل بتأثير ارتفاع درجة الحرارة المتأتّية من لاقط شمسي أو أيّ مصدر آخر، يتكثّف البخار على السطح السفليّ للإناء الثاني ويؤدّي هذا التكثّف إلى رفع درجة حرارة ماء الإناء الثاني، ممّا يؤدّي بدوره إلى تبخّر الماء الموجود في هذا الإناء وهكذا. (الشكل رقم ٩). وقد أعطت التجارب الأوليّة حوالي ٩ لتر في اليوم للمتر المربّع. كما تجري حاليّا بالمعهد الوطني للبحث العلمي والتقني بتونس أبحاث لتطوير هذا الأسلوب لجعله متعدّد المراحل (شكل رقم ١٠). و قد يمكن أن تساهم هذه المقطّرات في حلّ مشكل توفير ماء الشراب في الأرياف وخاصّة في المنازل المنعزلة.



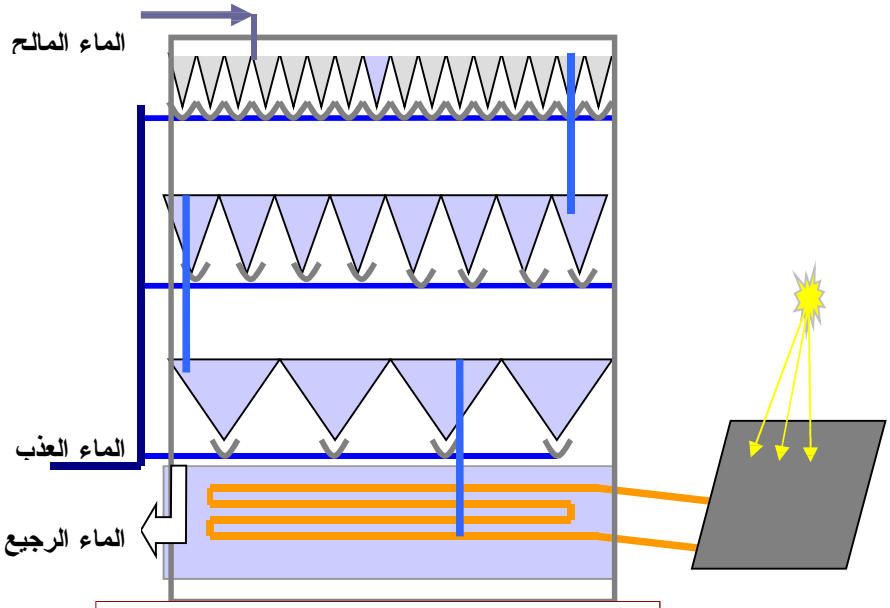
شكل رقم ٧ بيت زجاجي لتحلية المياه



شكل رقم ٨ : تقطير شمسي
متعدّد المراحل

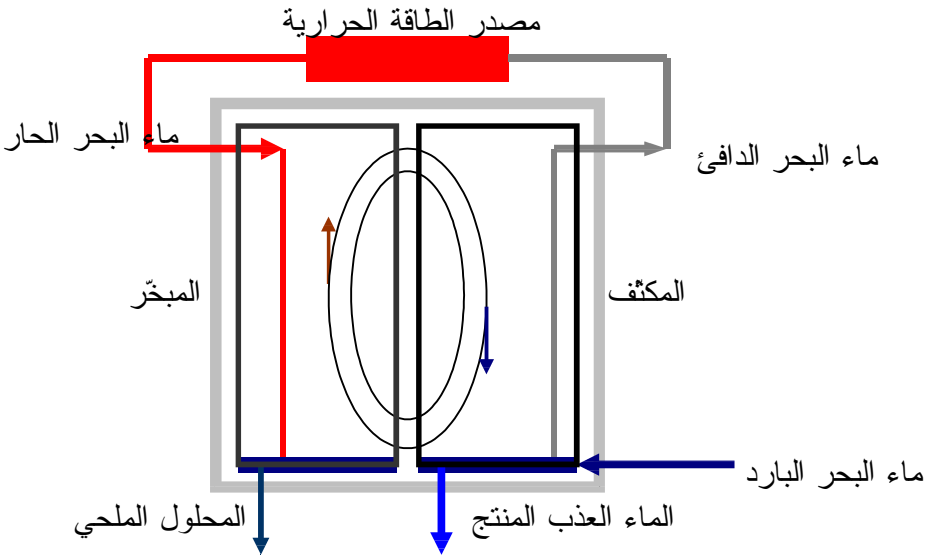


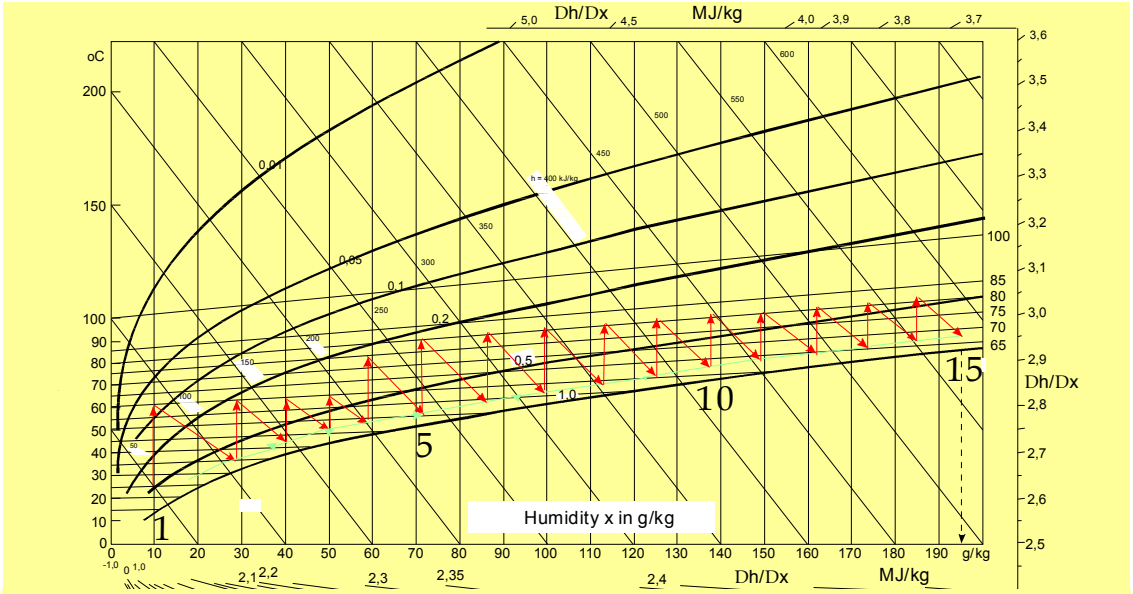
الشكل رقم ٩: مقطّر شمسي متعدّد الطوابق



شكل رقم ١٠ مقطر شمسي متعدد الطوابق والمراحل

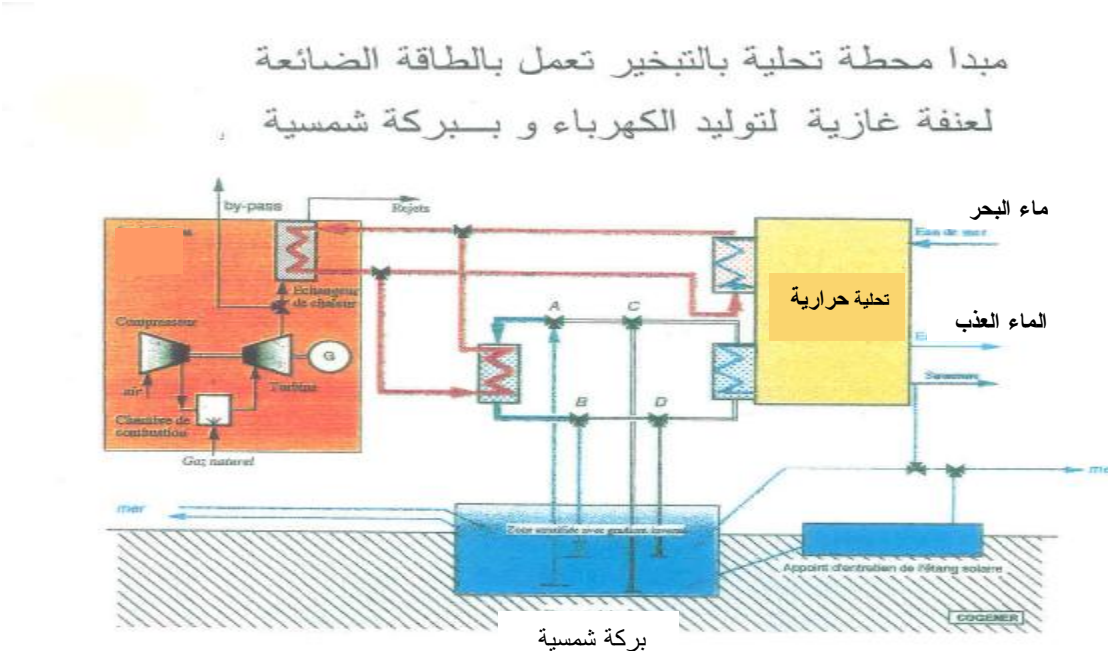
إلى جانب التقطير الشمسي البسيط أو متعدّد المراحل، توجد طرق أخرى مثل ترطيب الهواء ثمّ تكثّف البخار للحصول على الماء العذب. ونجد أيضا ترطيب الهواء البسيط ومتعدّد المراحل. ويتمثّل مبدأ هذه الطريقة في إشباع الهواء ببخار الماء وذلك بتمريره على سطح ماء البحر مرّة واحدة أو مرّات متتابعة، وتبن كلّ مرّة يقع رفع درجة حرارة الهواء فتتّسع قدرته لاستيعاب المزيد من البخار، ثمّ يُكثّف البخار فينتج الماء العذب.





مبدأ ترطيب الهواء متعدد المراحل:نتابع الخط الأحمر انطلاقا من الهواء المحتوي على ١٠ غرام بخار في الكغ من الهواء ودرجة حرارته ٢٠ درجة مأوية. نرفع درجة حرارته إلى ٥٠ د. ثمّ نمرره على الماء المالح، فيقع إشباعه بالبخار وتنخفض درجة حرارته إلى ٣٠ د، و يعاد تسخين الهواء من جديد إلى درجة حرارة ٥٥ د. وهكذا....

أمّا في ما يتعلّق بالطاقة الحراريّة اللازمة لهذه الأساليب، فيمكن توليدها من اللاقطات الحرارية المسطّحة أو اللاقطات الشمسية الهوائيّة، أو المركّزات للإشعاع الشمسي بمختلف أنواعها، أو من الكتلة الأحيائيّة، أو البرك الشمسيّة علما وأن البرك الشمسية يمكن استعمالها حتّى للأساليب التقليديّة كالتقطير الومضي أو متعدد المراحل، كما يمكن استخدامها لتخزين فائض الطاقة من العنفات البخارية مثلا واستعمالها لتحلية المياه. وقامت تجارب مختلفة في البلدان العربية تتعلق باستخدام البرك الشمسيّة لتحلية المياه مثل قطر وليبيا وغيرها.



برکة شمسية

بركة شمسيّة بليبيا مساحته ٦٠٠ م^{٢} وتنتج ٥ م^{٣} في اليوم بدأت في الانتاج سنة ٢٠٠٠

بركة شمسيّة بدولة قطر

٣ – ٥ طرق الأغشية

٣-٥-١ طريقة التناضح العكسي (RO)

أ-مبدأ التناضح العكسي

التناضح هو عمليّة انتقال الماء من محلول مخفّف خلال أغشية اختياريّة النفاذيّة (تسمح بمرور الماء وتمنع مرور الأملاح) إلى محلول مركّز لتخفيفه تحقيقا للتوازن الأسموزي (شكل رقم ٨)، ويسمّى الفرق في المنسوب بين المحلولين المركّز والمخفّف عند الاتّزان بالضغط الأسموزي. وعند تعريض المحلول المركّز لضغط يفوق الضغط الأسموزي، فإنّ اتّجاه السيلان سينعكس، إذ تنتقل المياه من المحلول المركّز إلى المحلول المخفّف وتسمّى هذه العملية بالتناضح العكسي. و تتطلب هذه الطريقة معالجة مبدئية تهدف إلى إزالة المواد العالقة وإضافة مانع ترسب وأحيانا خفض رقم الأس الهيدروجيني. وتختلف المعالجة المبدئيّة المطلوبة (شكل رقم ١٠)، وفقا لنوعيّة مياه المصدر والأغشية المستخدمة، كما تحتاج المياه المحلاّة الناتجة إلى معالجة نهائية تتضمّن تعديل رقم الأس الهيدروجيني وكلورة المياه. وتعتبر طريقة التحلية الوحيدة التي تستخدم لتحلية مياه البحر والمياه الجوفية المالحة وتستخدم بشكل أساسيّ في محطّات التحلية وحيدة الغرض بالسعات الإنتاجية المختلفة (الكبيرة والمتوسطة والصغيرة) لأغراض إمداد المياه في الاستخدامات الحضرية نظرا لملاءمة نوعية المياه الناتجة منها لهذا الاستخدام دون الحاجة إلى إضافة أملاح مثلما هو الحال في طرق التحلية الحراريّة (شكل رقم٩)، كما تستخدم لتوفير المياه الصناعيّة وذلك باستخدامها قبل مبادلات أيونيّة، ويمكن استخدامها في المحطّات مزدوجة الغرض بشكل متكامل مع الطرق الحرارية.

ب – تصميمات الطريقة

وحدات التشغيل تستخدم قواعد التناضح العكسي في عدّة طرق مختلفة التصاميم مثل اللوح والإطار،و الأنبوب، ووحدة الغشاء الحلزوني وكذلك الوحدات الليفيّة، وكلّها تعتمد على القواعد والأسس المعروفة العادية حيث الغشاء هو فيلم ممدّد من البلاستيك لا يزيد سمكه عادة عن ٢-٤ مم ، ولا بدّ أن يكون له إطار قويّ مثبت حتى يقاوم الضغوط الشديدة خلال الانضغاط ، والمواد متداولة الاستخدام لهذه الأغشية هي السليلوز وعديدات الأستات (polyacetate) التي تعامل معاملة خاصة لجعلها تلفظ الملح وفي نفس الوقت تسمح بمرور الماء بمعدّلات معقولة . وقد تمّ استنباط أنواع متطوّرة من الأغشية متعدّدة الأميد (البولي أميد) والأغشية المركّبة ذات الخواص الممتازة.

