وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة سطيف-1-

كلية العلوم الاقتصادية والتجارية وعلوم التسيير

مدرسة الدكتوراه: إدارة الأعمال والتنمية المستدامة

تخصص: اقتصاد دولي وتنمية مستدامة

تحليل تكلفة تحلية مياه البحر

- دراسة مقارنة بين الجزائر والمملكة العربية السعودية-

أطروحة مقدمة كجزء من متطلبات نيل شهادة دكتوراه علوم في العلوم الاقتصادية

إعداد

آمال ينون

إشراف

أ.د.كمال بوعظم

لجنة المناقشة

أ.د.محفوظ جبار	أستاذ التعليم العالي	جامعة سطيف-1-	رئيسا
أ.د.كمال بوعظم	أستاذ التعليم العالي	جامعة سطيف-1-	مشرفا ومقررا
أ.د.حكيم مليانى	أستاذ التعليم العالي	جامعة سطيف-1-	مناقشا
د.ذوادي مهيدي	أستاذ محاضر- أ-	جامعة سطيف-1-	مناقشا
د.عمر جنينة	أستاذ محاضر- أ-	جامعة تبسة	مناقشا
د.عبد الحفيظ عيمر	أستاذ محاضر-أ-	جامعة جيجل	مناقشا

السنة الجامعية: 2016/2015

الإهداء

لمن خصهما الرحمان بذكره، وأفرد لهما رحمته وجعل برهما من طاعته:

لروح والدي الطاهرة- خالد- رحمه الله، ولنبض أمي الحبيبة- حفيظة- حفظها الله

لمن استوفوا معي طفولتهم، وأبصرت سعادة الأخوة معهم:

لأخواتي الكريمات: فاطمة، هدى، فريدة، سامية، سهام وإيمان

لأخواي الكريمين: أحمد وسهيل

لعائلتي الثانية التي احتضنت فرحي وحزني: عمتي زبيدة، عمي حميد، عمي رشيد وبنات

عمتي: جويدة، سلمى، عبلة وشيماء

لمن خصه الرحمان بمحبتي وألزمه خير دعائي: خالد ينون

لرفيقة دربي وصديقة عمري: سامية سرحان

ولكل من جمع لي الخير في قلبه وتمنى لي الأفضل في ظهر الغيب

شكر وتقدير

الحمد لله الذي بنعمته وتوفيقه ورحمته، يتم كل عمل صالح وينقضي كل تعب آسر؛ أشكر الله سبحانه على فضله وتوفيقه لي في انجاز هذا العمل الذي أتمنى أن يحمل ولو فائدة بسيطة لجميع من يتصفح محتوياته

أقدم أرقى عبارات الشكر والامتنان لأستاذي الفاضل:"كمال بوعظم"، الذي كان لي عونا وذخرا وموجها ومسددا في انجاز هذا العمل، والذي استحق كل تقدير واحترام نظير توجيهاته ونصائحه القيمة إلى جانب معاملته الإنسانية الراقية وتواضعه الرائع

ولا يفوتني أن أتقدم بجميل الشكر وخالص الامتنان للسيد: سامي غزالة- مهندس لدى شركة الطاقة الجزائرية- ولجميع المسئولين والموظفين لدى وزارة الموارد المائية، وعلى رأسهم السادة: محمد سيدهم، عبد الوهاب سماتي، عبد العزيز العرجوم والسيدة: ليندة حسيسي

وشكر خاص للسيد: نصر الدين شكيرد- مدير مركزي لدى الجزائرية للمياه-

وشكر خالص لأولئك الذين قدموا لي المساعدة وأفادوني بتوجيهاتهم ونصائحهم من قريب أو من بعيد فجزاهم الله عني خير جزاء وأرفق لعونهم ومساعدتهم لي كل طيبات الدنيا والآخرة

المحتويات

الإهداء

شكر وتقدير

فهرس المحتويات

قائمة الجداول

قائمة الأشكال

قائمة الملاحق

قائمة المختصرات

مقدمة عامة	أ- ك
الفصل الأول: جغرافية تحلية مياه البحر	**01-60**
تمهيد	02
1.1. الموارد المائية في العالم:حقائق وأرقام	03
1.1.1. التوزيع الجغرافي للموارد المائية	03
1.1.1.1. دورة الماء في الطبيعة	03
2.1.1.1. مصادر الموارد المائية	06
3.1.1.1. استخدامات الموارد المائية	09
2.1.1. مشكلة الموارد المائية العذبة في العالم	14
1.2.1.1. العرض المائي العالمي	15
2.2.1.1. الطلب المائي العالمي	23
3.2.1.1. المياه المشتركة (المياه العابرة للحدود)	28
2.1. التأصيل النظري لتحلية مياه البحر	32
1.2.1.تحلية المياه: تعريفها ومراحل تطورها	32
1.1.2.1. تعريف تحلية المياه	33
2.1.2.1. التطور التاريخي لتحلية المياه	33
2.2.1. عرض عام لتقنيات تحلية مياه البحر	35
1.2.2.1. معايير تصنيف تقنيات التحلية	35
2.2.2.1. تقنيات التحلية واسعة الانتشار	38

3.2.1. مقارنة بين تقنيات التحلية الأكثر استخداما على المستوى العالمي(MSF،RO وMED)	46
1.3.2.1. المعالجة الأولية والثانوية تبعا لنوع تقنية التحلية	47
2.3.2.1. مزايا وعيوب تقنيات التحلية(MSF،RO وMED)	49
3.1. سوق التحلية العالمي	49
1.3.1. تطور سوق التحلية العالمي: الطاقة الإنتاجية والتقنية المستخدمة	50
2.3.1. التوزيع الجغرافي والأقاليم الرئيسية لإنتاج المياه المحلاة في العا لم	54
خلاصة الفصل	60
الفصل الثاني: تكلفة تحلية مياه البحر	**105-61**
تمهيد	62
1.2. مدخل عام للتكلفة	63
1.1.2. تعريف التكلفة	63
1.1.1.2. من الناحية الاقتصادية	63
2.1.1.2. من الناحية المحاسبية	63
2.1.2. تصنيفات التكلفة	64
1.2.1.2. التصنيف الطبيعي	64
2.2.1.2. التصنيف حسب الوظيفة في المؤسسة	65
3.2.1.2. التصنيف حسب العلاقة بحجم الإنتاج	66
4.2.1.2. التصنيف حسب العلاقة بالمنتج	67
5.2.1.2. طريقة الأقسام المتجانسة	68
2.2. طبيعة تكلفة تحلية مياه البحر	69
1.2.2. البعد البيئي لتكلفة تحلية مياه البحر	69
1.1.2.2. الانبعاثات الغازية	70
2.1.2.2. المحلول الملحي	73
2.2.2. البعد الاجتماعي لتكلفة تحلية مياه البحر	76
3.2.2. البعد الاقتصادي لتكلفة تحلية مياه البحر	77
3.2. محددات تحليل تكلفة تحلية مياه البحر	79

1.3.2. ملوحة مياه البحر	79
2.3.2. مصدر الطاقة المستخدمة	82
3.3.2. نوع مأخذ مياه البحر	83
4.3.2. محددات أخرى	85
1.4.3.2. محددات اقتصادية	85
2.4.3.2. محددات تقنية	86
4.2. تحليل مكونات تكلفة تحلية مياه البحر	86
1.4.2. اتجاهات تكلفة تحلية مياه البحر خلال نصف قرن(1960-2010)	87
1.1.4.2. لمحة تاريخية حول اتجاهات تكلفة تحلية مياه البحر	87
2.1.4.2. التطورات التكنولوجية المساهمة في تخفيض تكلفة تحلية مياه البحر	89
3.1.4.2. فحص التكلفة الكلية لتحلية مياه البحر	92
2.4.2. نظرة عامة حول سيرورة تكلفة تحلية مياه البحر تبعا لمختلف التقديرات	97
1.2.4.2. معطيات عامة لتكلفة تحلية مياه البحر تبعا لمصادر عالمية	98
2.2.4.2. تكلفة التخلص من المحلول الملحي	103
خلاصة الفصل	105
الفصل الثالث: واقع تحلية مياه البحر في الجزائر والمملكة العربية السعودية	**106-162**
تمهيد	107
1.3. دراسة جغرافية تحلية مياه البحر في الجزائر	108
1.1.3. معالم عامة حول الجغرافية المائية في الجزائر	108
1.1.1.3. الجغرافية الطبيعية	108
2.1.1.3. مصادر الموارد المائية	111
2.1.3. تحلية مياه البحر في الجزائر: النشأة والدوافع	120
1.2.1.3. النشأة والتطور	120
2.2.1.3. دوافع اللجوء لتحلية مياه البحر	121
3.1.3. خريطة تحلية مياه البحر في الجزائر	122
1.3.1.3. محطات التحلية صغيرة الحجم: (2,000-5,500) $م^3$/اليوم	122
2.3.1.3. محطات التحلية الكبرى (الطاقة الإنتاجية: (88.6 ×10^3-10×500^3) $م^3$/اليوم)	123