ج – مميّزات وحدود الطريقة

من المميّزات الهامّة لطريقة التناضح العكسي:

١- استهلاك قليل للطاقة، إذ لا يتخللها تغيير في الصورة الطبيعية للماء، واستهلاك الطاقة الوحيد هو الكهرباء اللازمة لإدارة المضخّات.

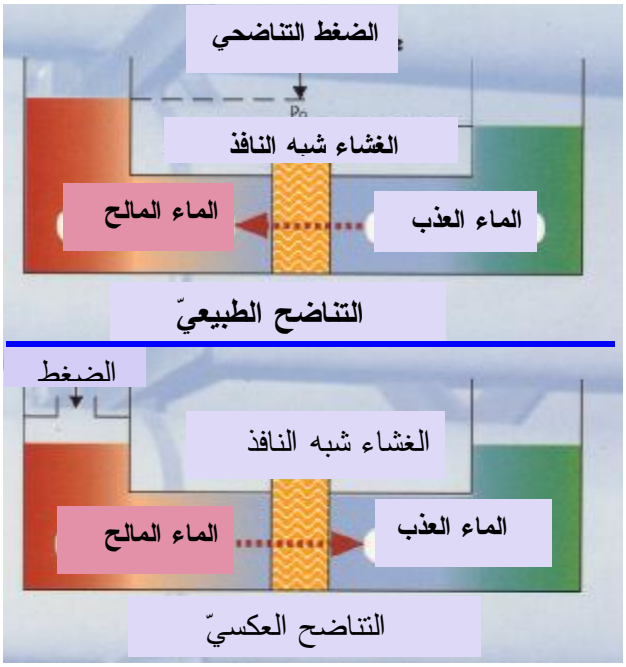
٢- الأجهزة والمعدّات المستخدمة بسيطة مما يجعلها قليلة التكلفة.

٣- تشغيل الطريقة عند درجات حرارة عاديّة تقلّل من مشاكل الترسّبات والتآكل.

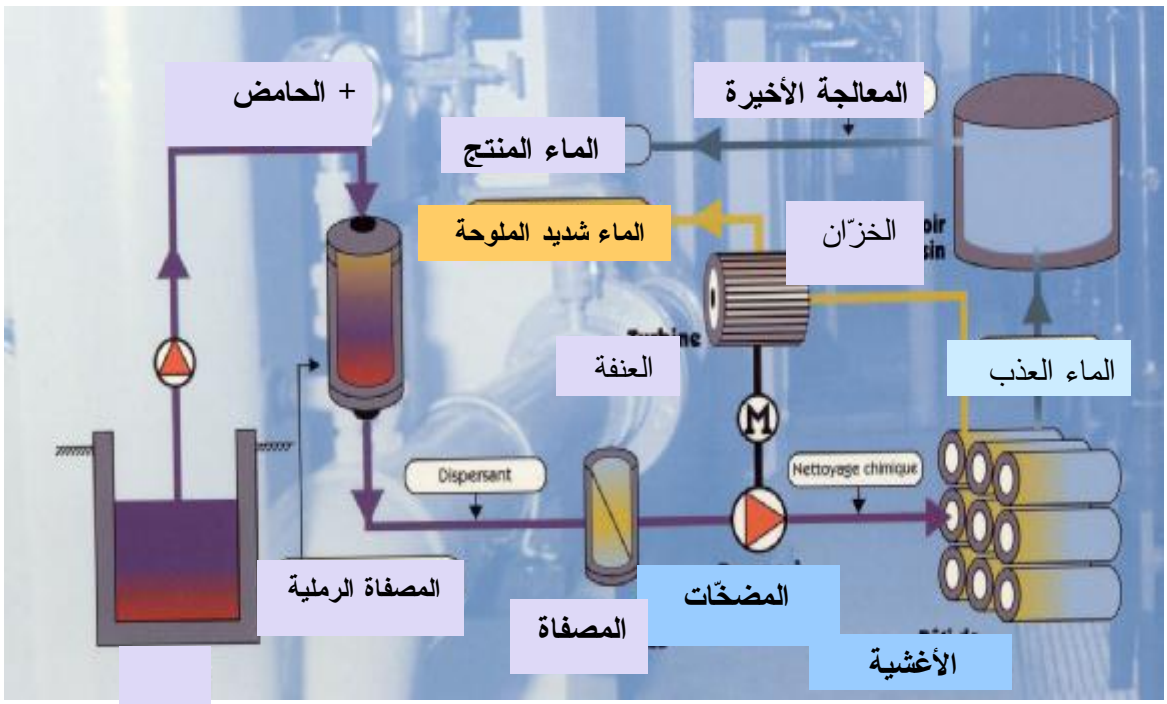
٣-٥-٢ طريقة الفرز الكهربائي (الكهروغشائي- أو الديلزة) (ED)

هي عملية فصل كهروكيميائية تعتمد على خاصيّة انتقال الأيونات إلى الأقطاب التي تخالفها في الشحنة. و تتمّ العملية بتمرير تيّار كهربائي مستمرّ(متواصل) خلال مجموعة من الأغشية المتتاليّة ذات نفاذيّة انتقائيّة مختلفة من غشاء إلى آخر، بحيث تمرّ الأيونات الموجبة(الكاتيونات) خلال الأغشية الكاتيونية، وتمرّ الأيونات السالبة (الأنيونات) خلال الأغشية الأنيونية ممّا يؤدّي إلى تكوين خلايا مائيّة منخفضة الملوحة تفصلها خلايا مائية مركّزة بالأملاح (شكل رقم ١١). وتمّ تطوير هذه الطريقة في بداية السبعينات وذلك بتعدّد تطبيق بطريقة ذاتية (من ٣ إلى ٤ مرات في الساعة) بحيث يصبح المصعد مهبطا والعكس ممّا يؤدي إلى انعكاس إزالة الأيونات فتتحوّل الخلايا المركّزة إلى مخفّفة ويكون بمثابة غسيل للأملاح المترسّبة داخل الوحدة وكذلك على القطبين، مما يقلّل من متطلّبات المعالجة المبدئيّة. ويعرف هذا التطوير بالفصل الكهروغشائي الانعكاسي.

وتستخدم هذه الطريقة عادة في تحلية المياه الجوفية وذلك لتوفير المياه اللازمة للاستخدامات الحضريّة، كما تستخدم في معالجة المياه المطلوبة للأغراض الصناعية وذلك باستخدامها قبل مبادلات أيونية عادة. وتلقى طريقة الفصل الكهروغشائي نجاحا في تحلية المياه ذات الملوحة المنخفضة لأنّها لا تتطلّب معالجة مبدئية أو نهائية معقدّة، كما أنّها مرنة إذ يمكن استخدامها مستقلّة أو متكاملة مع وحدة أخرى على التوالي أو على التوازي. وتستخدم هذه الطريقة الآن وبكفاءة في تحلية المياه الراكدة. إن الأبحاث والتطويرات المستمرّة لها جعلت من الممكن استخدامها بالنسبة إلى ماء البحر.

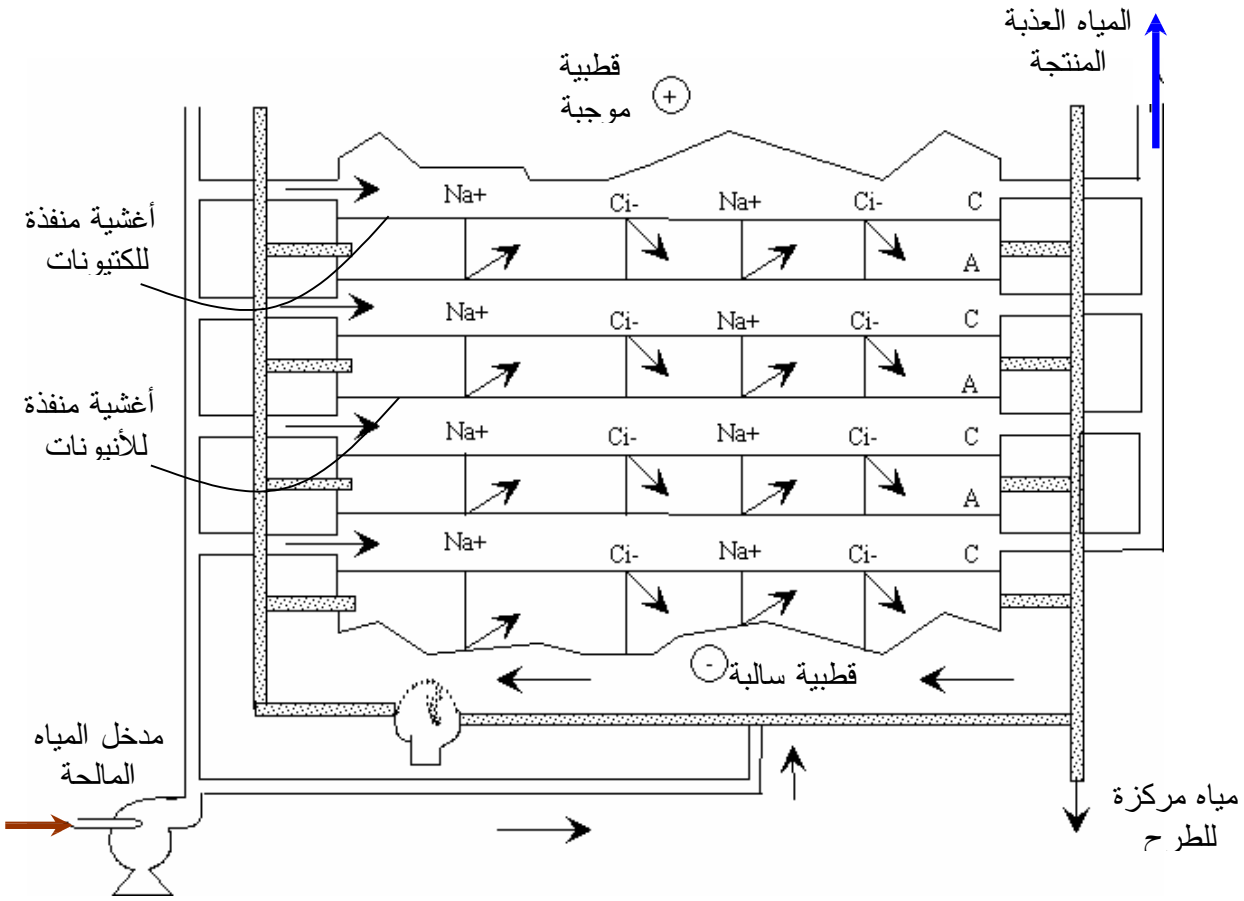


شكل رقم ٨ : مبدأ التناضح الطبيعي والتناضح العكسي



شكل رقم ٩ : نموذج لمحطة تحلية تعمل حسب أسلوب التناضح العكسي

شكل رقم ١٠ : أثر الترسبات يفسر أهمية المعالجات الأولية للمياه قبل دخولها غرف التحلية



شكل رقم ١١ : أسلوب تحلية المياه بالفرز الكهربائي

٣-6 التبادل الأيوني

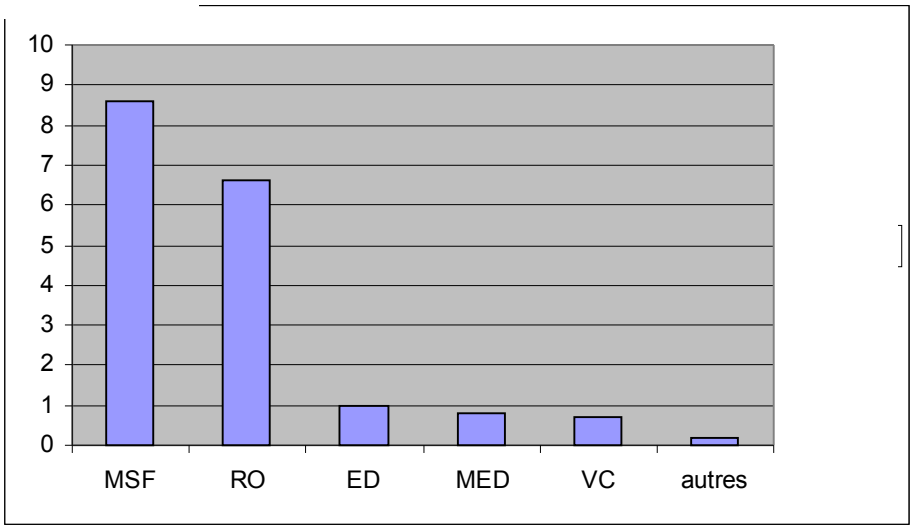
المبادل الأيوني عبارة عن وسادة منفذة من عدّة أنواع معينة من الراتنجات لها قابلية مبادلة الأيونات المتعلقة في الراتنج بالأخرى المتواجدة بالمحلول الذي يتلامس مع الوسادة . في الحالة الأولى فإن العملية تسمّى بالمبادلات الكاتيونية، وفي الحالة الثانية بالمبادلات الأنيونية.عند مرور محلول خلال راتنج التبادل الكاتيوني فانّ كاتيونات المحلول تستبدل بأخرى من الوسادة الراتنجة، وبنفس الطريقة فإن أنيونات المحلول تستبدل بأخرى عند مروره على راتنج التبادل الكاتيوني.

توجد مواد كثيرة بعضها مصنّعة والأخرى طبيعية لها خاصية التبادل الأيوني وإن كانت الراتنجات المصنّعة هي التي تشكّل أهمّية في عمليات تحلية المياه المالحة. وهذه الراتنجات عبارة عن موادّ بلاستيكية محضرة بطريقة خاصّة، ولها خواص كيميائية معيّنة.

في عمليات التبادل الأيوني فانّ كلاً من مبادلات الكاتيونات والأنيونات تستخدم، وتوضع عادة وسائد الراتنج في تسلسل، ويمرّ الماء المالح أوّلا على راتنجات التبادل الكاتيوني . وراتنجات التبادل الكاتيوني هي راتنجات حامضيّة حيث تبادل أيونات الصوديوم من المحلول المغذّى بأيونات الهيدروجين، في حين أن راتنجات التبادل الأنيوني هي راتنجات قاعدية تستبدل الأيونات الكلورية بأيونات الهيدروكسيد حيث يدخل المحلول الملحي المحتوى على أيونات الصوديوم والكلور في المفاعل من أعلى، عند ملامسة المحلول لراتنج التبادل الكاتيوني يتمّ تبادل كاتيونات الصوديوم بالهيدروجين في حين تمرّ أنيونات الكلوريد بدون أن تتأثر، وبذلك يتحوّل المحلول الملحي إلى آخر يحتوي أيونات الهيدروجين والكلور، وهي في الحقيقة محلول مخفض الحامض الايدروكلوريك. وبمرور المحلول خلال راتنجات التبادل الأنيوني يتمّ تبادل أيونات الكلوريد بأخرى هيدروكسيد باتحاد أيونات الهيدروجين مع الهيدروكسيد ينتج محلول ماء نقي. و باستمرار العملية فإنّ الراتنجات تأخذ في التشبّع حتى تصل إلى مرحلة تفقد فيها القدرة على تبادل الأيونات . ويتمّ استرجاع نشاط الراتنجات بغسلها بمحاليل حامضة و قاعدية.

<u>ملاحظة:</u> توجد طرق أخرى مثل طرق التجميد بمختلف أنواعه، والطرق الكيميائية وغيرها لم نتعرض لها لندرة استخداماتها على المستوى الصناعي.

وتستخدم الأساليب حسب الظروف ونوعية المياه والكميات المطلوبة و نوعية الطاقة المتاحة وغيرها من العوامل التي تحدد الأسلوب الأفضل. و الأساليب المستعملة حاليا حسب الأهمية، هي التقطير الومضي متعدد المراحلMSF والتناضح العكسيRO، مع العلم أنّ التناضح العكسي يسجّل حاليا تقدّما تكنولوجيا واعدا، والفرز الكهربائي ED ، وضغط البخارVC ثمّ الأساليب الأخرى. و المحطات العالمية الموجودة سنة ١٩٩٥ تتوزع حسب الأساليب كما هو مبيّن على الجدول رقم ٣ والشكل الموالي:



جدول رقم ٣ : السعة الإجمالية في العالم حسب الأسلوب ١٩٩٤ [1] بالمتر المكعب /اليوم

الجهات	تقطير ومضي و متعدد المراحل	تناضح عكسي	أساليب أخرى
أمريكا الشمالية	400,000	2,000,000	1,400,000
أمريكا الجنوبية	100,000	100,000	100,000
أوروبا	600,000	800,000	200,000
إفريقيا	600,000	400,000	400,000
الشرق الأوسط	8,800,000	2,400,000	600,000
آسيا	300,000	1,000,000	200,000
أستراليا	50,000	100,000	50,000
المجموع	١٠٨٥٠،٠٠٠	٦٨٠٠،٠٠٠	٢٩٥٠،٠٠٠

المجموع: ٢٠,٦٠٠ مليون م^3 في اليوم أي حوالي ٧,٥٠٠ مليار م^3 في السنة.

٣-٨ كمّيات الطاقة الضرورية لتحلية المياه

تختلف كميّات الطاقة المطلوبة لتحلية متر مكعب واحد من الماء حسب الأسلوب والتقانة المستخدمة من جهة وحسب نسبة الملوحة ونوعيّة الأملاح الموجودة في الماء الذي نريد تحليته من جهة أخرى. ويمكن التذكير بمبادئ علم الحرارة في هذا الصدد، حيث إذا سميّنا:

ΔG فارق الطاقة الحرّة و T درجة الحرارة بالكلفين و R ثابت الغازات المثالية و a النشاط المائي، فإن المعادلة الحرارية تكون على النحو التالي:

$$\Delta G = - RTLoga$$

ومثال على ذلك فإنّ ماء البحر إذا كانت درجة حرارته ٢٩١ كلفين فإنّ فارق الطاقة الحرّة يكون 0.77 كيلو واط ساعة للمتر المكعّب إذا اعتبرنا أنّ درجة تركيز الملوحة يساوي ٣٥ ./. غير أنّ الحقيقة دون ذلك حيث تستهلك أساليب التحلية بمختلف أنواعها أضعاف هذه القيمة النظريّة من الطاقة.

ففي أساليب التقطير أو التجميد أو الأغشية، يتطلب فصل الماء العذب عن مختلف الأملاح تغيرات ترموديناميكية غير قابلة للانعكاس (irreversible) كما أن خارج المياه المركزة يحتوي أيضا على كميات من الطاقة (ضغط عال أو درجة حرارة مرتفعة)، هذا إلى جانب مردود مختلف المحولات التي غالبا ما تكون ضعيفة...

ونعطي في الجدول التالي رقم ٤ القيم الضروريّة من الطاقة لتحلية متر مكعب من الماء حسب الأسلوب وحسب درجة تركيز الأملاح فيه.

[1] قرص التحلية، نشر اليونسكو وجامعة روما

جدول رقم ٤: قيم الطاقة الضرورية لتحلية متر مكعب واحد حسب الأسلوب و نسبة تركيز الأملاح.

الأسلوب	م.ع /بخار GOR	درجة حرارة °C	عدد المراحل	طاقة حرارية ك. و. س	طاقة كهربائية ك.و.س	طاقة جملية كيلو واط ساعة
تقطير متعدد المراحل	١٢ ١٧ ٢١	٧٤ ١٠٣ ١٢٣	٣٧ ٦٨ ٨٧	٥٦,٨ ٣٨,٥ ٣٠,٣	٢,٣ ٢,٢٢ ٢,١٥	١٨,١٤ ١٣,٧٧ ١١,٢٤
تقطير ومضي م م	١٢ ١٧ ٢١	١٢٩	٤٢	٥٤,٢ ٣٩,٣ ٣١	٥ ٥,٥ ٦	٢١,٦ ١٦,٩٩ ١٥,٣٠
التجميد	—	—	—		١١	١١
ضغط البخار					١٤,٣	١٤,٣
تناضح عكسي	ماء زعاق يحتوي على ٥٠٠٠ ملغ من الأملاح في اللتر ماء بحر بدون عنفات مسترجعة للطاقة ماء بحر باستخدام عنفات مسترجعة للطاقة*					٢,٥ ٨ ٤
			طاقة كهربائية للتحلية والضخ			
فرز كهربائي	٥٠٠٠ مغ /ل ١٠٠٠٠ مغ/ل ٣٥٠٠٠ مغ/ل			٣,٥ ٧ ٢٤,٥	٠,٧ ٠,٧ ٠,٧	٤,٢ ٧,٧ ٢٥,٢

GOR : نسبة المياه العذبة المنتجة بالنسبة لكميات البخار المستعمل.

* حسب المنشورات، فقد أثبتت الأبحاث الحالية أنّ الطاقة اللازمة للمتر المكعب انخفضت إلى ٢ كيلواط ساعة

ملاحظة: يمكن استخدام الطاقة المتجددة لتوليد الكهرباء وتشغيل محطات التحلية العاملة بأسلوب التناضح العكسي أو الفرز الكهروعشائي. وذلك بالخلايا الفولطاضوئيّة أو بطاقة الرياح حاليّا أو خلايا الوقود مستقبلا.

أمّا التكلفة فإنّها تتغيّر حسب الأسلوب المتّبع والسعة الجمليّة للمحطّة ونوعيّة المياه المراد تحليتها وبالتالي المعالجات الأوّليّة اللازمة وبمكن إعطاء مجرد فكرة تقريبيّة. فالتمويل بالنسبة للمحطّات الكبرى لتحلية ماء البحر، فإن التمويل يتراوح بين ٨٠٠ و ١٥٠٠ دولار للمتر المكعب في اليوم.وأمّا لمياه الآبار، فيتراوح بين ٣٠٠ و ٨٠٠ دولار. وأمّا التكلفة للمتر المكعّب في اليوم فهي حوالي ٠،٥ و١ دولار في المحطّات الكبرى لتحلية ماء البحر، وبين ٠،٣ و٠،٨ دولار لمياه الآبار. وأمّا للمحطّات الصغرى فالتكلفة تقارب ضعف تكلفة المحطّات الكبيرة.

٤- التحلية بالوطن العربي

٤ - ١ مقدّمة

استخدمت الدول العربيّة وسائل التحلية منذ بداية القرن، فأقامت المملكة العربية السعوديّة أوّل محطة سنة ١٩٠٧ وشركة الفوسفاط بمصر سنة ١٩١٢. و بعد الحرب العالمية الثانية تكاثرت هذه الوحدات في دول الخليج وليبيا وغيرها، و فاقت السعة التراكميّة لهده المحطات في دول الخليج ١،٥٥٢ مليار متر مكعب في السنة. وتتوزّع الأساليب المتّبعة بنسبة ٨٦ % بالتقطير الومضي متعدد المراحل و ١٢ % بالتناضح العكسي و ٢ % بطرق أخرى. و تحتلّ منطقة الخليج العربي المرتبة الأولى في إنتاج الماء العذب المحلّى. وتنتج دول المغرب العربي ٨٩٥ ألف متر مكعب في السنة وهو ما يعادل ٦ % من الإنتاج العالميّ للماء المحلى.

و إذا رتّبنا الدّول العربية حسب السعة الجمليّة للمياه المحلاّة، حسب المنشورات العلميّة، فإنّنا نجد على التّوالي:

المملكة العربية السعوديّة بسعة ٥ مليون م^3 في اليوم (رغم أن التقرير القطري يعطي أقل من ذلك)، ثمّ دولة الإمارات بـــ ٢,١ مليون، ثمّ الكويت بـــ ١,٣ مليون، ثمّ قطر بـــ ٠,٦ مليون، ثمّ العراق والبحرين بـــ ٠,٣ مليون ، ثمّ سلطنة عمان بـــ٠,٢ مليون، ثمّ مصر بـــ ٠,١ مليون.

٤-٢ تلخيص إجابات الدول حول التحلية حسب ما جاء في التقارير القطرية

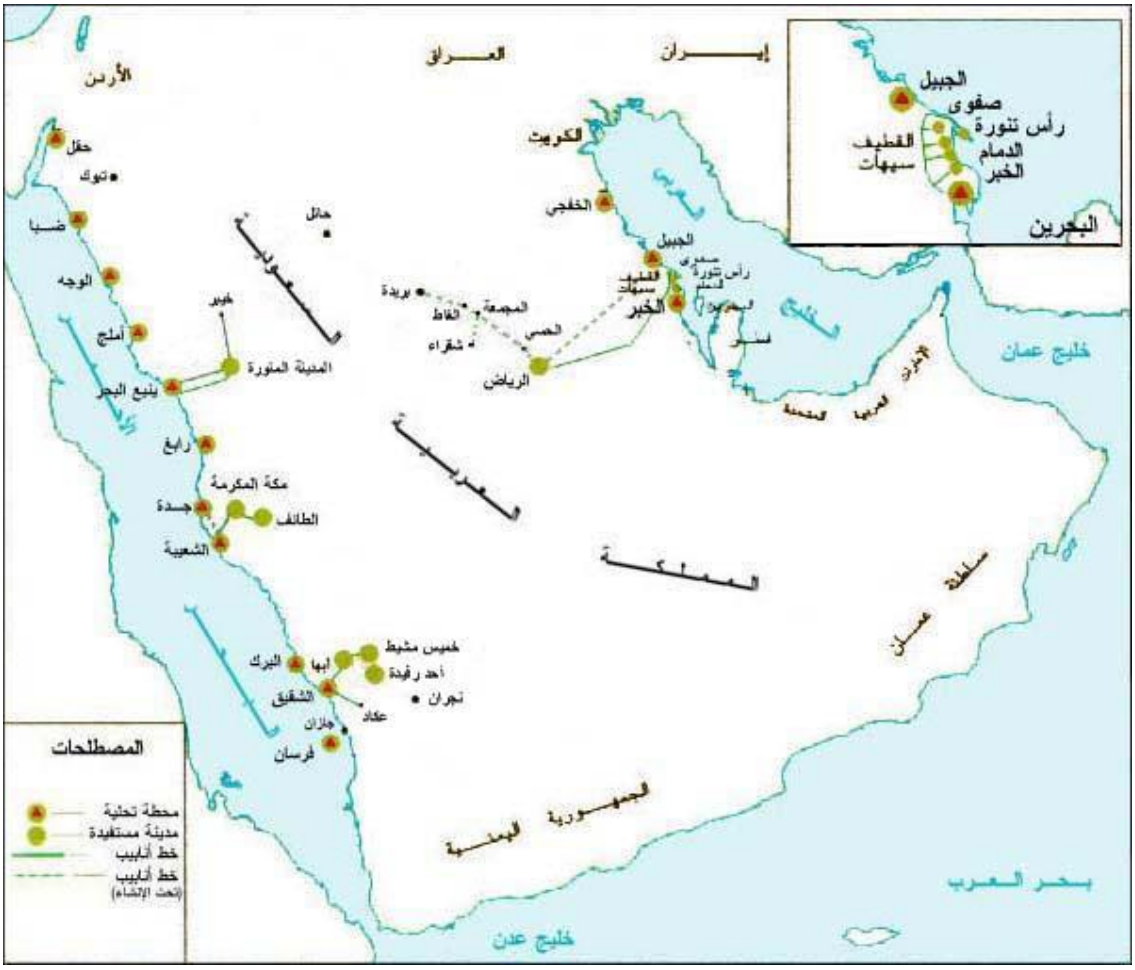
ـ الملكة العربية السعودية

تأتي المملكة في المرتبة الأولى للدّول المستعملة لأساليب التحلية. ولذا، فإنّنا نعطي كلّ التفاصيل المتاحة على وضع التحلية حسب ما جاء في التقرير القطري وما يوجد على شبكة الأنترنت. جاء في التقرير القطري أنّ عدد المحطات التي تشغّل حاليا (١٩٩٥) بالمملكة هو ٣٠ محطة، وعدد المحطات التي هي في طور الإنجاز ٤، وعدد المحطات التي هي تحت الدرس ١٧. أما المحطات التي تشغل حاليّا فمنها ١٩ تعمل حسب أسلوب التقطير الومضي، و٦ بالتناضح العكسي، والمحطّات الخمس الباقية بإعادة التسخين.