3.3.1.3. سيرورة عملية إنتاج الماء المحلى في الجزائر	126
2.3. دراسة جغرافية تحلية مياه البحر في المملكة العربية السعودية	131
1.2.3. ملامح عامة حول الجغرافية المائية في المملكة العربية السعودية	131
1.1.2.3. الجغرافية الطبيعية	131
2.1.2.3. مصادر الموارد المائية	134
2.2.3. تحلية مياه البحر في المملكة العربية السعودية: النشأة والدوافع	141
1.2.2.3. نشأة التحلية في المملكة العربية السعودية	142
2.2.2.3. دوافع اللجوء لتحلية مياه البحر	145
3.2.3. خريطة تحلية مياه البحر في المملكة العربية السعودية	148
4.2.3. سيرورة عملية إنتاج الماء المحلى في المملكة العربية السعودية	150
1.4.2.3. قدرات إنتاج المياه المحلاة في المملكة العربية السعودية	151
2.4.2.3. تقنيات التحلية المستخدمة في المملكة العربية السعودية	155
3.3. قراءة لنقاط الاختلاف والتشابه بين الجزائر والمملكة العربية السعودية تبعا للجغرافية الطبيعية والمائية	156
1.3.3. الجغرافية الطبيعية	156
2.3.3. الجغرافية المائية	157
3.3.3.تحلية مياه البحر: النشأة، نوع التقنية والإنتاج	159
1.3.3.3. تاريخ التحلية: الانطلاق والهدف	159
2.3.3.3. سوق التحلية: نوع التقنية والإنتاج	160
خلاصة الفصل	162
الفصل الرابع: تحليل تكلفة تحلية مياه البحر في الجزائر والمملكة العربية السعودية	**233-163**
تمهيد	164
1.4. قراءة عامة لتكلفة تحلية مياه البحر في الجزائر والمملكة العربية السعودية	165
1.1.4. معطيات مفتاحية حول منهجية تحليل تكلفة تحلية مياه البحر في الجزائر والمملكة العربية السعودية	165
1.1.1.4. نوع مياه التغذية المستخدمة في محطات تحلية مياه البحر	165
2.1.1.4. المنتج النهائي لمحطات تحلية مياه البحر	165
3.1.1.4.كمية الطاقة المستهلكة- نوع التقنية المستخدمة	166

2.1.4. تكلفة تحلية المتر المكعب المنتج في الجزائر والمملكة العربية السعودية	166
1.2.1.4. اتجاهات تكلفة تحلية مياه البحر في الجزائر والمملكة العربية السعودية حسب المعطيات الوطنية	167
2.2.1.4. اتجاهات تكلفة تحلية مياه البحر في الجزائر والمملكة العربية السعودية حسب المعطيات العالمية	173
2.4. تحليل العلاقة: كمية الطاقة المستهلكة- نوع التقنية المعتمدة- تكلفة تحلية مياه البحر	176
1.2.4. كمية الطاقة المستهلكة في محطات التحلية الحرارية(MED+MSF)	177
2.2.4. كمية الطاقة المستهلكة في محطات التحلية الغشائية(RO تحديدا)	181
3.2.4. تأثير دعم أسعار الطاقة في تكلفة تحلية مياه البحر في الجزائر والمملكة العربية السعودية	184
4.2.4. أنظمة استرجاع الطاقة والأنظمة الهجينة: نحو تخفيض تكلفة تحلية مياه البحر في الجزائر والمملكة العربية السعودية	190
3.4. تحليل العلاقة: نوع المنتج النهائي - تكلفة تحلية مياه البحر	194
1.3.4. المنتج النهائي المرغوب فيه: الماء المحلى و الطاقة الكهربائية	194
2.3.4. المنتج النهائي غير المرغوب فيه: المحلول الملحي والانبعاثات الغازية	200
4.4. تحليل العلاقة: مصدر مياه التغذية – تكلفة تحلية مياه البحر	208
1.4.4. ملوحة مياه التغذية تبعا لكل مصدر(البحر المتوسط، البحر الأحمر والخليج العربي)	208
2.4.4. نوعية مياه التغذية تبعا لكل مصدر(البحر المتوسط، البحر الأحمر والخليج العربي)	211
5.4. تحليل العلاقة: أعمار وحدات التحلية- تكلفة تحلية مياه البحر	214
6.4. تأثير اعتماد الطاقة المتجددة في تكلفة تحلية مياه البحر في الجزائر والمملكة العربية السعودية	218
1.6.4. معطيات عامة حول الطاقة المتجددة في الجزائر والمملكة العربية السعودية	218
1.1.6.4. قدرات الطاقة المتجددة في الجزائر والمملكة العربية السعودية	219
2.1.6.4. الطاقة الشمسية: مصدر مستدام لتحلية مياه البحر في الجزائر والمملكة العربية السعودية	220
2.6.4. تكلفة تحلية مياه البحر باستخدام الطاقة المتجددة في الجزائر والمملكة العربية السعودية	222
7.4. قراءة مقاربتية لتكلفة تحلية مياه البحر في الجزائر والمملكة العربية السعودية	225
1.7.4. التكلفة الاقتصادية لتحلية مياه البحر	225

2.7.4. التكلفة الاجتماعية لتحلية مياه البحر	230
3.7.4. التكلفة البيئية لتحلية مياه البحر	231
4.7.4. نموذج مقترح لتقدير تكلفة تحلية مياه البحر باعتماد طريقة الأقسام المتجانسة	232
خلاصة الفصل	233
الخاتمة	234
قائمة المراجع	246
الملاحق	254

رقم الجدول	عنوان الجدول	الصفحة
(1.1)	دورة الماء في الطبيعة (الوحدة: 10^6كلم^3)	04
(2.1)	توزيع المياه العذبة تبعا لأقاليم العالم المختلفة	04
(3.1)	توزيع المياه العذبة بالنسبة المئوية	05
(4.1)	توزيع المياه في الغلاف المائي	06
(5.1)	معدل تجدد مياه الكوكب	07
(6.1)	الموارد المائية المتجددة للفرد: التوجهات والإسقاطات (الوحدة:م^3/اليوم)	08
(7.1)	دول الوفرة والندرة المائية في العالم	09
(8.1)	استهلاك الموارد المائية في قرن	10
(9.1)	استجرار المياه من قبل القطاع الرئيسي المستخدم لموارد المياه	12
(10.1)	المعدل السنوي طويل الأجل لموارد المياه المتجددة واستجرار المياه للري	13
(11.1)	بعض المعطيات حول التغير المناخي	15
(12.1)	الدول الأكثر إطلاقا لغاز ثاني أكسيد الكربون	17
(13.1)	البلدان الأساسية في إنتاج الأغذية اعتمادا على المياه الجوفية	20
(14.1)	آثار السحب المفرط للمياه الجوفية	21
(15.1)	توقع التوزيع السكاني لسنوات مختارة (2015-2030)	23
(16.1)	بصمة الماء للفرد في دول مختارة (الوحدة:م^3/اليوم)	24
(17.1)	توقعات السكان الحضريين لسنوات مختلفة	25
(18.1)	تجارة المياه الافتراضية من قبل بلدان مختارة	27
(19.1)	أحواض الأنهر الرئيسية العابرة للحدود	29
(20.1)	مستويات السياسات العامة المائية تبعا للتنمية المستدامة	30
(21.1)	مزايا وعيوب تقنيات التحلية الواسعة الاستخدام	49
(22.1)	الطاقة الإنتاجية لمحطات التحلية في العالم سنة1994 (الوحدة: م^3/اليوم)	50
(23.1)	الطاقة الإنتاجية لمحطات التحلية بالنسبة المئوية	50
(24.1)	الطاقة الإنتاجية لمحطات التحلية في العالم سنة2004 (الوحدة: مليون م^3/اليوم)	51
(25.1)	توزيع تقنيات التحلية في السوق العالمي	52
(26.1)	توزيع تقنيات التحلية في السوق العالمي والخليجي	52
(27.1)	سعة التحلية العالمية تبعا لنوع التقنية المستخدمة سنة 2014	53
(28.1)	الدول الرئيسية المنتجة للمياه المحلاة في العالم(الوحدة:النسبة المئوية)	53
(29.1)	إنتاج المياه المحلاة في دول الخليج العربي خلال الفترة (2000-2012)	54