و يجد القارئ اختلافا بين المنشورات العلمية حول القدرات الجمليّة لمحطّات التحلية وما جاء في التقرير القطري، إذ تبلغ السعة الجمليّة لمحطّات التحلية حسب المصدر [١٤] ٥٢٥٣٢٠٨ م^3 في اليوم. بينما يوضّح التقرير القطري أن إنتاج المحطات في الساحل الغربي بلغ ٧٩٣٧٧٠ م^3 في اليوم ومحطات الساحل الشرقي تنتج ١٩٣٨٨٤٦ م^3 في اليوم أي أن مجموع الإنتاج هو ٢٧٣٢٦٣٤ م^3 في اليوم (٩٩٧ مليون م^3 في السنة). ويمكن تعليل ذلك أمّا أنّ السعة الإسميّة الجملية للمحطّات هي أكبر من الإنتاج الفعلي لها، أمّا أنّ المنشورات أخذت بعين الاعتبار مجموع الإنتاج للمحطات الموجودة حاليا و كذلك التي في طور التنفيذ والتي تحت الدرس، إذ يبلغ إنتاج كل هذه المحطّات فعلا ٥٢٢٢٧٧٠ م^3 في اليوم .

أمّا فيما يتعلّق باستخدام الطاقة الشمسيّة في التحلية، فإنّ المملكة قامت بتركيز محطّة نموذجية تعمل بالطاقة الشمسية باستخدام مركزات بؤرية و تسخين الزيت إلى ٣٨٩ درجة مئوية، وتستخدم أسلوب التبريد غير المباشر وتنتج ١٨٠ م^3 في اليوم. كما توجد محطّة تعمل بالخلايا الشمسيّة حسب أسلوب التناضح العكسي وتنتج ٥ م^3 في اليوم.

ويجد القارئ في موقع المؤسّسة العامة السعوديّة لتحلية المياه المالحة على شبكة الأنترنت الخريطة التالية التي تحدّد مكان المحطات والتعريف بكل محطّة.



مواقع محطّات التحلية المملكة العربيّة السعوديّة

محطة الجبيل – الساحل الشرقي

رقم	المرحلة	بدء التشغيل والإنتاج	عملية التحلية المستخدمة	(متر مكعب يومياً)	المدن المستفيدة
1	الأولى	١٤٠٢هـ	تبخير وميضي	118,447	الرياض والجبيل والقاعده البحريه بالجبيل والهيئة بالجبيل الملكيه
2	الثانية	١٤٠٣هـ	تبخير وميضي	815,185	

محطة الخفجي – الساحل الشرقي

رقم	المرحلة	بدء التشغيل والإنتاج	عملية التحلية المستخدمة	(متر مكعب يومياً)	ملاحظات	المدن المستفيدة
2	وحدات سريعة-١	١٣٩٨هـ	تبخير وميضي	1,075	نقلت إلى فرسان	
3	وحدات سريعة-٢	١٤٠٣هـ	إعادة تسخين	1,032	نقلت إلى الوجه	
4	الثانية	١٤٠٦هـ	تبخير وميضي	19,682		

محطات جدة – الساحل الغربي

رقم	المرحلة	بدء التشغيل والإنتاج	عملية التحلية المستخدمة	(متر مكعب يومياً)	المدن المستفيدة
3	الثانية	١٣٩٨هـ	تبخير وميضي	37,916	
4	الثالثة	١٣٩٩هـ	تبخير وميضي	75,987	
5	الرابعة	١٤٠١هـ	تبخير وميضي	190,555	
6	الأولى	١٤٠٩هـ	تناضح عكسي	48,848	
7	الثانية	١٤١٤هـ	تناضح عكسي	48,848	

محطة العزيزية – الساحل الغربي

رقم	المرحلة	بدء التشغيل والإنتاج	عملية التحلية المستخدمة	(متر مكعب يومياً)	المدن المستفيدة
1	**الأولى**	**١٤٠٧هـ**	**إعادة تسخين**	**3,870**	**جزيرة العزيزية**

محطة الشعيبة – الساحل الغربي

رقم	المرحلة	بدء التشغيل والإنتاج	عملية التحلية المستخدمة	(متر مكعب يومياً)	المدن المستفيدة
1	الأولى	1409هـ	تبخير وميضي	**191,780**	**مكة المكرمة والطائف**

محطة أملج – الساحل الغربي

رقم	المرحلة	بدء التشغيل والإنتاج	عملية التحلية المستخدمة	(متر مكعب يومياً)	ملاحظات	المدن المستفيدة
2	**وحدات سريعة**	**١٤٠١هـ**	**إعادة تسخين**	**825**	**نقلت إلى الوجه**	
3	**الثانية**	**١٤٠٦هـ**	**تناضح عكسي**	**3,784**		

محطة البرك – الساحل الغربي

رقم	المرحلة	بدء التشغيل والإنتاج	عملية التحلية المستخدمة	(متر مكعب يومياً)	ملاحظات	المدن المستفيدة
1	**الأولى**	**هـ1403**	**تناضح عكسي**	**1,952**		**البرك والقرى المجاوره لها**

محطة ضبا – الساحل الغربي

رقم	المرحلة	بدء التشغيل والإنتاج	عملية التحلية المستخدمة	(متر مكعب يومياً)	ملاحظات	المدن المستفيدة
2	الثانية	١٣٩٩هـ	تبخير وميضي	473	نقلت إلى الوجه	ضبا والقرى المجاورة
3	الثالثة	1409هـ	تناضح عكسي	3,784		

محطة الخبر – الساحل الشرقي

رقم	المرحلة	بدء التشغيل والإنتاج	عملية التحلية المستخدمة	(متر مكعب يومياً)	المدن المستفيدة
					الخبر والدمام ومطار الظهران والقطيف سيهات وصفوى و راس تنوره .
٢	الثانية	١٤٠٣هـ	تبخير وميضي	١٩١،٧٨٠	

محطة الوجه - الساحل الغربي

رقم	المرحلة	بدء التشغيل والإنتاج	عملية التحلية المستخدمة	(متر مكعب يومياً)	ملاحظات	المدن المستفيدة
2	الثانية	١٣٩٩هـ	تبخير وميضي	473		الوجه والقرى المجاورة
3	منقولة-١	١٤٠٦هـ	إعادة تسخين	825	منقولة من أملج	
4	منقولة-٢	١٤٠٩هـ	إعادة تسخين	1,032	منقولة من الخفجي	
5	منقولة-٣	١٤١٣هـ	تبخير وميضي	473	منقولة من ضبا	

محطة حقل – الساحل الغربي

رقم	المرحلة	بدء التشغيل والإنتاج	عملية التحلية المستخدمة	متر مكعب) (يومياً	ملاحظات	المدن المستفيدة
1	الأولى	1399هـ	تبخير وميضي	774	نقلت إلى رابغ	حقل والقرى المجاورة لها
2	الثانية	هـ1410	تناضح عكسي	3,784		

محطة ينبع – الساحل الغربي

رقم	المرحلة	بدء التشغيل والإنتاج	عملية التحلية المستخدمة	(متر مكعب يومياً)	ملاحظات	المدن المستفيدة
1	الأولى	١٤٠١هـ	تبخير وميضي	94,625		المدينة المنورة وينبع وماجاورها من القرى
2	الثانية	١٤٢٠هـ	تبخير وميضي	120,096		
3	الثانية	١٤٢٠هـ	تناضح عكسي	106,904	أكبر محطة تناضح عكسي في العالم	

محطة فرسان – الساحل الغربي

رقم	المرحلة	بدء التشغيل والإنتاج	عملية التحلية المستخدمة	(متر مكعب يومياً)	ملاحظات	المدن المستفيدة
1	الأولى	1399هـ	تبخير وميضي	430		جزيرة فرسان
2	منقولة-١	1410هـ	تبخير وميضي	1,075	منقولة من الخفجي	

محطة الشقيق – الساحل الغربي

رقم	المرحلة	بدء التشغيل والإنتاج	عملية التحلية المستخدمة	متر مكعب (يومياً	المدن المستفيدة
1	الأولى	1409هـ	تبخير وميضي	83,432	أبها وخميس مشيط و أحد رفيدة والمدينة العسكرية والمدن والقرى المجاورة

ـ دولة الإمارات العربيّة (لم ترد إجابة الإمارات)

تأتي الإمارات في المرتبة الثانية إذ تنتج يوميّا ٢,١ مليون م^3 أي أكثر من ٧٠٠ مليون م^3 في السنة.

ـ دولـــة الكويت

استخدام تقنيات تحلية المياه ركيزة الموارد المائية في دولة الكويـــت، إذ أن مـــوارد تحلية المياه تشكّل حوالي ٩٥ ./. من موارد المياه المتاحة لدولة الكويت.

تعتمد تقنيات تحلية المياه في دولة الكويت على أسلوب التبخير الومضي متعدّد المراحل ضمن النظام المزدوج لإنتاج الماء والكهرباء، وتتكوّن كلّ محطة تقريبا من مراحل يتراوح عددها ما بين ٢٤-٢٦ والسعة الكلية لوحدات التقطير في محطات القوى الكهربائية وتقطير المياه فتبلغ حوالي ١,٢٩٠ مليون م^3/اليوم. تنتج هذه الكميّة من خلال ٥ محطات. كما يوجد بدولة الكويت عدد من محطات التحلية تعمل بالتناضح العكسي بسعة ٣٧٥٠٠ م^3/اليوم، وتزوّد بمصادر المياه الطبيعية قليلة الملوحة. ويبلغ مجموع الكميّات المحلاّة ٤٨٤ مليون م^3/السنة.

أمّا استخدام الطاقات المتجددة، فدولة الكويت تقوم ببعض التجارب باستخدام اللاقطات الحرارية والخلايا الشمسية.

ـ دولة قطر (لم تأت الإجابة القطرية)

ـ العراق

لم يرد بالتقرير القطري معلومات تخصّ التحلية بالقطر العراقي ولاستخدام الطاقات المتجدّدة في التحلية.

ـ دولة البحرين

تعدّ دولة البحرين من أبرز الدّول المحتاجة للموارد المائية غير التقليدية حيث أنّها تصنّف مع الدول السبع المتدنّية من خلال الموارد المائيّة (١٩٣ م^3/س للفرد).

وتعتمد البحرين على تقنيات التحلية وذلك لسدّ العجز. وتبيّن الإحصائيات سنة ١٩٩٥ أن محطّات التحلية أنتجت ٥٠٢٠٠٠ م^3/ اليوم أي ما يعادل (١٩,٥ ./.) من إجمالي المياه المستهلكة.

وتتمركز الموارد المائيّة بالقطر في أربع محطات رئيسية:

– محطة رأس جرجور، وتستخدم تقنية التناضح العكسي، وتنتج ٤٦٠٠٠ م^3/اليوم. وتعالج هذه المحطّة مياها زعاقا تتراوح درجة ملوحتها بين ١٢٥٠٠ و ١٩٠٠٠ ملغ في اللتر. بدأ تشغيل المحطة سنة ١٩٨٤، وتتمثل خدماتها في إنتاج ماء عذب تبلغ درجة ملوحته ٣٥٠ مغ/ل وتستهلك ٥,٣ كلواط ساعة.

محطة سترة لإنتاج الكهرباء وتحلية المياه، والتي تمّ إنجازها على ٣ مراحل ١٩٧٥ – ١٩٨٥، ويبلغ حاليا إجمالي الطاقة المنتجة للمحطة ١٢٥ ميغاواط و ٣١٠,١٠٠ م^3/اليوم. وتوظف هذه المحطة عنفات (توربينات) بخارية وغازية لإنتاج الكهرباء، كما تعتمد على طريقة التبخير الومضي متعدد المراحل.

محطة الدور لتحلية مياه البحر بالتناضح العكسي التي يقدّر إنتاجها بـــ ٤٦,٠٠٠ م^3/اليوم.

محطة الحد لإنتاج الكهرباء والماء الذي ينتج ٢٧٢ ميغاواط و ١٠٠ ألف م^3/ اليوم. تمّ تسلّمها في ٢٠٠٠ لمواجهة الطلب المتزايد على الماء والكهرباء، و تمّت برمجة توسعة هذه المحطة على مرحلتين أخريين يصل الإنتاج في نهاية المرحلة الثالثة إلى ما يعادل ٩٠٠ ميغاواط و ٤١٠٠٠٠ م^3/اليوم.

التحلية والطاقات المتجددة أخذت حيزا من التقرير، والنتائج المتحصل عليها تثبت أن استخدام الطاقات المتجدّدة في التحلية ممكن تقنيا وذلك سواء بإنتاج كهرباء (خلايا فولطاضوئية أو طاحونات هوائية) أو بإنتاج حرارة عن طريق البيت الزجاجي. غير أن الكلفة تبقى مرتفعة مما يحدّ من انتشار واستخدام الطاقات المتجدّدة في التحلية بل تنحصر جدواها في حالات قليلة : أماكن نائية أو استخدامات خاصة كالاستخدامات العسكرية.

وبالبحرين تمّ تصنيع وتجربة المقطّرات الشمسيّة وإنتاج محطّة متنقلة لتحلية مياه البحر باستخدام التناضح العكسي والخلايا الفلطاضوئية، وبلغت كلفة المتر المكعّب الواحد من الماء العذب المنتج ٦٥ دولارا أمريكيا، هذا إلى جانب أبحاث ذات صلة بتطبيقات الطاقات المتجدّدة سواء لإنتاج الكهرباء أو لوصلها بتقنيات التحلية كالديليزه الكهربائية بالخلايا الفولطاضوئية وطاحونات هوائية.

ـ سلطنة عُمان

شحّ مصادر المياه بالسلطنة والنهضة الاقتصادية دفعا بإنشاء عدد متزايد من محطات التحلية لسدّ الاحتياجات. وتشغل ٦٥ وحدة تحلية بطاقة إنتاجيّة ٢٢٥٠٠٠ م^{٣}/اليوم، وفيما يلي أهمّ المحطات :

– محطّة الغبرة : تمّ إنشاؤها عام ١٩٧٦ وهي ازدواجية الأغراض (التحلية وتوليد الكهرباء) وتمّ تطويرها على مراحل وتنتج ١٩١٠٠٠ م^{٣}/اليوم و ٥٠٧ ميغاواط (٢٠٠١) وتستخدم هذه المحطة نظام التبخير الومضي متعدّد المراحل.