	(الوحدة:مليون جالون/اليوم)	
(30.1)	مصدر الماء المحلى في بعض دول حوض المتوسط(الوحدة:م^3/اليوم)	55
(31.1)	ملخص أقاليم التحلية في العالم	58
(32.1)	الأسواق العشرين الرئيسية للتحلية في العالم خلال الفترة (2010-2012)	59
(1.2)	الفروقات الجوهرية بين التكاليف الثابتة والمتغيرة	66
(2.2)	انبعاثات(CO_2) لمختلف تقنيات التحلية	70
(3.2)	الانبعاثات المحمولة في الهواء الناتجة عن منظومات التحلية المعتمدة على الوقود الأحفوري	71
(4.2)	الكمية المعادلة من انبعاثات (CO_2) لمحطة (RO) نموذجية	72
(5.2)	تقديرات انبعاثات الغازات الدفيئة لكل(م^3) منتج من الماء المحلى تبعا لنوع التقنية ومصدر الطاقة	72
(6.2)	التأثيرات الخارجية للتلوث الجوي الناتج عن التحلية	73
(7.2)	مقارنة بين متطلبات مدخلات (مياه البحر) ومخرجات (المحلول الملحي) للمحطات الحرارية والغشائية	74
(8.2)	خصائص المتركز لمختلف تقنيات التحلية	75
(9.2)	تصنيف المياه تبعا لتركيز المواد الصلبة الذائبة	77
(10.2)	مكونات مياه البحر القياسي	80
(11.2)	ملوحة بعض البحار حول العالم	81
(12.2)	الخواص الترموديناميكية لماء البحر(ملوحة:35 غ/ل، بدرجة20°م)	81
(13.2)	التحليل الفيزيو-كيميائي للمحلول الملحي	82
(14.2)	استهلاك الطاقة تبعا لتقنيات التحلية	83
(15.2)	مقارنة نوعية الماء، التكلفة والموثوقية لمختلف أنواع مآخذ مياه البحر	84
(16.2)	السوق التاريخي للتحلية وتنبؤات أنظمة التحلية (الوحدة: مليار دولار أمريكي)	88
(17.2)	تغير تكلفة الطاقة في محطات التحلية تبعا لنوع التقنية المعتمدة	89
(18.2)	التحسينات الأساسية في التقنيات الحرارية (VC+MED+MSF)	90
(19.2)	التحسينات المرتبطة بالتقنيات الغشائية (RO)	90
(20.2)	التحسينات في فعالية الطاقة في تقنيات التحلية حسب بعض السيناريوهات	91
(21.2)	التكلفة الكلية للتحلية لبعض المدن المختارة (الوحدة: دولار/م^3)	95
(22.2)	استهلاك الطاقة تبعا لنوع التقنية المعتمدة	96
(23.2)	نوع نظام عرض الطاقة وتكلفة الماء المنتج	97
(24.2)	تكلفة إنتاج الماء المحلى تبعا لبعض المواقع في العالم حسب نوع التقنية وسعة المحطة	98

(25.2)	ملخص لتكلفة التحلية في بعض الدول المختارة	99
(26.2)	التكلفة الاستثمارية للتقنيات الحرارية والغشائية (الوحدة: دولار/م^3)	99
(27.2)	تكاليف التشغيل للتقنيات الحرارية والغشائية (الوحدة: دولار/م^3)	100
(28.2)	المقارنة بين تكلفة التقنيات الأساسية تبعا لسعة المحطة	101
(29.2)	تكلفة التحلية والتكلفة الرأسمالية لبعض المشاريع الحديثة ذات الحجم الكبير في العالم	102
(30.2)	تحديات التخلص من المحلول الملحي	103
(31.2)	دلالة (a،b،c،d،e،f)	104
(32.2)	مقارنة تكلفة التخلص من المحلول الملحي المركز تبعا لبعض الخيارات	104
(1.3)	معطيات جغرافية حول الجزائر	108
(2.3)	تضاريس الجزائر	109
(3.3)	مؤشرات عامة حول السكان في الجزائر	110
(4.3)	توزيع مصادر الموارد المائية التقليدية (الوحدة: مليارم^3)	111
(5.3)	توزيع مصادر الموارد المائية التقليدية بالنسبة المئوية	111
(6.3)	حصيلة انجازات الجزائر من السدود خلال الفترة (1962-2012)	112
(7.3)	معطيات عامة حول الآبار العميقة في الجزائر خلال الفترة (2002-2013)	113
(8.3)	معطيات عامة حول مياه الصرف المعالجة	115
(9.3)	بعض المؤشرات المائية في الجزائر	116
(10.3)	المساحة المستغلة من قبل النطاقات المروية الكبرى (الوحدة: ألف هكتار)	117
(11.3)	المساحة المروية (النطاقات الكبرى+النطاقات الصغرى والمتوسطة)	118
(12.3)	تطور مؤشرات التزود بمياه الشرب خلال الفترة (1999-2015)	119
(13.3)	مؤشرات إنتاج مياه الشرب لسنة 2015	119
(14.3)	محطات تحلية مياه البحر(Monoblocs)	123
(15.3)	محطات التحلية الكبرى في الجزائر	124
(16.3)	تطور إنتاج الماء المحلى في الجزائر خلال الفترة (2005-2014) تبعا لمحطات التحلية الكبرى	126
(17.3)	ملخص معطيات إنتاج الماء المحلى في الجزائر	128
(18.3)	حصة السكان المستفيدين من المياه المحلاة تبعا لكل محطة	129
(19.3)	مساهمة مياه البحر المحلاة في التغذية بمياه الشرب (المحطات الكبرى+ محطات Monoblocs)	130
(20.3)	الغرض من إنشاء محطات تحلية مياه البحر في الجزائر	130

(21.3)	معطيات جغرافية حول المملكة العربية السعودية	132
(22.3)	تضاريس المملكة العربية السعودية	132
(23.3)	معطيات سكانية حول المملكة العربية السعودية	134
(24.3)	التطور التراكمي للآبار الحكومية (لمختلف الأغراض) حسب أنواعها	135
(25.3)	التطور التراكمي للسدود بالمملكة (العدد والطاقة التخزينية) (الوحدة: 1,000م^3)	136
(26.3)	تطور إجمالي كميات الصرف المعالجة والمعاد استخدامها خلال الفترة (2006-2014) (الوحدة: مليون م^3/السنة)	138
(27.3)	معطيات عامة (إنتاج، استهلاك وتوزيع) مياه الشرب في المملكة العربية السعودية سنة 2010	139
(28.3)	تطور كميات المياه الموزعة بحسب المصادر الرئيسية (الوحدة: مليون م^3)	139
(29.3)	كميات الطلب السنوية على المياه خلال الفترة (2007-2014) (الوحدة: مليون م^3)	140
(30.3)	محطات التحلية التابعة للمؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة	148
(31.3)	محطات التحلية التابعة لوزارة الكهرباء والمياه	149
(32.3)	تواريخ التشغيل المتوقعة لمشاريع محطات التحلية خلال الفترة (2017-2030)	150
(33.3)	كمية المياه المحلاة حسب محطات التحلية خلال الفترة (2004-2013) (الوحدة: 1,000م^3/اليوم)	151
(34.3)	قدرات إنتاج المياه المحلاة للكيانات المرخص لها بنشاط تحلية المياه والإنتاج المزدوج	152
(35.3)	الإنتاج المزدوج (المياه المحلاة وتوليد الكهرباء)	153
(36.3)	الكيانات المرخص لها تحلية مياه البحر	154
(37.3)	نقل الكهرباء ومياه البحر المحلاة	154
(38.3)	التصدير الفعلي من المياه المحلاة للجهات المستفيدة	155
(39.3)	ملامح الجغرافية الطبيعية والسكانية للجزائر والمملكة العربية السعودية	157
(40.3)	معطيات عامة للجغرافية المائية في الجزائر والمملكة العربية السعودية	158
(41.3)	توليد الطاقة الكهربائية من محطات المؤسسة (الوحدة: ميجاواط ساعي/السنة)	160
(1.4)	متوسط تكاليف إنتاج المياه في المملكة العربية السعودية	168
(2.4)	تكلفة تحلية مياه البحر في المملكة العربية السعودية خلال الفترة (2008-2014) (الوحدة: دولار/م^3)	169
(3.4)	تكلفة تحلية مياه البحر في الجزائر خلال الفترة (2008-2014) (الوحدة: دولار/م^3)	169