- محطّة صور: أنشأت في فبراير ١٩٩٣ بسعة إنتاجية تقدّر بحوالي ٤٥٠٠ م^{٣}/اليوم. و تستخدم المحطة التناضح العكسي لتحلية مياه متأتّية من الآبار.
- محطة جزيرة مصير : تشكّل المياه المحلاّة بالمحطة المورد الوحيد للمياه العذبة بالجزيرة. وتطوّرت سعة إنتاج المحطة من سنة ١٩٨٣ إلى ٢٠٠١ إلى حدود ٣٥٠٠ م^{٣}/اليوم، وتستخدم في هذه المحطة عدّة أساليب: التبخير الومضي متعدّد المراحل و التضاغط البخاري والتناضح العكسي. وتستخدم المحطة المياه الجوفية ويتمّ التخلّص من المياه العادمة في بركة تبخير.
- محطة بركاء : في طور الإنجاز (عام ٢٠٠٣): ستعمل هذه المحطة بالتناضح العكسي، وسيكون لها سعة إنتاج ٩٠٠٠٠ م^{٣}/اليوم مع إنتاج الكهرباء.

أمّا فيما يخصّ استخدام الطاقات المتجدّدة لتحلية المياه، فقد قدّم التقرير القطري إشارة إلى وجود بحوث متعلّقة بالقطّارات الشمسية والبيوت المحميّة للزراعة والتحلية.

ــ جمهورية مصر العربية

نظرا للاحتياجات المتزايدة ومحدوديّة مصادر المياه العذبة بجمهورية مصر العربية اضطرت الدولة إلى اللجوء إلى مشروعات التحلية للحدّ من العجز في بعض المناطق وتزويد بعض المناطق النائية بالماء العذب. والعرض الذي قدم بالتقدير القطري يعطي كل التفاصيل عن مواقع هذه المحطات والقدرات الإنتاجية والتقنيات المستخدمة.

شمال وجنوب سيناء: توجد ١١ وحدة ذات قدرة إنتاجية تقدّر بـــ ٨١٠٠ م^{٣}/اليوم وتستخدم الفرز الكهربائي والتناضح العكسي وضغط البخار الميكانيكي والحراري. أمّا درجة ملوحة المياه التي تقع تحليتها فهي تتراوح بين ٤٠٠٠ – ٤٧٠٠ مغ/ل. وحدات أقامتها القوات المسلحة المصرية لخدمة أغراضها وتوفير المياه للقطاع المائي بسعة إجمالية ٧١٥٠ م^{٣}/اليوم. وتستخدم كلّ هذه الوحدات التناضح العكسي لتحلية مياه البحر أو الزاعقة ما عدا محطة سيدي براني فتستخدم التقطير متعدّد المراحل، وطاقة إنتاجها ١٥٠٠ م^{٣}/اليوم، وتزود بماء البحر.

الساحل الشمالي: (محافظة مطروح) بإجمالي إنتاج حوالي ٨٥٠٠ م^{٣}/اليوم. تستعمل بهذه المنطقة عدّة تقنيات للتحلية، وإن كانت أكثر المحطات تزوّد بمياه الآبار، فإن محطتي مرسى مطروح ذات ٤٠٠٠ م^{٣}/اليوم تستخدم التناضح العكسي وتحلّي مياه البحر، كما أنّ محطة سيدي براني تستخدم التقطير متعدّد المراحل لتحلية ماء البحر وتنتج ٥٠ م^{٣}/اليوم.

أمّا فيما يتعلّق بالطاقات المتجدّدة، فقد قامت هيئة الطاقة المتجدّدة باستغلال الكهرباء المولّدة من المزرعة التجريبيّة لطاقة الرياح بالغردقة وتشغيل وحدة تحلية مياه سعة ٣٠

م^3/اليوم، ونجحت التجربة و أقامت الهيئة محطّة أخرى لتحلية البحر بقدرة ١٠٠ م^3/اليوم شمال الغردقة لإمداد القرى الساحليّة المجاورة بمياه الشرب والريّ. ويمكن اعتبار هذا النموذج من المحطات ضمن محيط معيّن ذات أهمية لانتشار التطبيقات المتعلقة بالطاقات المتجدّدة ووصلها بمحطات التحلية.

ــ الجماهيرية العربية الليبية الشعبية الاشتراكية العظمى

التقرير القطري ذكر أنّ ما يزيد عن ٤٠٠ وحدة تمّ إنجازها بالجماهيريّة بمُوقى سنة ٢٠٠٠، وأنّ التقانات المستخدمة هي التناضح العكسي والفرز الكهربائي والطرق الحراريّة. وتبلغ السعة التقديرية الإجمالية لهذه الوحدات حوالي ٧٠٠ ألف م^3/اليوم. و تنتج المحطات الحرارية ٧٠ ./. منها بينما تنتج ٣ محطات تعمل بالتناضح العكسي والفرز الكهروغشائي ٢٠./. و١٠ ./. على الترتيب.

التحلية والطاقات المتجدّدة: تمّ إنجاز مشروع تجريبي لوحدة تعمل بمبدأ التبخير الومضي متعدّد المراحل باستخدام الطاقة الحرارية المخزونة بالبركة الشمسية وبطاقة إنتاج تبلغ حوالي ٥٠٠م^3/اليوم.

بصدد الإنجاز وحدة تجريبية للاقطات الشمسية بقدرة إنتاجية تقدر بـــ ١٠م^3/اليوم.

ــ المملكة الأردنية الهاشمية

يوجد بالمملكة حوالي ٢٤ محطة تنتج حوالي ١٠٠٠ م^3/اليوم وتستخدم تقنيات التناضح العكسي والفرز الكهربائي. ولأهميّة الماء فهناك اهتمام ملحوظ من قبل الحكومة في الأردن في مجال تحلية المياه ممّا حدا بمراكز البحث والجامعات والجهات ذات العلاقة أن تقوم بدراسات وبحوث في هذا المجال. ومن بين هذه الدراسات:

تحلية مياه المسوس في المناطق النائية في الأردن. وتعنى الدراسات بالجوانب الفنية والاقتصادية والاجتماعية لإنجاز وحدة تعمل بطريقة التناضح العكسي بحجم يصل إلى ١٠٠ م^3/اليوم، وتستخدم أنظمة الطاقة الشمسية. وقد أثبتت نتائج الدراسة جدوى الخلايا الفلطاضوئية. وبناء على هذه الدراسة، وفي إطار التعاقد مع الولايات المتحدة تمّ تنفيذ مشروع تركيب وحدتين ذات ٥٠ م^3/اليوم وذلك لغرض الدراسة التقنية المستفيضة وإعداد برنامج وتنفيذ وحدة مماثلة بفلسطين.

مشروع تصميم نظام تحلية يعمل بطريقة التناضح العكسي، ويدار بأنظمة الطاقة المتجدّدة (الرياح، الإشعاع الشمسي) إضافة إلى مصادر تقليدية. مرحلة إنجاز المشروع سنة (٢٠٠٢).

إلى جانب هذين المشروعين قدّم التقرير القطري مشروعا بحثيا يحتوي على نظامين: الأوّل يستخدم المرايا ذات السطوح المقعّرة، والثاني يستخدم طاقة الريح والتقانات الشمسية لتحلية المياه.

ــ الجمهورية التونسية

ورد في الاستبيان أن عدد المحطات ٤، و كلّها يستخدم التناضح العكسي ولها سعة إجمالية ٥٠,٠٠٠ م^3/اليوم: محطة جزيرة قرقنة (٣٥٠٠م^3/اليوم)، ومحطة قابس (٢٢٥٠٠م^3

/اليوم)، ومحطة جربة (١٢٠٠٠)، ومحطة جرجيس(١٢٠٠٠). غير أن عدد المحطات يفوق ذلك بكثير إذا اعتبرنا المحطات النشطة في الميدان الصناعي وخاصة صناعة النسيج والحامض الفوسفوري (محطة قابس التي تعمل بالتقطير الومضي ومحطة الصخيرة التي تعمل بالتناضح العكسي) وغيرها، والتي تبلغ سعتها الإجمالية ٥٠٠٠٠ م^{٣}/اليوم.

أما فيما يتعلّق باستخدام الطاقات المتجدّدة، فإنّه لا توجد محطات للتحلية تستخدم الطاقة المتجدّدة على المستوى الصناعي، ولكن توجد بعض المحطات في مخابر مراكز البحث تعمل بالطاقة الشمسيّة وذلك مثل المقطّرات الشمسية، والبرك الشمسية واللاقطات الشمسية و بطاقة الرياح ، ويقام حاليا مشروع تحلية ماء البحر بترطيب الهواء على مراحل متعددة و باستخدام اللاقطات الشمسية الهوائية وذلك بالتعاون الأوروبي .

الجمهورية السورية

لم يرد بالتقرير القطري إجابات حول الموارد المائية المتأتية من التحلية ولا عن وجود محطات للتحلية، غير أنّه وقعت الإشارة إلى أهمية اللجوء إلى التحلية كتقنية وذلك لسدّ بعض الاحتياجات المتنامية للماء العذب.

ـ الجمهورية الجزائريّة

تبلغ طاقة الإنتاج المائي المحلّى بالقطر الجزائري ١٠٠,٠٠٠ م^{٣} في اليوم. كما يبلغ عدد محطات تحلية الماء خمس محطات تُستعمل للأغراض الصناعية، وتتكوّن تلك المحطات من :

- محطة وهران التي تنتج ١٤٨٩٢ م^{٣}/اليوم
- محطة أرزيو ١٣٣٩٢ م^{٣}/اليوم
- مرس الحجاج ١٥٠٠ م^{٣}/اليوم
- سكيكدة ٢٦٠٠٠ م^{٣}/اليوم
- عنابة التي تنتج ١٤١٠٠ م^{٣}/اليوم.

كما أنّ هذه المحطات الخمس تستخدم التناضح العكسي.

ـ المملكة المغربيّة

يوجد بالمغرب ستّ محطات لتحلية المياه. وأكبر محطة توجد بمدينة العيون، وقد بدأ استغلالها سنة ١٩٩٥. أمّا الإنتاج اليومي فيصل إلى ٧٠٠٠ م^{٣}/اليوم، وتستخدم هذه المحطة تقنية التناضح العكسي، وتزوّد بالطاقة الكهربائية وذلك من خلال شبكة الكهرباء الوطينة.

أمّا المحطة الثانية فتوجد بمدينة بوجدور و يصل إنتاجها اليومي إلى ٨٠٠ م^{٣} ، وتعتمد في ذلك تقنية التناضح العكسي. وحسبما ورد في الاستبيان فإن السعة الكليّة للمياه المحلاّة تبلغ ٢,٨٤ مليون م^{٣}/س.

ـ الجمهورية اليمنيّة

توجد محطة هيدروحرارية في عدن (الحسود) أنشأت عام ١٩٨٦ وتستخدم طريقة التبخير متعدد المراحل. تقدّر طاقة الإنتاج بـ ٤٥٠٠٠ م^{٣}/اليوم، غير أنّ واحدة فقط من ٣ بطاريات المكوّنة للمحطة توجد في حالة تشغيل. كما توجد محطة في جزيرة كمران، وتوجد بعض المحطات الصغيرة تنتج كل واحدة حوالي ٢٩٠ م^{٣}/اليوم. وتستخدم هذه المحطات أسلوب التناضح العكسي، وهذا يعطي تقريبا ١٦,٦ مليون م^{٣} في السنة.

أمّا الدّول التي لم تذكر في هذا الباب فهي إمّا لم تذكر اهتمامها بموضوع التحلية وإمّا أن تقريرها القطري لم يصل إلى المنظمة.

ونلاحظ اختلاف الكميات التي نجدها في المنشورات والتي وردت في بعض التقارير القطرية وهو ما يجعل مهمّة تحليل المعطيات صعبة جدًّا. ويُمكن أن نُرجع ذلك إلى الخلط بين القدرات الإسمية للمحطات والإنتاج الفعلي لهذه المحطات وإلى غيرها من الأسباب الإحصائية. ويعطي الجدول رقم ٥ سعات المياه المحلاّة في الوطن العربي حسب المنشورات العلمية وحسب ما جاء في التقارير القطرية. ويمكن أن نقول أنّ السعة الجملية للمحطّات العربيّة لتحلية المياه هي **١٠ مليون متر مكعّب في اليوم.**

أما استخدام المياه المحلاة فهو يختلف من بلد إلى آخر. فعلى سبيل المثال تستخدم المياه المحلاة للأغراض الزراعية في دول الخليج، بينما لا تستخدم هذه المياه في شمال إفريقيا إلا للشرب والصناعة.

الجدول رقم ٥: السعة التراكميّة الحاليّة للمياه المحلاّة في الأقطار العربية

الدولة	السعة م^{٣} /اليوم حسب المنشورات	السعة م^{٣} /اليوم حسب التقارير القطرية	الدولة	السعة م^{٣} /اليوم حسب التقارير القطرية	السعة م^{٣} /اليوم حسب المنشورات
المملكة العربية السعودية	٥٢٥٣٢٠٨	٢٧٣٢٦٣٤	الجزائر	١٠٠٠٠٠	٢١١٧١٢

الإمارات العربية المتحدة	٢١٦٤٥٠٧	١٩٣٠٠٠٠	عُمـــان	٢٢٥٠٠٠	١٩٢٥٨٦
الكويت	١٥٣٨٤٢٦	١٣٢٧٥٠٠	مصـــر	١٠٠٠٠٠	١٢٨٩٧٢
ليبيا	٦٨٣٣٠٨	٧٠٠٥٠٠	تـــونس	١٠٠٠٠٠	٥٣٧٢٢
قطر	٥٦٦٩٠٤	٥٠٤٠٠٠	موريتانيا	–	٤٦٥٤
العراق	٣٣٢٦١٣	–	سوريا	–	٥٦٢٣
البحرين	٣٠٩١٥٨	٥٠٢٠٠٠	الأردن	١٢٠٠	٧٠٠٠
اليمن	٧٤٦٢٤	٤٥١٨٠	المغرب	٧٨٠٠	١٩٧٠٠
لبنان	١٧٠٠٠	–	فلسطين		
جيبوتي	٥٩٣٥٦	٥٥٠	السودان	–	٨٢١٩
الصومال	٢٧٤٠	–	المجموع	٨٢٧٦٣٦٤	١١٦٣٤٠٣٢

٥- التحكّم في تقانات التّحلية

٥-١ الدراسات الهندسية والإنجاز

يبدو أنه لا يوجد مكاتب هندسية بالأقطار العربية تهتمّ بدراسة وتصميم وحدات التحلية، كما أنّه لا توجد شركات قادرة على إنجاز محطات تحلية إنجازا كاملا. وهذا القصور تقابله سوق كبيرة وقابلة للتوسّع بشكل سريع، علمًا أنّ التراكمات المعرفيّة في عدّة أقطار عربيّة تجعل من تصميم وإنجاز وحدات تحلية، خاصّة تلك التي تستخدم أساليب الأغشية، في متناول المهندسين العرب.

٥-٢ البحث العلمي وتطوير التقانات

لقد بذلت كلّ الدّول العربيّة خلال العقود الثلاثة الأخيرة مجهودا كبيرا في مجال نشر المعرفة و إقامة منظومات وطنيّة للبحث العلمي، و أصبحت تمتلك، بدرجات مختلفة، قدرات علميّة رفيعة المستوى. ولكنّ هذه المنظومات لا تزال تشكو في أكثر الحالات من روتين التصرّف وثقل الإدارة وكذلك قلّة التعاون بين المؤسّسات داخل البلد وخارجه . كما أنّ نسبة الإنفاق على البحث العلميّ والتكنولوجيا لا تزال ضعيفة جدًّا ولا تسمح بامتلاك القدرة على توظيف نتائج البحث للتنميّة الشاملة. وقد تراوحت نسب الإنفاق على البحث العلمي والتكنولوجيا بين ٠,٢ و ٠,٥ بالمائة من الناتج الداخليّ الخام، بينما تنفق الدّول المتقدّمة بين ٢ و ٣,٥ بالمائة.

ونقدّم بعض المجهودات التي تمكّنا من التعرّف عليها، وهذا لا يعني البتّة أنّ الدّول الأخرى لا تبذل مجهودات في سبيل التحكّم في تكنولوجيا تحلية المياه، فكلّ الدول تحاول حسب استطاعتها، توجيه مشاريع البحث نحو مشاغلها التنمويّة .

بالمملكة العربية السعوديّة توجد أكبر وحدة على الإطلاق بحجم ٩٣٠,٠٠٠ م^3 في اليوم بجبيل و ١ مليون م^3 في اليوم مبرمج للإنجاز، تليها دولة الإمارات. و تموّل السعودية مشاريع بحث في شتّى المجالات المتعلّقة بأساليب التحلية مثل مقارنة خيارات التحلية ومعالجة مياه الصرف ومدى ملاءمة منظومات التحلية للمدن. والمتابع للنّشاط العلميّ السعوديّ في مجال التحلية يكتشف قيمة هذا الإنتاج وكثافته.

الكويت رابع دولة مستهلكة ومستعملة لتقانات التحلية بسعة ١,٤٠٠ مليون م^3 في اليوم. كما تحتضن الكويت أكبر محطة للتحلية بأسلوب التقطير الومضي متعدّد المراحل. والمركز العلمي للبحوث بالكويت له نشاطات كثيرة تخصّ التناضح العكسي والمعالجة الأوّلية وتلوّث ماء البحر بالمواد الهيدروكربونيّة وانعكاساته على الماء المحلّى. كما يهتمّ المعهد العلميّ للبحوث بالدّراسات الاقتصادية لتحديد كلفة إنتاج الماء العذب حسب الأسلوب. ومن اهتماماته الدراسات الاستراتيجيّة لتخزين الماء العذب. ويبدو أنّ حقن الخزّانات الجوفيّة (الطبقة السطحية أو العميقة) يحظى بعناية خاصّة من ضمن هذه الدّراسات.

وتقوم دولة البحرين ببحوث حول الترسّبات والتآكل في وحدات التحلية، وتجري تجارب حول استخدام الطاقة الشمسيّة لتشغيل الأنظمة الصغيرة لتحلية المياه.

وتُعدّ مصر من البلدان المستخدمة لتقانات التحلية بدرجة ثانية، غير أنّ العجز المتوقع في ميزان المياه بمصر من جهة، و اعتبارًا للكفاءات العلمية داخل مصر

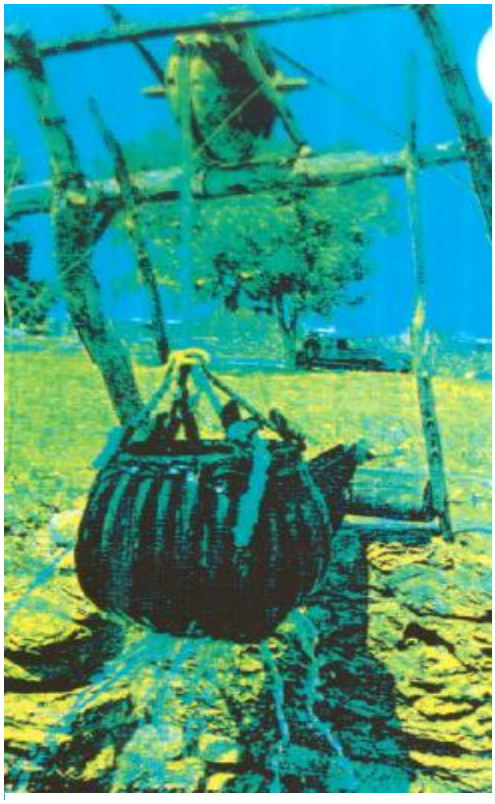
وخارجها من جهة أخرى، يجعلانا ننتظر حيويّة أكبر في المستقبل القريب، خاصّة أنّه أسّس مؤخّرا معهد للبحوث يُعنى بالتحليّة.

وتعتمد سلطنة عُمان بشكل قويّ على أساليب التحلية لسدّ احتياجاتها من الماء العذب. وتنتج وحدات التحلية المُقامة بالسلطنة ما يعادل ١,٣ مليون م^{٣} في اليوم.

وتُعتبر هذه الوحدات قاعدة لتطوير برامج بحث تطبيقيّ يُعنى بمتابعة وتشخيص الإشكالات التقنيّة بهذه المحطّات، وهو ما سيسمح بتطوير الأساليب والتحكّم في تسييرها. وتُجري سلطنة عمان بحوثا حول المعالجات المبدئيّة لمياه البحر في أنظمة التناضح العكسي والانّساخ الحيويّ للأغشية.

وبالجماهيرية الليبيّة، يوجد أيضا عدد من الوحدات والبرامج التي تمكّن من إنتاج علميّ وتقنيّ قادر على الإضافة في هذا المجال.

و لتونس والأردن وغيرهما احتياجات متزايدة للماء العذب. والموارد التقليديّة لا يمكنها أن تسدّ هذه الاحتياجات، فاللجوء إلى أساليب التحلية سيأخذ منحنى تصاعديّا و هذا ما يحث على مزيد التنظيم والتنسيق بين الأطراف الفاعلة في مجال التحلية وما سيدفع الدّول إلى مزيد الإنفاق لإنجاز مشاريع بحث لدراسة وتطوير تقانات التحلية. وتوجد دراسات على نماذج في المخابر العلمية وعلى وحدات نموذجية لتحلية المياه بعضها يعمل بالطاقات المتجدّدة، وذلك إلى جانب دراسة المعالجات الأوّلية للمياه الجوفيّة قبل تحليتها بالتناضح العكسي.



الدلو: طريقة جلب الماء التقليدية من البئر

٦- استشراف التوجّهات المستقبليّة لاستخدام أساليب التحلية بالأقطار العربيّة

٦-١- الاتّجاهات المستقبلية لتطوير نظم التحلية

أ ــ أساليب الأغشية

إنّ الدور المناط بعهدة الأغشية هو إزالة وتقليل تركيز الأملاح بمحلول مياه البحر أو المياه الزعاق. و حتى يتحقق هذا الهدف بطريقة صناعيّة وبكلفة مقبولة، اتّجهت الدّراسات والأبحاث إلى تطوير الأغشية، فتطوّرت طرق إعداد الأغشية وتعليبها، واكتسبت هذه الأخيرة مواصفات المقاومة للضغط والنفاذيّة العالية مع قدرة كبيرة على حجز الأملاح، ممّا مكّن من استخدام هذه النظم بشكل مكثف.

غير أن الإشكال أصبح يطرح من باب ملاءمة طرق المعالجة الأوّلية للمياه مع خاصيّات الأغشية والتي عادة ما تكون عرضة للتكاثر البيولوجي وترسّب الأملاح على سطحها، وهي عوامل تضعف المردوديّة وترفع من كلفة الإنتاج. و تتّجه الدّراسات الحاليّة نحو إيجاد وتطوير طرق نذكر من بينها التعقيم بنظام الأشعّة فوق البنفسجيّة و استخدام الأوزون. كما أنّ نظم المرشّحات المجهريّة و تحت المجهريّة بدأت تأخذ مكانها في المعالجة الأوّلية لمياه البحر أو المياه الزعاق. والدّراسات و التجارب الأوّلية تدلّ على إمكانيّة تحقيق نجاعة تقنية واقتصادية مهمّة.

ب ـ أساليب التقطير

تشهد أساليب التقطير تطوّرا هامّا في نوعيّة المعادن المستخدمة و ذات الخاصيّات المقاومة للتآكل ولهبوط ضارب التبادل الحراري مع الوقت. كما أنّ التصميم العمودي لأسلوب التقطير متعدّد المراحل باستخدام معدن الألمنيوم أظهر عدّة مزايا منها الكلفة المنخفضة. وتشير بعض الدّراسات إلى أنّ التصميم العموديّ قد يجد نجاحا كبيرا.

ج- الأساليب الكيميائية

تشير الدّراسات إلى ظهور طريقة مستحدثة تستعمل الفرز الكهربائي والتسيير الألكتروني. وعمليّة الفصل الكهروكيميائي تعتمد على هجرة الأيونات للأقطاب التي تخالفها في الشحنة، وهو ما ينتج ماء عذبا وأملاحا مترسّبة على الأقطاب المكوّنة من ألياف الكربون. وبتطوّر هذه الطريقة وانتقالها إلى المجال الصناعي تتوقع الدراسة المنشورة بمجلة التحلية وإعادة استخدام المياه(٢٠٠١)، أن الكلفة ستكون منخفضة مقارنة بالطّرق التقليديّة للتّحلية.

٦-٢- التطوّرات المنتظرة في مجال الطاقة لنظم التحلية

محافظة على استمرارية موارد الطاقة الأحفوريّة أطول أمد ممكن ، فإنّ البحث عن الطاقات البديلة أو المكمّلة بدأ منذ عقد تقريبا وذلك من خلال الدّراسات التي قامت بها عدّة أقطار عربيّة منفردة (السعودية ومصر) أو داخل تجمّعات (الخليج وشمال إفريقيا)، واهتمّت هذه الدّراسات بالطاقة النوويّة كطاقة بديلة مع الإشارة إلى الدور الهامّ للطاقات

المتجدّدة. فتكامل وتنوّع مصادر الطاقة داخل منظومة متكاملة يضمن للوطن العربي فُرصا أكبر للتطوّر المستديم.

أ ــ الطاقة النووية

الطاقة النوويّة يجب أن تكون حاضرة كخيار لمصدر الطاقة في الموازنة الطاقيّة لكلّ قطر يطمح إلى ضمان قدر أدنى من الطاقة خارج تقلّبات السوق ونضوب الموارد التقليديّة، كما أنّ الطاقة النوويّة هي الأكثر كثافة والأقلّ كلفة. كما أنّ سلامة المحيط والمحافظة على الحياة تفترض التقليص من إفرازات الغازات وخاصّة ثاني أكسيد الكربون. و في الأقطار العربية حيث تشحّ الموارد المائية ويزيد الطلب بإلحاح على مصادر الماء العذب فإنّ تقنية المولّدات النووية توفّر طاقة حراريّة أو كهربائية كثيفة قادرة على خفض كلفة الإنتاج.

و الدّراسة التي قامت بها الوكالة العالميّة للطاقة الذريّة والتي خصّت بها دول شمال إفريقيا (تونس – مصر – ليبيا – الجزائر – المغرب) أثبتت أنّ الخيار النّووي يكون اقتصاديّا إذا كان ثمن (البرميل) أعلى من ١٥ دولار ومؤشرا لفائدة تحت ٨ ٪ . وفي دراسة لإمكانات إنتاج الكهرباء وتحلية المياه باستخدام المولّدات النوويّة بأقطار الخليج العربي، تبيّن أنّ استخدام المولّدات النووية هو اختيار استراتيجيّ وذلك لأنّ معدّلات نموّ استهلاك الماء والكهرباء لهذه الأقطار مرتفع، ويرجع ذلك إلى عدّة أسباب منها النموّ الديمغرافي وارتفاع المستوى المعيشي. وتشير الدراسة إلى أنّ الاحتياجات كبيرة، ففي سنة ٢٠٢٠ ستبلغ الاحتياجات إلى ٨ مليار م^3 في السنة من الماء العذب و ١٤٢ مليار واط من الكهرباء. وتبيّن الدراسة أنّه بالإمكان استخدام تقنية المولدات النوويّة لإنتاج الكهرباء لتغطية الاحتياجات من الكهرباء وإنتاج الماء العذب للاستهلاك. و قد يكون من المستحسن إنتاج كهرباء، و إقامة محطات تحلية في المواقع المعنيّة بنقص الماء، والابتعاد عن نقل الماء لأنّ كلفة نقل الماء عالية. وحثّت الدراسة على الأخذ بالاعتبار الجوانب البيئية والمؤسساتية عند تطبيق الاختيار النووي.

و أنجزت عدّة دراسات بمصر أبرزت أنّ العجز في ميزان الماء بمصر " هبة النيل " قد يصبح مأسويّا وذلك لأنّ الموارد ستتناقص إلى حدود ١,٤٤ مليار م^3 سنة ٢٠١٧ بينما قدّرت بـــ ٤,٨٤ مليار م^3 في سنة ١٩٩٢. وإذا ما اعتبرنا نسبة نموّ الدّخل الفرديّ و التطوّر السكّاني فإنّ العجز سيرتفع إلى حدود ٨ مليار م^3 في السنة. ويمكن اعتماد عدّة تقنيات لسدّ العجز من بينها أساليب التحلية باستخدام المفاعلات النووية كمصدر للطاقة. وقامت الدراسة باعتماد فرضيّة متفائلة على أساس أنّ التطوّر في السعة الجمليّة لأساليب التحلية سيكون من ١ إلى ١,٩ مليون م^3 في اليوم، وتمّ بعد ذلك التحليل الاقتصادي الذي أقرّ نتيجة الدراسة التي قامت بها الوكالة العالميّة للطاقة الذريّة بشمال إفريقيا.