(4.4)	سعر بيع الماء المحلى في الجزائر	170
(5.4)	التكلفة الاستثمارية لبعض المحطات الكبرى في الجزائر	171
(6.4)	معطيات حول تكلفة التشغيل والصيانة تبعا لكل محطة في الجزائر	172
(7.4)	تكلفة التحلية لمحطة (RO) تبعا لمصدر مياه التغذية (البحر المتوسط، البحر الأحمر والخليج العربي)	173
(8.4)	تكلفة تحلية مياه البحر في الجزائر والمملكة العربية السعودية تبعا لتلك السائدة عالميا (الوحدة: دولار/م^3)	174
(9.4)	التكلفة المقدرة (RO) ذات سعة إنتاج (100,000م^3/اليوم)	174
(10.4)	المقارنة الاقتصادية لتقنيات التحلية تبعا للتكلفة (الوحدة: يورو/م^3)	175
(11.4)	معطيات عامة حول تكلفة تحلية مياه البحر تبعا لنوع التقنية المعتمدة (الوحدة: النسبة المئوية)	176
(12.4)	كمية الطاقة المستهلكة في محطات التحلية في المملكة العربية السعودية	178
(13.4)	بيانات الطاقة المفتاحية (الجزائر والمملكة العربية السعودية)	180
(14.4)	متطلبات الطاقة في محطات (RO) تبعا لأقاليم (البحر المتوسط، البحر الأحمر والخليج العربي)	183
(15.4)	معطيات عامة حول الاحتياطات والإنتاج من النفط والغاز الطبيعي خلال الفترة (2011-2014)	185
(16.4)	تكاليف الكهرباء المدعمة: المملكة العربية السعودية والجزائر(قياسا على المغرب)	187
(17.4)	تكلفة الطاقة بدون دعم	187
(18.4)	الأسعار التي يدفعها منتجو الكهرباء في المملكة والأسعار العالمية للوقود المستخدم في إنتاج الكهرباء	188
(19.4)	تعريفة المياه الجديدة في المملكة العربية السعودية	188
(20.4)	تعريفة فئة الاستهلاك الصناعي للكهرباء	189
(21.4)	البنية التعريفية للماء المنزلي في الجزائر منذ 2005	189
(22.4)	استهلاك الطاقة وكفاءة نظام استرجاع الطاقة (عجلة بولتون نموذجا) محطة أملج- المملكة العربية السعودية-	192
(23.4)	مزايا الأنظمة الهجينة	193
(24.4)	التصدير الفعلي والتصميمي للمياه المحلاة سنة2014 (الوحدة: مليون م^3)	195
(25.4)	تطور تصدير المياه المحلاة من محطات المؤسسة خلال الفترة (2011-2015) (الوحدة: م^3/اليوم)	196

(26.4)	توليد الطاقة الكهربائية من محطات المؤسسة (الوحدة: ميجاواط ساعي)	197
(27.4)	الطاقة الكهربائية المصدرة من محطات المؤسسة خلال الفترة (2011-2015) (الوحدة: ميجاواط ساعي)	197
(28.4)	تطور الإنتاج من الماء المحلى خلال الفترة (2010-2015) (الوحدة: م^3/السنة)	198
(29.4)	كمية انبعاثات غاز(CO_2) تبعا لمصدر الطاقة	201
(30.4)	الكمية المعادلة من انبعاثات (CO_2) لمحطة (RO) بسعة (100,000م^3/اليوم)	202
(31.4)	استهلاك الوقود السنوي لتوليد الكهرباء في المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة (الوحدة: النسبة المئوية)	203
(32.4)	تكلفة انبعاثات(CO_2) لمختلف تقنيات التحلية	204
(33.4)	الصرف الكيميائي لمحطات التحلية على ساحلي الخليج العربي والبحر الأحمر	204
(34.4)	الاحتياجات من مياه البحر لمختلف عمليات التحلية المرتبطة بمعدل الاسترجاع	205
(35.4)	خصائص قنوات صرف المحلول الملحي لبعض محطات تحلية مياه البحر في الجزائر	206
(36.4)	إنتاج المياه المحلاة حسب نوع التقنية في محطات المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة (الوحدة: النسبة المئوية)	207
(37.4)	التركيب الكيميائي للمحلول الملحي وعلاقته بمياه التغذية	207
(38.4)	خصائص المسطحات المائية (البحر المتوسط، البحر الأحمر والخليج العربي)	209
(39.4)	التكلفة السنوية لتحلية مياه البحر(الوحدة: دولار/م^3)	210
(40.4)	خصائص قنوات اقتطاع مياه البحر لبعض محطات التحلية في الجزائر	211
(41.4)	أعمار وحدات التحلية في المملكة العربية السعودية حسب سعات الإنتاج (الوحدة: 1,000م^3/اليوم)	214
(42.4)	أعمار وحدات التحلية في الجزائر (2005-2015)	216
(43.4)	العلاقة بين أعمار وحدات التحلية وتكلفة تحلية مياه البحر في الجزائر والمملكة العربية السعودية	217
(44.4)	توليد الطاقة الكهربائية اعتماد على الطاقة المتجددة في الجزائر والمملكة العربية السعودية (الوحدة: ميجاواط /السنة)	219
(45.4)	قدرات توليد الكهرباء من الطاقة المتجددة في الجزائر والمملكة العربية السعودية (الوحدة: تيرواط ساعي/السنة)	220
(46.4)	تكلفة تحلية مياه البحر باستخدام بدائل الطاقة المتجددة	222
(47.4)	تكلفة الطاقة الكهربائية في تحلية المياه باستخدام تقنية (CPS) وتقنيات أخرى	223
(48.4)	التكلفة الرأسمالية لبديلين (محطة:100×10^{3}م^3/اليوم)	223

(49.4)	التكلفة السنوية الكلية لتحلية مياه البحر باستخدام (CPS)	224
(50.4)	معطيات عامة حول المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة وشركة الطاقة الجزائرية	226
(51.4)	ملكية محطات تحلية مياه البحر في الجزائر والمملكة العربية السعودية	228
(52.4)	معايير توطين صناعة تحلية مياه البحر في الجزائر والمملكة العربية السعودية	229
(53.4)	مقاربة اجتماعية لتكلفة تحلية مياه البحر	230
(54.4)	مقاربة بيئية لتكلفة تحلية مياه البحر	231

رقم الشكل	عنوان الشكل	رقم الصفحة
(1.1)	التغير المناخي- إطار مندمج	18
(2.1)	تصنيف تقنيات التحلية وفقا لما يمكن استخلاصه من مجرى التغذية	36
(3.1)	تصنيف تقنيات التحلية اعتمادا على طريقة الفصل المعتمدة	37
(4.1)	تصنيف تقنيات التحلية اعتمادا على نوع الطاقة المستخدمة	37
(5.1)	آلية عمل تقنية التقطير الومضي متعدد المراحل(MSF)	39
(6.1)	آلية عمل تقنية التبخير متعدد التأثير(MED)	41
(7.1)	آلية عمل تقنية التضاغط البخاري(VC)	42
(8.1)	آلية عمل تقنية التناضح العكسي(RO)	44
(9.1)	آلية عمل تقنية الديلزة الكهربائية (ED)	45
(1.2)	التصنيف الطبيعي لعناصر التكلفة	65
(2.2)	محتويات التكلفة الكلية للتحلية	93
(1.3)	تطور إنتاج الماء المحلى في الجزائر خلال الفترة (2003-2015)	127
(1.4)	العلاقة بين: تكلفة الطاقة- التقنيات الحرارية (MSF/MED)- تكلفة تحلية مياه البحر	177
(2.4)	العلاقة بين: تكلفة الطاقة- تقنية (RO)- تكلفة تحلية مياه البحر	181
(3.4)	آلية عمل نظام استرجاع الطاقة (PX)	191
(4.4)	العلاقة بين: تكلفة تحلية مياه البحر- المنتج النهائي المرغوب فيه	199

رقم الملحق	عنوان الملحق	الصفحة
(1.1)	الفروقات الجوهرية بين تقنيات التحلية(RO،MSF و MED)	255
(1.2)	معايير منظمة الصحة العالمية في مجال مياه الشرب	256
(2.2)	CAPEX Cost estimation of typical SWRO plant(100,000 m^3/d), Comprising Pretreatment of FF1	257
(3.2)	CAPEX Cost estimation of typical SWRO plant(200,000 m^3/d), Comprising Pretreatment of FF1	258
(1.3)	إعادة تمركز(توطين) محطات تحلية مياه البحر(Monoblocs)	259
(2.3)	إجراءات إنشاء محطة لتحلية مياه البحر في الجزائر	259
(3.3)	متوسط نصيب الفرد في أقاليم المملكة العربية السعودية من مياه الشرب	260
(1.4)	تطور السعودة في محطات المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة حسب الساحل	261
(2.4)	الاتفاقيات– مشاريع تعاونية لمعهد الأبحاث وتقنيات التحلية	262
(3.4)	قطع الغيار المصنعة خلال الأعوام(2009-2013)	263
(4.4)	توزيع وتحليل الأعباء غير المباشرة لمحطة تحلية حرارية (MSF+MED)	264
(5.4)	توزيع وتحليل الأعباء غير المباشرة لمحطة تحلية غشائية(RO)	265

MED	Multi-Effect-Distillation
TVC	Thermal-Vapor-Compression
MSF	Multi-Stage-Flash
MD	Membrane Distillation
MVC	Mechanical Vapor Compression
VC	Vapor Compression
RO	Reverse Osmosis
NF	Nano filtration
UF	Ultra filtration
MF	Microfiltration
ED	Electro-Dialysis
MD	Membrane Distillation
MCR	Membrane Cristalling
TDS	Total Dissolved Solids
EDR	Electro-Dialysis Reversal
EDI	Electro-Dialysis
BOO	Build Operate Own
BOOT	Build Operate Own/Transfer
BOT	Build Own Transfer
DBOM	Design Build Operate and Maintain
PPM	Part per Million
NTU	Nephelometric Turbidity Unit
SWRO	Seawater Reverse Osmosis
BWRO	Brackish water Reverse Osmosis
SW-MED	Seawater Multi Effect Distillation
SW-MSF	Seawater Multi Stage Flash
TBT	Top Brine Temperature
MEE	Multi- Effect- Evaporation
GOR	Gain Out Ratio
SEEC	Specific Electrical Energy Consumption
PPE	Power Plant Efficiency
FF1	One Stage Floc filtration
FF2	Two Stage Floc filtration
DAF	Dissolved Air floatation
PV	Photo Voltaic
CPS	Concentrating Power Solar
CPS-MED	Concentrating Power Solar-Multi Effect Distillation
MEH	Multi Effect Humidification

مقدمة عامة

لم تبرز مشكلة المياه من العدم، ولم يكن ظهور مصطلحات"حروب المياه" و""الصراع على المياه" من فراغ بل كان نتيجة سلسلة من القراءات والمتابعات التي قام بها خبراء للبواعث الكامنة وراء الوضع المائي العالمي الهش الذي لازم بعض الدول منذ ثمانينيات القرن العشرين. هذا الوضع، الذي بين حقيقة أن التوزيع غير المتكافئ للموارد المائية العذبة بين أقاليم العالم لا يرتبط بالجانب الجغرافي وفقط بل يمتد للجانب الاقتصادي، الاجتماعي والسياسي.

إن قضية المياه العذبة، يتداخل في صنعها البعد السياسي الذي تعكسه حقيقة المياه المشتركة التي تجسدها الأنهار العابرة لحدود دولتين أو أكثر؛ هذه المياه، التي لم يكن الجدل بشأنها قائما إلى عهد قريب لكن مع ارتفاع عدد السكان وزيادة حاجتهم للغذاء ولمياه الشرب، أصبح الضغط عليها كبيرا سواء من حيث الكمية أو النوعية. وبدأت تتغير ملامح المعاملة بين دول أعلى وأسفل المجرى المائي، وأصبح واضحا أن القانون الدولي لن يتمكن من ضبط اتفاقيات ملزمة وصارمة لهذا الوضع الذي لم يكن واردا على الأقل في الماضي البعيد؛ والمياه المشتركة، تخص الموارد المائية السطحية أكثر من الجوفية.

أما بالنسبة للبعد الاجتماعي، فترتسم ملامحه في الزيادة السكانية الهائلة التي عرفها كوكب الأرض مع منتصف القرن العشرين التي تركزت في دول الندرة المائية. وهذا ما أدى إلى زيادة الطلب على المياه لمختلف الاستخدامات خاصة للشرب والزراعة، ليزداد معها معدل الاستنزاف لموارد المياه الجوفية تحديدا وما ارتبط بتغير نوعيتها وتقليص كميتها. وربما التغير المناخي هو الظاهرة الأكثر جاذبية، والتي يتوقع أن تكون لها تداعيات كبيرة على المورد المائي في جميع أقاليم المعمورة.

وإزاء هذه الحقائق، أدرك جميع الفاعلين في العالم من منظمات دولية وخبراء وحكومات بأن طاقة المياه التقليدية لن تفي بالغرض ولن تغطي الطلب المتزايد لأفواه ملايين السكان في العالم الذين يتزايدون بوتيرة أسرع من تزايد وتجدد هذه الموارد. وكان التحدي الأساسي في هذا المنحى هو زيادة العرض المائي، واشتد البحث عن بدائل لتحقيق ذلك لتكون تحلية مياه البحر هي الخلاص الوحيد والمنقذ للبشرية من هلاكها المائي.

إن تحلية مياه البحر تعتبر تقنية قديمة جدا، وعرفها الإنسان منذ قرون خاصة باستخدام التقطير. ومن ثم لم يكن اختيارها محض صدفة، بل كان نتيجة حتمية ومنطقية لتوفر المقومات الرئيسية لاعتمادها سواء ما ارتبط بالمقومات الطبيعية (طول السواحل وموارد الطاقة)، المقومات المادية (معدات، آلات...) أو المقومات المالية.

لقد وجدت العديد من دول الندرة المائية حلا جذريا لمشكلتها المائية في اعتمادها على تحلية مياه البحر، وتلاشت المخاوف بشأن عطشها المائي خاصة مع الاهتمام الكبير الذي أولته الشركات المنتجة والمصنعة لمختلف تقنيات التحلية، والتي كان لها الفضل الكبير في إرساء دعائم هذه الصناعة في (150) دولة عبر العالم في دلالة واضحة حول الأهمية الإستراتيجية لهذا البديل غير التقليدي. لكن هذه الأهمية لم تكن كافية لإخفاء المحدد الأكثر تأثيرا في توطين صناعة تحلية مياه البحر على أراضي أي دولة. هذا المحدد، الذي يسمى بتكلفة تحلية مياه البحر؛

هذه التكلفة، التي شكلت و/أو ستشكل عقبة رئيسية وتحديا كبيرا بالنسبة للدول التي تبنت هذا البديل و/أو ستتبناه مستقبلا.

وتختلف تكلفة تحلية مياه البحر عن باقي تكاليف الصناعات الأخرى اختلافا جذريا بالنظر لنوعية مدخلاتها الأساسية (مياه البحر) من جهة، ونوعية مخرجاتها النهائية (الماء المحلى) بالنسبة للمحطات أحادية الغرض و(الماء المحلى والطاقة الكهربائية) بالنسبة للمحطات مزدوجة الغرض من جهة أخرى. وبين المدخلات والمخرجات تظهر العناصر الأكثر تأثيرا في هذه العملية، والتي تمثل كمية الطاقة المستهلكة أهمها على الإطلاق، ونوع التقنية المستخدمة والتي تحددها عناصر كثيرة أيضا ترتبط بنوعية مياه البحر إلى جانب المعدات والآلات الضرورية لتشييد المحطات والتي لازالت مرتفعة من حيث تكاليفها.

وتضم تقنيات تحلية مياه البحر مجموعتين أساسيتين يتم تسويقهما عالميا منذ ستينيات القرن العشرين: التقنيات الحرارية، التي تضم التقطير الومضي متعدد المراحل(MSF)، التبخير متعدد التأثير(MED) والتضاغط البخاري (VC)؛ التقنيات الغشائية، وتضم التناضح العكسي (RO) والديلزة الكهربائية (ED). وتتباين هذه التقنيات من حيث طبيعة عملها، والمبدأ الأساسي الذي تقوم عليه؛ وهذا ما أفرز تباينا في محددات التكلفة التي تميز كل تقنية عن الأخرى.

وتتداخل الأبعاد المحددة لطبيعة تكلفة تحلية مياه البحر تداخلا كبيرا بسبب طبيعة هذه الصناعة؛ ويظهر البعد البيئي لهذه التكلفة، انطلاقا من كمية المحلول الملحي المنتجة والانبعاثات الغازية الصادرة أين تتباين من محطة إلى أخرى تبعا لمحددات عديدة تأتي في مقدمتها التقنية المعتمدة في التحلية. أما البعد الاجتماعي لهذه التكلفة، فتحدده مضامين السلامة والآمان للعاملين داخل محطات التحلية، والتي تتطلب معايير دقيقة في ظل طبيعة المنتج والمواد المستخدمة في إنتاجه من ناحية. ومن ناحية أخرى، تظهر جودة الماء المنتج كمعيار أساسي للحكم على مدى صلاحية هذه المياه للاستهلاك الآدمي وخاصة للشرب.