وتقوم الوكالة الدوليّة للطاقة الذريّة بدراسات عديدة حول تحلية المياه بالطاقة النووية وذلك بطلب من دول كثيرة مثل مصر وباكستان و أندنوسيا والمغرب وتونس وغيرها وأنجزت الوكالة برامج حاسوبيّة مثل برنامج DEEP. وتعدّ الهند واليابان وكوريا وكازاخستان من الدول المتقدّمة في هذا الميدان. كما تنوي الوكالة عقد اجتماع علمي دولي خلال سنة ٢٠٠٢ لتقديم التجارب الميدانية والمحاكاة الحاسوبية لاستخدام الطاقة النووية لتحلية الماء وإنتاج الكهرباء.

ب – الطاقات المتجدّدة

الطاقات المتجدّدة يمكن أن تلعب دورا هامًّا في تزويد المناطق الريفيّة والمناطق النائية بالماء العذب. وهذا المنحنى يعتبر الأفضل اقتصاديّا والأكثر ملاءمة مع المحيط.

واعتمادا على ما ورد سابقا فإنّ التّقطير متعدّد المراحل هو الأسلوب الأفضل بالنّسبة للمحوّلات الحراريّة للإشعاع الشّمسي (لاقطات مسطّحة أو مركّزة أو برك شمسيّة) بمعدّل ٥٠ إلى ١٥٠ م^{٢} للمتر المكعّب من الماء العذب. ويمكن الاعتماد على تطوّر التقانات سواء تلك المتعلّقة بالتحلية أو محوّلات الإشعاع الشمسيّ لكي نحصل على مردوديّة أعلى و كلفة معقولة في مستوى ١ دولار للمتر المكعّب (حاليّا ٣ – ٤ دولار للمتر المكعّب). أمّا في مجال التحويل الكهربائي، وإن تعدّدت الأساليب، فانّ التّناضح العكسيّ هو الأفضل تقنيّا واقتصاديّا لكن تطوّر تقنيّة الفرز الكهركميائي قد يمكّن من خفض الطاقة إلى نصف ما يستهلكه التناضح العكسيّ ويمكن استخدام الخلايا الفولطاضوئية لهذه الأنظمة.

كماأظهرت التجارب أنّ طاقة الرّياح طاقة واعدة يمكن استخدامها في أساليب تحلية المياه وخاصة التّناضح العكسيّ وذلك حتّى لسعات مرتفعة. فمزارع الرياح أصبحت منتشرة في العالم وحتّى في العالم العربي مثل مصر (١٠٠ ميجاواط) والمغرب (٦٠ ميجاواط) وتونس (٢٤ ميجاواط) ....

وبمكن أن تلعب الطاقات المتجددة مستقبلا دورا هامّا سواء في المحطّات الصغرى مثل المحطة العائلية أو القرويّة التي يمكن أن تكون رافدا في الاستراتيجيات الوطنية لتحلية المياه، أو في المحطّات المتوسطة التي يمكن إقامتها جنب مزارع الرياح أو مصادر أخرى للطاقات المتجددة قادرة على تشغيل هذه المحطّات.

٦-٣- الاحتياجات الدنيا للماء العذب بالأقطار العربيّة

اعتمادا على إجماليّ الموارد المتجدّدة (مياه سطحيّة، مياه عميقة، ومياه محلاّة) وعلى التعداد السكني حسب مؤشّرات النموّ الديمغرافي تمّ تحديد الحصّة الراجعة للفرد مع بلوغ سنة ٢٠٢٠ (بالجدول رقم ١٤). والمتأمّل في النتائج المرسومة بهذا الجدول يستخلص أنّ معظم الأقطار العربية لا توفّر إلاّ كميّات ضعيفة و دون الحصّة الدنيا (٥٠٠ م^{٣} في السنة).

ــ مؤشّر الحصّة الدنيا للفرد

قياس مؤشّر نقص الماء العذب يمكن مناقشته حسب المعايير التي ضبطها بعض الباحثين. فهناك من اعتبر طرق الريّ المحدّد لهذا المؤشّر، ولذلك تكون الحاجة إلى المياه في البلاد المتخلفة أكبر من البلدان الصناعية، لأنّ طرق الريّ عندها بدائيّة. ففي البلدان المتقدّمة تقدّر الحاجة الدنيا إلى الماء العذب بـــ ١١٠٠ م^{٣}/السنة بينما يجب أن يتوفّر ٢٥٠٠ م^{٣}/السنة للفرد كحد أدنى في البلدان المتخلفة. وفي ١٩٩٠ تمكن " فلكسمنموك أنجل" من ضبط هذا المقياس كالآتي :

ــ ضغط مؤشّر الماء إذا كانت حصّة الفرد لا تتعدّى ١٦٦٧ م^{٣} في السنة.

ــ نقص الماء يحصل إذا كانت حصّة الفرد لا تتجاوز ١٠٠٠ م^{٣} في السنة.

ــ النقص الحادّ يحسب ابتداء من حصّة ٥٠٠ م^{٣} في السنة.

وفي سنة ١٩٩٣، اقترح شيقال مبدأ الحدّ الأدنى المطلوب للماء (MWR) وفصل المقادير المكوّنة لـــ MWR إذ اعتبر أنّ ٥٠ ل للفرد في اليوم هو الحدّ الأدنى

لاستهلاك الفرد حتّى يبقى في ظروف صحيّة مقبولة. كما يلزم من ١٠٠ إلى ٢٠٠ ل للفرد في اليوم لتلبية الحاجيّات المكملة للاستهلاك المنزلي. وإذا ما اعتبرنا الحاجيّات الصناعيّة والخدماتيّة فإنّ الكميّة تتضاعف و تصبح من ٢٠٠-٤٠٠ ل للفرد في اليوم، وهو ما يعبّر عنه بالحاجة الدنيا من الماء (MWR). ويبقى هذا المؤشّر بعلاقة مع معدّل الدخل القوميّ (GNR) ، وهذا المؤشّر يدلّ على مدى قدرة الفرد والدّولة على الاستثمار لتلبية الحاجيّات، وهو ما يجعل MWR خاصّا بكلّ قطر حسب مستوى المعيشة فيه. وحدّدت منظّمة الصحة العالميّة (WHO) الاحتياجات الدنيا للاستهلاك المنزلي و الصناعي من الماء العذب (M W R) لكلّ قطر حسب الدّخل السنويّ للفرد. والعمود ٥ من الجدول رقم ١٤ يحدّد هذه القيمة لكلّ بلد على حدة. و لتحديد الكميّات الدنيا من الماء العذب المحلّى مع دخول سنة ٢٠٢٠، اعتمدنا أوّلا على خصم حصّة الماء بالقطاع الزراعي من الحصّة المتوقّرة لكلّ فرد في ٢٠٢٠، ثمّ قمنا بخصم القيمة المتبقيّة من MWR الاحتياجات الدنيا للماء العذب، و الفارق يجب توفيره عن طريق أساليب التحلية .ثمّ أضفنا لها السعة الحاليّة معدّلة بعامل ١/٠,٨٥ للمحافظة على نفس الأداء حتّى سنة ٢٠٢٠.

$$TNC = TAD / 0{,}85 + RDC$$

السّعة المطلوب إضافتها سنة ٢٠٢٠	السّعة الإجماليّة المتوقّرة منذ ١٩٩٥	السّعة الإجماليّة المطلوب توفيرها عن طريق أساليب التحلية في ٢٠٢٠

ب ــ تقدير الكميّات الدنيا من الماء لــ ٢٠٢٠

تختصّ هذه الفقرة باستشراف الاحتياجات الدنيا من الماء العذب لعدّة أقطار عربيّة. وتمّت هذه التقديرات حسب المعادلة بالفقرة أ. وبالجدول رقم ٦ رسمنا حصّة الفرد وحصّة الاستهلاك الفلاحي والقيمة الدنيا للاستهلاك الصناعيّ والمنزليّ وحدّدنا قيمة العجز وذلك بطرح المطلوب (MWR) مما تبقّى من حصة الفرد بعد طرح حصّة الفلاحة، ثم طبقنا المعادلة. وحتّى نوازي بين العرض والطلب للاحتياجات الدنيا للاستهلاك المنزلي والصناعي، يجب على الأقطار العربية مجمّعة إنتاج ما يعادل ٢٥ مليون متر مكعب في اليوم، أي ٩ مليار م^3 في السنة (حسب المعطيات الواردة في التقارير المنشورة – الجدول رقم:٧) وإنفاق ما بين ٢٢ – ٥٠ مليار دولار أمريكي، وتلك تقديرات دنيا لا يمكن أن تستجيب لآمال أمّة تطمح إلى الرقيّ ولها مستوى معيشيّ في نمو مطّرد. غير أنّ هذه الكميّات تعتبر هائلة باعتبار التقديرات العالميّة التي لا تتجاوز ٣٠ مليون متر مكعب في اليوم، أي ١١ مليار م^3 في السنة، إذ ستستحوذ الأقطار العربية على حوالي ٨٠ ./. من الإنتاج العالميّ للماء العذب عن طريق التحلية في غضون عقدين من الزمن.

جدول رقم ٦ : حصّة الفرد من الماء العذب لسنة ٢٠٢٠ (احتساب هذه الحصّة وقع على ضوء معطيات المنشورات العلميّة)

البلد	مصادر المياه وكميات المياه المتوفرة				
	مجموع الموارد المائية المتجددة 10^6 م^3 /س	موارد متأتية من التحلية 10^6 م^3/س	مجموع الموارد المائية 10^6 م^3/س	التعداد السكني 10^6 x ٢٠٢٠	حصة الفرد في السنة بالم^3 ٢٠٢٠
الأردن	١٤٩٠	٣	١٤٩٣	٩,٦٨٨	١٥٤
الإمارات	٩٠٠	٤٠٠	١٣٠٠	٤,٢١٠	٣٠٩
البحرين	١٦٠	٧٠	٢٣٠	١,١٢٠	٢٠٥
تونس	٤,٣٥٥	٨,٥	٤٣٦٤	١٢,٧٩٠	٣٤١
الجزائر	١٧٢٠٠	٦٥	١٧٢٦٥	٥١,٩٩٧	٣٣٢
جيبوتي	١٩٩	٠,٢	١٠,٢	١,٠٤٧	١٩٠
السعودية	١٤,٤٣٠	٧١٥	١٥١٤٥	٣٩,٧٢٠	٣٨١
السودان	٦١٥٤٥	١	٦١٥٤٦	٥٩,٨٢٣	١١٢٩
سوريا	٢٢١٠٠	٣	٢٢١٠٣	٣٠,٠٤٨	٧٣٦
الصومال	١١٤٥٦	٢	١١٤٥٧	٢٠,٩٥٠	٥٤٧
العراق	٨١٠٠٠	٢٢	٨١٠٢٢	٤٣,٢٩٩	١٨٧١
عمان	٦٤٥	٣٢	٦٧٧	٤,٦٠٠	١٤٧
فلسطين	؟ ٣٢٥	–	٣٢٥	٩,٧٣١	٣٤
قطر	١٤٤	٩٥	٢٣٩	١,٢٣٠	١٩٤
الكويت	١٦٠	٢٤٠	٤٠٠	٣,٦٠٠	١١١
لبنان	٦٨٠٠	٢	٦٨٠٢	٦,١٥٤	١٦٣١
ليبيا	٢٦٧٠	٢٢٦	٢٨٩٦	١٢,٥٥٠	٢٣١
مصر	٦٦٥٠٠	٢٥	٦٦٥٢٥	٩٠,٠٩٣	٧٣٨
المغرب	٣٣٠٠٠	٣,٥	٣٣٠٠٤	٤٣,٩٣١	٧٥١
موريتانيا	٧٣٠٠	٢	٧٣٠٢	٤,٨١٦	١٥١٦
اليمن	٤٩٠٠	١٤	٤٩١٤	٢٨,٥٠٥	١٧٣

جدول رقم ٧ :الكميات الدنيا للإنتاج المائي المطلوب في الأقطار العربية سنة ٢٠٢٠

	حصة الفرد بالمتر	حصة الاستهلاك	الاحتياجات الدنيا للاستهلاك	قيمة العجز للاستهلاك	الإنتاج المطلوب توفيره بالتحلية

البلد	المكعب (منشورات)	المنزلي والصناعي (منشورات)	المنزلي والصناعي (منشورات)	المنزلي والصناعي للفرد	مليون م٣/السنة	
					المنشورات	التقارير القطرية
الجزائر	٣٣٢	٥٨,٤	٦٦	٧,٦	٤٧١,٥	١٣٦٥*
جيبوتي	١٩٠	٥٧,٠	٦٢	٥,٠	٥,٥	
البحرين	٢٠٥	٨٤,٠	٩٥	١١,٠	٩٤,٧	١٠٢
مصر	٧٣٨	٦٠,٥	٦٦	٥,٥	٥٢٥,٠	٥٩٧٢*
العراق	١٨٧١	–	٧٥	–	٢٥,٩	
الأردن	١٥٤	٦٤,٧	٦٦	١,٣	١٦,١	
الكويت	١١١	٧٣,٠	١١٧	٤٤,٠	٤٤١,٠	٨١٤
لبنان	١٦٣١	–	٧٠	–	٢,٤	
ليبيا	٢٣١	٣٤,٧	٨٥	٥٠,٣	٨٩٧,٢	١٣٦٣*
المغرب	٧٥١	٧٥,١	٧٠	–	٤,٢	٨٨٢
موريتانيا	١٥١٦	–	٦٦	–	٢,٤	
عمان	١٤٧	١١,٨	٩٠	٧٨,٢	٣٩٧,٦	٢٨٨
قطر	١٩٤	١٠٠,٩	١٢٤	٢٣,١	١٤٠,٢	٢٣٧
السعودية	٣٨١	٥٧,٢	٨٨	٣٠,٩	٢٠٦٦,٥	٣٠١٩
السودان	١١٢٩	—	٦٢	—	١,٢	
سوريا	٧٣٦	–	٧٠	–	٣,٥	
تونس	٣٤١	٦٣,٤	٦٦	٢,٦	٤٣,٨	٥٤
الإمارات	٣٠٩	٨٦,٥	١٢٤	٣٧,٥	٦٦٢,٠	٥٧٣
اليمن	١٧٣	٥٢,٠	٦٠	٨,٠	٢٤٤,٥	١٢٢٠*
الصومال	٥٤٧	٨٢,١	٦٠	—	٢,٤	
فلسطين	٣٣,٤	١٠,٢	٦٠	٥٠	٤٨٦,٦	٤٨٦
الإجمالي					٦٥٣٤	١٦٣٧٥

* قيم تبدو مرتفعة (فلسطين و اليمن و ليبيا والجزائر) أو مرتفعة جدّا (مصر) .