مقابل ذلك، يبدو البعد الاقتصادي أكثر وضوحا تلخصه مختلف المدخلات المادية والمالية التي تحكم سيرورة الإنتاج في محطات التحلية انطلاقا من مأخذ مياه البحر وصولا إلى توزيع الماء المحلى أين يظهر رأس المال المستثمر الذي تنفقه الدول لانجاز محطات التحلية أهم محددات البعد الاقتصادي.

ويعد تحليل تكلفة تحلية مياه البحر، أداة مهمة لتحديد مدى قدرة الدول على استيعاب تقنية التحلية وتوطين مشاريعها. وتمثل سببا رئيسيا في عزوف دول تعاني ندرة حادة في مواردها المائية في تبنيها بسبب غياب موارد مالية كافية والأهم مصادر الطاقة. مقابل ذلك، لم تهتم بعض الدول في العالم بارتفاع تكلفتها ولا بحجم الاستثمارات التي تتطلبها لأنها كانت تمثل بالنسبة لها المخرج الرئيسي من مأزقها المائي الذي يعد قنبلة موقوتة إذا ما انفجرت قد تحطم كل البنية الاقتصادية، الاجتماعية وحتى السياسية لهذه الدول. ومن بين الدول التي لم تهتم بهذه الجوانب في ظل حاجتها الملحة لزيادة عرضها المائي، وغياب موارد مائية تقليدية كافية لتحقيق ذلك المملكة العربية السعودية والجزائر.

تعد تجربة المملكة العربية السعودية في تحلية مياه البحر قديمة، وتحصي خريطة تحليتها عشرات المحطات الكبرى التي أهلتها لتكون المنتج رقم واحد عالميا. وقد ساعدها في تحقيق ذلك، وفرة الموارد المالية الناتجة عن العوائد النفطية، ولم تبال نهائيا بحجم الاستثمارات الهائلة التي قامت بها ولازالت وقد ركزت على التقنيات الحرارية ذات الاستهلاك الكبير للطاقة. لكنها في الوقت ذاته، لم تهمل التقنيات الغشائية التي بدأت تأخذ مكانا لها كمنافس للتقنيات الحرارية. وفي شمال أفريقيا، تبدو خطوات الجزائر في تحلية مياه البحر حديثة نسبيا ولم تنطلق بشكل حقيقي إلا مع مطلع الألفية الثالثة. ومع ذلك، تمكنت من أن تدون اسمها بأحرف من ذهب على خريطة التحلية العالمية ضمن الدول العشرة الأولى الأكثر إنتاجا للمياه المحلاة. وقد مكنها طول شريطها الساحلي، من تشييد محطات كبرى إلى جانب توفر الموارد المالية اللازمة والناتجة عن العوائد النفطية بشكل أساسي. وتعتمد الجزائر بشكل رئيسي على التقنيات الغشائية بعكس المملكة العربية السعودية.

أولا: إشكالية الدراسة

لازالت تكلفة تحلية مياه البحر في الجزائر والمملكة العربية السعودية تشكل هاجسا كبيرا بالنسبة لاقتصاد البلدين خاصة على ضوء المتغيرات التي يشهدها الاقتصاد العالمي، والتي أثرت بشكل أساسي في تكلفة جميع المدخلات المرتبطة بصناعة تحلية مياه البحر على غرار الطاقة، الأغشية، المضخات...الخ. من جهة أخرى، تطرح قضية التأثيرات البيئية والاجتماعية لتحلية مياه البحر العديد من القضايا بخصوص المنافع الحقيقية التي تحققها تحلية مياه البحر بالنسبة للبلدين.

ويعطي تحليل تكلفة تحلية مياه البحر صورة أكثر واقعية حول المضامين العامة المحددة لمستويات تكلفة تحلية مياه البحر في البلدين على ضوء المتغيرات الاقتصادية، الاجتماعية والبيئية التي تتحكم في سيرورة هذه الصناعة إن كان على المستوى المحلي للدولة أو المستوى الخارجي بما يعكسه سوق التحلية العالمي بجميع مؤشراته. وانطلاقا من هذه الجوانب نتساءل:

كيف يساعد تحليل تكلفة تحلية مياه البحر من الناحية الاقتصادية، الاجتماعية والبيئية في التأثير على اتجاهات هذه التكلفة في الجزائر والمملكة العربية السعودية ؟

من أجل توضيح أكثر للإشكالية المطروحة، وفهم واستيعاب مختلف جوانبها نعتمد على الأسئلة الفرعية التالية:

1) إلى أي مدى تتماثل و/أو تختلف جغرافية تحلية مياه البحر في الجزائر والمملكة العربية السعودية؟

2) هل يمكن لصناعة تحلية مياه البحر في الجزائر والمملكة العربية السعودية أن تستمر إذا تم الاعتماد على الطاقة المتجددة بدل الطاقة الأحفورية في تحلية مياه البحر؟

3) كيف يؤثر البناء المؤسسي لتحلية مياه البحر في الجزائر والمملكة العربية السعودية ممثلا بشركة الطاقة الجزائرية والمؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة في اتجاهات تكلفة تحلية مياه البحر؟

ثانيا: فرضيات الدراسة

من أجل معالجة الإشكالية الواردة أعلاه، وتوضيح محتواها ننطلق من الفرضيات التالية:

1) يساعد تحليل المضامين الأساسية لتكلفة تحلية مياه البحر الاقتصادية منها (أساليب التمويل وعقود الشراكة)، الاجتماعية (نوعية المياه المحلاة ومعايير الصحة والسلامة) والبيئية (المحلول الملحي والانبعاثات الغازية)، وتوضيح مساهمتها النسبية وسلوكها العام وارتباطاتها المختلفة في التأثير في اتجاهات هذه التكلفة نحو الانخفاض أو الارتفاع في الجزائر والمملكة العربية السعودية.

2) تختلف جغرافية تحلية مياه البحر في الجزائر عن نظيرتها في المملكة العربية السعودية اختلافا كليا انطلاقا من اختلاف نوع الدوافع الكامنة وراء لجوء البلدين لتحلية مياه البحر، تباين خريطة تحلية مياه البحر بالإضافة إلى الوزن الذي تساهم به هذه الصناعة في اقتصاد البلدين.

3) لا يمكن لصناعة تحلية مياه البحر أن تستمر في الجزائر والمملكة العربية السعودية إذا تم الاستغناء عن الطاقة الأحفورية من جانب العوائد النفطية التي تسهم في توفير الموارد المالية لإقامة محطات التحلية، وتوفير جميع مدخلاتها لكنها تستمر إذا كان الهدف هو توليد الطاقة الكهربائية اعتمادا على الطاقة المتجددة لمحطات التحلية بدل الطاقة الأحفورية.

4) يتباين تأثير البناء المؤسسي في الجزائر والمملكة العربية السعودية في اتجاهات تكلفة تحلية مياه البحر تباينا كبيرا، حيث تؤثر المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة إيجابا في تكلفة التحلية. مقابل ذلك، تؤثر شركة الطاقة الجزائرية سلبا في اتجاهات هذه التكلفة.

ثالثا: أهداف الدراسة

تهدف الباحثة من خلال دراستها لهذا الموضوع إلى تحقيق جملة من الأهداف، يمكن إجمالها فيما يأتي:

1) تحديد المفاهيم المرتبطة بتحلية مياه البحر، وتوصيفها بطريقة مبسطة وقابلة للفهم من قبل جميع الدراسين لهذا المحتوى؛

2) إلقاء نظرة عامة على تجربة الجزائر والمملكة العربية السعودية في تحلية مياه البحر، وإظهار أوجه التباين والتماثل التي تجمع الخريطة المائية بشكل عام وخريطة تحلية مياه البحر بشكل خاص في البلدين؛

3) معرفة الأبعاد الكامنة وراء لجوء دول العالم، وعلى رأسها المملكة العربية السعودية والجزائر لتحلية مياه البحر؛

4) إبراز المحددات الأساسية، والثانوية والعلاقة الموجودة بينها في تحديد تكلفة تحلية مياه البحر على المستوى العالمي، وواقع ذلك في الجزائر والمملكة العربية السعودية؛

5) محاولة الوقوف على نقاط القوة والضعف التي تميز صناعة تحلية مياه البحر في الجزائر والمملكة العربية السعودية ومدى إمكانية الاستفادة من ذلك في تحقيق قاعدة تعاونية مستقبلية بين البلدين في هذا الجانب؛

6) تقديم تحليل اقتصادي لمستوى تأثير كل عنصر في تكلفة تحلية مياه البحر في البلدين بما يسهم في إعطاء رؤية واضحة للمستقبل من أجل إعادة تنظيم، وتحديد العناصر التي يجب التركيز عليها في ضبط هذه التكلفة.