إذًا، فإنّ الوطن العربي سيكون مطالبا في سنة ٢٠٢٠ بإنتاج كميّات تتراوح بين ٦,٥ مليار م٣ في السنة (حسب المنشورات) و ١٦,٤ مليار م٣ في السنة (حسب التقارير القطرية)، لكن إذا أخذنا ٥٢٥ مليون م٣ لمصر عوضا عن ٥٩٧٢ مليون، فإنّ المجموع سيكون ١٠,٩٢٨ مليار م٣ في السنة. أمّا إذا غيّرنا الكميّات المشار إليها بنجمة، أي التي تبدو مرتفعة، بالقيم التي في المنشورات، فإنّ المجموع سيكون: ٨,٥٩٣ مليار م٣ في السنة أي ما بين ١٨ و ٢٤ مليون م٣ في اليوم باستخدام طرق التحلية وذلك حسب سيناريوهات مختلفة. ويمكن اعتبار القيمة الوسطيّة لهذه القيم، ونأخذ ٧,٥ مليار م٣ في السنة (حوالي ٢٠ مليون م٣ في اليوم) وهي كميّات هائلة من المياه تقدّر بضعف السعة الموجودة حاليا تقريبا في العالم العربي.

٧- الخاتمة

إنّ موضوع المياه موضوع أساسيّ و حياتيّ خاصّة بالنسبة إلى الدّول العربيّة، إذ أنّها تفتقر في غالبيّتها إلى المياه العذبة و تملك أكبر نسبة من محطّات التحلية في العالم، وقد اكتسبت بذلك تجربة كبيرة في الميدان. وبعد عرض وجيز للجهود التي بذلتها هذه الدّول وخاصّة دول الخليج العربي، يمكن استخلاص بعض النّقاط الهامّة من هذه التجربة:

ـ إنّ الموارد المائيّة التقليديّة بالوطن العربي ليست قليلة ولكن توزيعها كثير الاختلاف من بلد إلى آخر، غير أنّ معظم الأقطار في أشدّ الحاجة إلى اللّجوء إلى التحلية. وبذلك تكون التحلية عنصرا هامّا في الإدارة المتكاملة لموارد المياه.

ـ الدّول العربيّة مدعوّة، إلى جانب ترشيد الاستهلاك، لمواصلة المجهود لتحلية المياه إذ أنّها مضطرّة إلى تحلية كميّات كبيرة تقدّر بـ ٢٠ مليون متر مكعّب في اليوم، وهي كميّات ضخمة تتطلّب تمويلات هامّة، علمًا أنّ هذه الدّول تنتج حاليّا حوالي ١٠ مليون م^{٣} في اليوم (متوسّط الأرقام التي تقدّمها المصادر المختلفة) وهو ما يمثّل أكثر من نصف الإنتاج العالمي. و هذا يعني أنّ الوطن العربيّ مدعوّ، على الأقلّ، إلى مضاعفة قدراته الموجودة حاليّا في العشرين سنة القادمة.

ـ إنّ حجم المحطات الموجودة في دول الخليج العربيّ والتجربة الطويلة لأساليب التحلية من شأنها أن تجعل هذه الدّول مركزا عالميًّا لتكنولوجيا تحلية مياه البحر، خاصّة وأنّ هذه الصناعة سوف تحتل مركزا هامّا في النسيج الصناعي إلى جانب الصناعات النفطيّة.

ـ المعاهد العلميّة ومراكز البحوث العربيّة تقوم بمجهودات لتطويع التكنولوجيا للظروف المحليّة وحلّ المشاكل مثل موضوع التآكل والمعالجات الأوليّة المناسبة لنوعيّة المياه المراد تحليتها والأساليب المستعملة.

ولكنّ هذا لا يمنع من عرض بعض نقاط الضعف التي نسوق منها:

ـ إنّ البحث العلميّ، رغم كلّ ما يُقال، لم ينل بعدُ المكانة التي يستحقّها ضمن الاختيارات الوطنيّة والاستراتيجيّات وخطط التنمية في البلاد العربيّة، ويكفي دليلا على ذلك نسبة الإنفاق من الناتج الداخليّ الخام في كلّ الدّول العربيّة دون استثناء، إذ أنّ معدّل هذه النسبة في الوطن العربيّ لا يفوق ٠,٢ بالمائة بينما تخصّص الدّول المتقدّمة بين ٢ و ٣,٥ بالمائة. ويؤكّد كلّ المختصّين في سياسات البحث العلميّ و مردود نتائجه على التنميّة الاقتصاديّة والاجتماعيّة والسياسيّة أنّ أدنى نسبة تسمح بمردود منظومة البحث على التنمية هي ١ بالمائة. كما أنّ البحث العلمي يجب أن يكون على علاقة وثيقة مع الصناعة المحليّة و مع مؤسسات التعليم العالي وكذلك مع خلايا المجتمع. وعلى منظومات البحث الوطنيّة أن تعمل على إيجاد هذه الروابط الهامة.

ـ إنّ البحث العلميّ أصبح في عصرنا الحاضر يتطلّب باحثين متعدّدي الاختصاصات وتعاونًا جديّا بين مراكز البحث من بلدان مختلفة ، ولم يبق عمل الباحث المنفرد مجديّا مهما كانت قدرته العلمية. وسياسة المجموعة الأوروبية في هذا المجال هي أحسن دليل على ذلك، إذ تشترط لتمويل أيّ مشروع بحث أن تتعاون على تنفيذه مراكز من بلدين اثنين على الأقلّ. و مقابل ذلك، نرى غيابا شبه كليّ للتعاون العربيّ في مجال البحوث العلمية بوجه عام والبحوث في مجال تحلية المياه بوجه خاص.

إنّ تكنولوجيا تحلية المياه متعدّدة و منها ما هو في طور الدّراسات في مراكز البحث، لكنّها لا تستجيب كلّها لاستخدام الطاقات المتجدّدة خاصّة تلك التي لها سعة إنتاج مرتفعة. لكنّ هذا لا يمنع أن نعمل على تطويع هذه التقانات للطاقة الشمسية وطاقة الرّياح للوحدات الصغرى والمتوسّطة التي يمكن إنشاؤها في المجمّعات السكنيّة بالأرياف مثلا. كما أنّ البرك الشمسيّة يمكن أن تكون واعدة حتىّ للمحطات المتوسطة. كما يمكن التوجه، في بعض الأقطار العربيّة، إلى سياسة عدم التمركز والتفكير في إنتاج وحدات صغيرة على المستوى العائليّ إذ أنّ كلّ عائلة تصبح مسؤولة عن وحدتها. وهذا من شأنه أن يؤدّي إلى ترشيد استعمال الماء المحلّى وعدم استخدامه في احتياجات لا تتطلب هذه النوعية من الماء. و هذه الوحدات يمكن تشغيلها ببساطة تامّة بالطاقة الشمسيّة أو طاقة متجدّدة أخرى.

ومن المواضيع التي يمكن التركيز عليها حاليّا ومستقبلا، استخدام طاقة الرياح للتحلية وخاصة قرب مزارع الرياح، وتطوير و تطويع أساليب التقطير الشمسي متعدّد المراحل، و البحث عن طاقات بديلة أخرى يمكن أن يكون لها مستقبلا، مثل خلايا الوقود، و دمج بعض الأساليب مثل التقطير والتناضح العكسي (أساليب مهجّنة)، ودمج محطّات توليد الكهرباء و تحلية المياه، واستخلاص بعض المعادن الثمينة والأملاح من المحلول الملحي (الماء المطروح أو ماء الرجيع) والعمل على توطين التكنولوجيا وإقامة صناعات محليّة قادرة علىالمساهمة في تصنيع محطّات التحلية...

وانطلاقا من هذه الملاحظات الأوّليّة، يمكن أن نوصي دولنا ومنظماتنا العربيّة وخاصّة المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم، برسم استراتيجيّة عربيّة لدعم التعاون العربيّ في مجال البحث العلمي وتطوير التكنولوجيا. وفي هذا المجال، يمكن محاكاة المجموعة الأوروبية، مع الأخذ بعين الاعتبار فرق الحجم والإمكانات الماديّة والبشريّة، و تمويل مشاريع بحثيّة مشتركة في مجالات هامّة، مثل موضوع اجتماعنا هذا، وأي موضوع أهمّ من توفير الذهب الأزرق لأمّتنا العربيّة التي تألّبت عليها، في هذا الزمن، إسرائيل و من معها من الدول الكبرى. ونقترح البدء بمشاريع تخصّ تحلية المياه شريطة أن تشترك في هذه المشاريع أكثر من دولة، وتتولّى المنظّمة تمويل نسبة هامّة من المشروع (نصف التكلفة مثلا) وتتحمّل الدّول المشاركة الباقي. والمهمّ في هذه الطريقة، هو جعل الباحثين العرب يعملون معًا جنبا إلى جنب في نفس المشروع و لمدّة طويلة. ويمكن وضع الآليات واللجان العلميّة لهذه الاستراتيجيّة باتّباع نموذج مصغّر للنموذج الأوروبي، وهذه من الطرق الناجعة التي تمكّن من تبادل الخبرات والتكامل العلمي وتجنب هدر الوقت والطاقات والازدواجية، وبناء قدرة علمية عربية شيئا فشيئا.

وفي الختام، تجدر الإشارة إلى أهمّية دور المعلومات الدقيقة في القيام بأيّ دراسة أو تنفيذ أي استراتيجيّة، وبقدر ما تكون المعلومات عاكسة للواقع، تكون الدراسات والاستراتيجيات المبنيّة عليها ناجعة. لذا، فمن المفيد جدّا إنشاء قواعد معلومات حول الوضع المائي ومحطّات التحلية وأساليبها ومشاكل تشغيلها وصيانتها في الوطن العربي. وعلى المنظمات واللجان الوطنيّة والباحثين أن يعطوا هذا الموضوع الاهتمام اللازم كلّما كُلّفوا بجمع أو تقديم معلومات حتّى تكون هذه المعلومات المقدّمة أكثر دقّة وأقرب إلى الواقع.

المراجع

(١) **يوسف حسن نصيف** – مبادئ التحلية.

(٢) **محمد خالد عبد الله الفويل** – تطوير استخدام تقنيّات المياه بالجماهيريّة ، ملتقى حول تحلية المياه من ١٧ إلى ١٨ نوفمبر ١٩٧٨ بتونس.

(٣) **محمد ماجد ، فوزي أحمد سرور وأحمد حسان** – استخدام المفاعل النووي وتحلية مياه البحر بمصر، ملتقى مدريد من ٦ إلى ٩ أكتوبر ١٩٩٧ ، مدريد – إسبانيا.

(٤) **عبد الله الرشاد ، سلمان الرشيدي** – إمكانيّة تحلية المياه البحرية باستخدام الطاقة النوويّة بأقطار الخليج العربي ، ملتقى مدريد من ٦ إلى ٩ أكتوبر ١٩٩٧ ، مدريد إسبانيا.

(٥) دراسة إمكانيّة التحلية باستخدام التكنولوجيا النوويّة – ملتقى تونس ١٩٩٢.

(٦) **عدلي برسوم وهبة** – تطوير التكنولوجيا النوويّة واستخدامها في التحلية ، ملتقى مدريد من ٦ إلى ٩ أكتوبر ١٩٩٧ ، مدريد– إسبانيا.

(٧) **Dan Comstock, Mals Boardman, ARGO scientific, 185 Bosstick Boulvard San Marcos, California , 92069, USA (vol.III p. 481) IAA world congress on desalination and master, October 6-9 – 1997 Madrid – Spain.**

(٨) **Harvey writers, PHD. Department of Biological Science, Fair ligh Dickinson University, Tea neck, New Jersey 07666 USA (vol.III p. 443)**

(٩) **A. Alanf, ME EL Dakshan and M.P. Hazaa Profouling**

(١٠) **A.M. Tulhill (USA), B. Todd (OK) Jold field (OK)(Vol.III p.253 Malenal**

(١١) **محمد علي منديل وعديل علي بوشناق** – الاحتياجات المستقبليّة ، ملتقى مدريد من ٦ إلى ٩ أكتوبر ١٩٩٧، مدريد – إسبانيا.

(١٢) المياه في الشرق الأوسط ، الواقع والتحدّيات، مركز زايد للتنسيق والمتابعة، ديسمبر ٢٠٠٠ .

(١٣) المياه و دورها الاستراتيجيّ في الوطن العربي، الاتحاد البرلماني العربي ، ١٩٩٧ .

(١٤) Unesco et l`Université de Rome- les procédés de dessalement 2001.

(١٥) أ د فوزي حسين حماد، أفريل ١٩٩٤ : التقويم الفنّي والاقتصادي لإنتاج المياه العذبة عن طريق تحلية مياه البحر باستخدام الطاقة النوويّة والوسائل الأخرى، الوكالة الدّولية للطاقة النوويّة .

(١٦) د. جان خوري، مستقبل المياه في منطقة جنوبي المتوسّط و دورها في التنمية المستديمة، ملتقى دولي حول آفاق التنميّة جنوب البحر – تونس ١٠ – ١٢ نوفمبر ١٩٩٧.

(١٧) د. طه تايه النعيمي ود. علي القرة غولي ود. محمد المعالج، دراسة فنيّة واقتصاديّة لتحلية ماء البحر في الجماهيريّة العربية الليبيّة الشعبيّة العظمى، ١٩٩٧.

(١٨) عالم البيئة ، العدد الرابع، أبريل ٢٠٠٠ الملحق الشهري الذي يعنى بالبيئة، والعدد التاسع ، سبتمبر ٢٠٠٠، معرض المياه و أزمة المياه.

(١٩) الأوراق القطرية لدول : فلسطين ،تونس ، سلطنة عمان ، البحرين ، الكويت ، السعودية ، مصر ، اليمن ، ليبيا ، العراق. وسوريا، موريتانيا، المغرب، الجزائر.