رابعا: أهمية الدراسة

ظلت مشكلة الموارد المائية في العالم، تطرح تساؤلات عديدة بشأن المستقبل الذي ستعيشه الأجيال اللاحقة إذا لم يتم توفير المياه العذبة بالكمية والنوعية المطلوبة. ولم تتوان جهود الخبراء والمنظمات الدولية في البحث عن بدائل إضافية قادرة على زيادة العرض المائي في دول الفقر المائي، فاستقرت جميعها على تحلية مياه البحر كأفضل بديل وأكثره مواءمة لتوفير مياه عذبة.

إن هذا البديل غير التقليدي على أهميته بالنسبة للدول، إلا أنه ينطوي على محددات تحكم اعتماده كمصدر إضافي لزيادة العرض المائي بالنظر لارتفاع تكلفته كخيار مطروح للعديد من الدول. ومن هنا كانت الحاجة لتخفيض تكلفة تحلية مياه البحر، هي أكثر التحديات التي واجهت الجهات المصنعة لتقنيات التحلية بأنواعها المختلفة. وكان هذا واضحا بشكل كبير في الجزائر والمملكة العربية السعودية، الدولتان الريعيتان التي ساهمت عوائدهما النفطية في اعتماد هذه الصناعة إلا أنهما لم تتمكنا لحد اليوم من ضبط تكلفة تحلية مياه البحر وجعلها مثلى خاصة مع الدعم الذي لازالت تحظى به أسعار الطاقة والمياه ضمن أجندتهما الاقتصادية. وهذا ما أضاف أعباء أخرى على كاهل الدولتين إلى جانب تغير ملوحة مياه البحر بين الفينة والأخرى نتاج مجموعة من الظروف الطبيعية والبشرية أيضا.

وقد يبدو مثار الجدل قائما حول مدى ملائمة تحلية مياه البحر لمعايير وأبعاد التنمية المستدامة إلا أن تحليل تكلفة التحلية، يحدد بوضوح المضامين التي تحويها تكلفة التحلية. ويمكن من تقديم رؤية واضحة المعالم بشأن الاستراتيجيات التي يجب أن تتخذها كل دولة في مجال ضبط تكلفة التحلية.

ويقدم تحليل تكلفة التحلية بشكل تفصيلي أهم العناصر المسئولة عن هذه التكلفة، خاصة وأن كلا البلدين يمتازان بطول سواحلهما وباختلاف درجة ملوحتهما إلى جانب تنوع التقنيات المعتمدة مع فارق أن تجربة المملكة العربية السعودية ثرية وغنية. وبشكل أوضح، تظهر أهمية موضوع الدراسة من ثلاث جوانب:

1) **الجانب الاقتصادي**: يظهر من خلال تقديم واضح لجميع العناصر المساهمة في تكلفة تحلية مياه البحر، وتحديد وزن كل عنصر وفق الطبيعة الاقتصادية للبلد. وهذا يعطي فرصة للقائمين على إنشاء هذه المحطات من ترتيب الأولويات والخيارات بشأن اختيار التقنية الملائمة ونوعية مأخذ مياه البحر.

2) **الجانب الاجتماعي**: يظهر من خلال مقدار جودة الماء المحلى المنتج الذي يعتمد على نوع التقنية المستخدمة بدرجة أساسية، وكذلك على نوعية مياه البحر المستخدمة. والذي تضبط نوعيته النهائية سلسلة من المعالجات الأولية والثانوية التي تستخدم في المحطات، وهذا يعطي فكرة جلية عن العناصر الجزئية الصغيرة التي لاتظهر في التكلفة الكلية للتحلية لكنها تلعب دورا مؤثرا في التكلفة بالإضافة إلى معايير الصحة والسلامة التي توفرها محطات التحلية.

3) **الجانب البيئي**: يتضح من خلال تحديد التأثيرات البيئية التي تنتج عن محطات التحلية خاصة من حيث درجة التلوث البحري الذي ينتج عن مختلف الكيميائيات التي تستخدم أثناء المعالجة الأولية والثانوية. والأهم منها

المحلول الملحي إلى جانب الانبعاثات الغازية الصادرة بدرجة أساسية عن استخدام الطاقة الأحفورية في تشغيل محطات التحلية.

خامسا: دوافع اختيار موضوع الدراسة

هناك العديد من الدوافع، التي وقفت وراء اختيار الباحثة لهذا الموضوع المعقد والمتداخل مع تخصصات متعددة. وبقدر ما كانت هناك دوافع موضوعية بقدر ما وجدت دوافع ذاتية، يمكن إجمال الاثنتين فيما يأتي:

1) الدوافع الموضوعية: وتظهر في:

- قيمة الموارد المائية في تحقيق الاستقرار الاقتصادي والاجتماعي للفرد في دول العالم، وأهميتها الإستراتيجية في ضمان الأمن السياسي للدول، وتوفير الرفاه لأجيال المستقبل خاصة في ظل ارتباطها الوثيق بقضايا الغذاء والصحة؛
- تزايد القراءات الاقتصادية، الاجتماعية وحتى السياسية بشأن المستقبل الذي ينتظر البشرية قاطبة في حالة عدم الإسراع في إيجاد حل للمشكلة المائية التي تفاقمت في دول عدة بسبب الممارسات البشرية بدرجة أولى؛
- الوزن الثقيل الذي أصبحت تحظى به صناعة تحلية مياه البحر كبديل غير تقليدي في معالجة اختلال الموازين المائية لـ (150) دولة في العالم، والتي رأت فيها أفضل بديل تنموي رغم ارتفاع تكاليفها؛
- تشابك وتعقد صناعة تحلية مياه البحر، جعل تكلفتها مرتفعة باستمرار. وهذا ما وسع من دائرة الاهتمام لدى الاقتصاديين تحديدا للبحث في الآليات والسبل الكفيلة بتحليل هذه التكلفة وتحديد مضامينها؛
- نجاح المملكة العربية السعودية في بناء صناعة تحلية ضخمة على أراضيها، جعل البحث في الدوافع التي مكنتها من احتلال صدارة الدول الأكثر إنتاجا للمياه المحلاة ضرورة ينشدها العديد لاقتناص مقومات النجاح وتجنب عوامل الفشل؛
- حداثة تجربة تحلية مياه البحر في الجزائر، التي تمكنت في ظرف وجيز من أن تصبح ضمن الدول العشرة الأولى المنتجة للمياه المحلاة في العالم جعل من قراءة تفاصيل هذه التجربة أمر حتمي؛
- تباين تكلفة تحلية مياه البحر بين أقاليم العالم المختلفة، وإن كانت متقاربة جعل تحليلها ضرورة أكثر من قصوى خاصة في ظل التحديات المرتبطة بهذا البديل من الناحية البيئية تحديدا.

2) دوافع ذاتية: تظهر في:

- الاهتمام الشخصي للباحثة بموضوع الموارد المائية بشكل عام لما يمثله من موضوع إنساني محض، يجسد استمرارية حياة الإنسان على كوكب الأرض وتحديدا في الدول العربية، التي يمثل الماء شريانها الحيوي وأساس حضارتها الغابرة في التاريخ؛
- الانتماء العربي الذي ولد لدى الباحثة الرغبة في معرفة الوضع المائي الحقيقي للمملكة العربية السعودية لكونها الدولة الأولى المنتجة للمياه المحلاة في العالم، والوضع المائي الجزائري الذي تنتمي إليه ولا تفهم بعض جوانبه؛

- تماثل و/أو تباين الدوافع الكامنة وراء لجوء الجزائر والمملكة العربية السعودية، خلق عند الباحثة الرغبة في معرفة نقاط القوة ومكامن الضعف التي تميز صناعة التحلية في البلدين في ظل اعتمادهما المطلق على العوائد النفطية في تأمين العناصر الضرورية لهذه الصناعة؛
- اختلاف تكلفة تحلية مياه البحر عن باقي تكاليف الصناعات الأخرى، ولد لدى الباحثة الرغبة لاستكشاف جميع العناصر المرتبطة بتحديدها بالنظر لتداخل الجوانب المسئولة عن ذلك (اقتصادية، اجتماعية، بيئية...) ؛
- الإثراء المعرفي وتعلم علوم جديدة مرتبطة بصناعة تحلية مياه البحر خاصة تلك الهادفة لجعل تحلية مياه البحر تتماشى وأهداف التنمية المستدامة؛
- موضوع الدراسة، استكمال ومتابعة لجزء مهم من موضوع دراسة الباحثة في الماجستير. وهذا ما حفزها للخوض فيه نظرا لغزارة القضايا المرتبطة به، وخاصة ما ارتبط بحالة الجزائر والمملكة العربية السعودية.

سادسا: الحدود المكانية والزمانية

1) **الحدود المكانية:** من أجل فهم أبعاد موضوع الدراسة، وتحليل مضامينه بما يسهم في الوصول إلى نتائج دقيقة ويعطي فكرة حقيقية عن صناعة تحلية مياه البحر المكلفة. تم تخصيص الدراسة، لبلدين عربيين صناعة التحلية فيهما عرفت نموا كبيرا، هما: المملكة العربية السعودية والجزائر؛ المملكة، التي سبقت الجزائر بخطوات كبيرة بالنظر لملامح الجغرافية المائية لديها، والتي تختلف نسبيا عن الجزائر.

2) **الحدود الزمانية:** حتى نصل إلى تحليل دقيق لتكلفة تحلية مياه البحر في المملكة العربية السعودية والجزائر تم اعتماد الفترة الممتدة من (2005-2015)، وذلك اعتمادا على تجربة الجزائر مع تحلية مياه البحر التي لم يبدأ عهدها الحقيقي إلا في سنة 2005 عكس المملكة العربية السعودية التي ترجع إلى ستينيات القرن العشرين. وتم اختيار هذه الفترة، لتكون المقارنة موضوعية وتستجيب لمؤشرات ومتغيرات الدراسة الكمية والنوعية. مقابل ذلك،كانت الفترة الزمانية التي اعتمدت في الجانب النظري مرتبطة بشكل كبير بتطور تقنيات وتكلفة التحلية فضلا عن أبعاد المشكلة المائية في العالم لذلك أخذت مجالا زمني أكبر وكان صعب حصرها في فترة معينة.

سابعا: منهج الدراسة

نظرا لطبيعة موضوع الدراسة، فقد اعتمدت الباحثة على المنهج الوصفي التحليلي في الجانبين النظري والتطبيقي، وكان التركيز على الجانب التحليلي بسبب طبيعة العناصر الواردة في الدراسة والتي تطلبت التحليل أكثر من الوصف بالنظر لكثرة الجداول والإحصائيات التي تطلبت قراءات تحليلية اقتصادية خاصة مع تشعب المعطيات وتداخلها مع علوم أخرى. كما تم اعتماد المنهج التاريخي لاستعراض تطور تاريخ تحلية مياه البحر على المستوى العالمي، وفي الجزائر والمملكة العربية السعودية إلى جانب استعراض اتجاهات تكلفة تحلية مياه البحر على المستوى العالمي. كما اعتمد منهج دراسة الحالة، عند التطرق لحالتي الجزائر والمملكة العربية السعودية في الفصلين الثالث والرابع.

ثامنا: الدراسات السابقة

1) Mabrouk Methnani, **Influence of fuel costs on seawater desalination options**, Desalination, n° 205, 2007.

هدفت هذه الدراسة إلى تقييم أثر تكاليف الوقود الأحفوري في تكلفة التحلية تبعا لتقنيات (MED،MSF RO-MED،RO-MSF،RO). وذلك عند مستوى تكلفة للوقود الأحفوري تتغير بين (50-100) دولار/ البرميل مقارنة مع مستوى تكلفة للوقود النووي تتغير بين (6-12) دولار/ ميجاواط ساعي، وعند معدلات فائدة تتغير بين (5%) و(8%). واعتمد الباحث في تقييمه للأثر على برنامج التقييم الإحصائي للتحلية، الذي طورته الوكالة الدولية للطاقة الذرية.

وخلصت الدراسة إلى:

- التحلية الغشائية (RO)، هي الأخفض من حيث التكلفة مقارنة بالتحلية الحرارية (MED،MSF) فيما يرتبط بالاستخدام الأحادي (إنتاج الماء فقط). مقابل ارتفاع هذه التكلفة بالنسبة للتحلية باستخدام المزاوجة بين التقنيات (RO-MED،RO-MSF)؛
- التحلية بالطاقة النووية هي الأفضل في حالة استمرار أسعار الوقود الأحفوري في الارتفاع، وزيادة ضريبة الكربون المتحملة عن الانبعاثات الغازية التي تنتجها محطات التحلية؛
- ارتفاع أسعار الفائدة من (05%) إلى (08%)، سيكون له تأثيرا في تكلفة التحلية بنسبة تتراوح بين (10%) و(20%) في حالة استخدام الوقود الأحفوري. وستكون التحلية باستخدام الوقود النووي أكثر حساسية لهذا الجانب.

2) Ioannis C.Karagiannis, Petros G.Soldatos, **Water desalination cost literature: review and assessment**, Desalination, n°223, 2008.

هدفت هذه الدراسة إلى عرض أهم الافتراضات القائمة والمعتمدة في حساب تكلفة التحلية اعتمادا على سلسلة من المعطيات التي تضمنتها دراسات سابقة. وذلك من أجل تحديد اتجاهات التكلفة اليوم، وضمان معطيات أكثر دقة لتكلفة التحلية.

وخلصت الدراسة إلى:

- تعرض تكلفة التحلية لسلسلة من الانخفاضات في السنوات الأخيرة نتيجة التحسينات التقنية والتطورات التي شهدتها مختلف تقنيات التحلية؛
- التحلية بالطاقة المتجددة هي خيار أكثر تكلفة مقارنة بالتحلية بالطاقة التقليدية على الأقل في المدى القصير لكنها خيار أفضل من حيث التكلفة البيئية المتحملة نتيجة انعدام الغازات الصادرة عنها؛
- إن نوع تقنية التحلية المختارة يؤثر بشكل كبير في تكلفة التحلية، ويتم استخدام التقنيات الحرارية في محطات التحلية المتوسطة والكبيرة أساسا.

3) Michelle K.Wittholz et al, **Estimating the cost of desalination plants using a cost data base**, Desalination, n°229, 2008.

هدفت هذه الدراسة إلى تقدير تكلفة التحلية بالاعتماد على قاعدة معطيات للتكلفة تم تجميعها انطلاقا من دراسات وبحوث سابقة تم نشرها على مدار(25) سنة مضت. وذلك تطبيقا على عاصمة الجنوب الأسترالي (Adelaide).

وخلصت الدراسة إلى:

- انخفاض تكلفة الوحدة المنتجة من الماء المحلى على مدار(25) سنة بالنسبة للمحطات الكبرى العاملة بتقنيتي (RO وMSF)، وكانت تكلفة الوحدة للماء المنتج تتراوح بين (0.5-02) دولار/م^3؛
- تقنية (RO)، أقل تقنيات التحلية تكلفة فيما يرتبط بمحطات التحلية الكبرى تليها تقنيتي (MSF وMED) على التوالي؛
- تراوحت تكلفة رأس المال للمحطات الكبرى بتقنية (RO) بين (500-1,000) مليون دولار، وهذا ما جعل تكلفة إنتاج الماء تتراوح بين (0.45-0.55) دولار/م^3.

4) Escwa(Economic and Social Commission for western Asia, **Role of desalination in addressing water scarcity**, Escwa water development reports3, United Nations, New York, 2009.

قدمت هذه الدراسة، تحليلا اقتصاديا مهما لتكلفة تحلية مياه البحر. وانطلقت من فكرة مفادها أن تكلفة التحلية تضم أربعة أنواع أساسية من التكاليف: التكلفة الرأسمالية، التكلفة التشغيلية، تكلفة النقل والتكلفة البيئية. وذلك انطلاقا من طبيعة صناعة التحلية التي تعتمد على مياه البحر(كمادة أولية) والماء المحلى(كمنتج نهائي).

وبعد تحليل جميع الجوانب المرتبطة بهذه التكلفة، توصلت الدراسة إلى:

- لازالت تكلفة تحلية مياه البحر في معظم أنحاء العالم ترتكز على نوعين من التكاليف: رأسمالية وتشغيلية؛
- إن إدراج تكلفة النقل والتكلفة البيئية ضمن تكلفة التحلية، مازال الاختلاف بشأنه قائما خاصة ما ارتبط بتكلفة النقل التي يرى البعض أنها لا تدخل ضمن تكلفة التحلية.

5) Mohamed Bessenasse et al, **Seawater desalination: study of three coastal stations in Algiers region**, Desalination, n° 250, 2010.

هدفت هذه الدراسة إلى تقييم تكلفة المنتجات الكيميائية (الكواشف الكيميائية) المستعملة على مستوى المحطات الثلاث (la fontaine, palm beach,bou-ismail) بالساحل الجزائري، وإظهار أثرها في التكلفة الإجمالية لتحلية المتر المكعب من ماء البحر المحلى وذلك خلال فترة (4) أشهر.

وخلصت الدراسة إلى أن:

- فعالية تقنية التناضح العكسي، ترتبط بشكل كبير بدرجة ملوحة ماء البحر لكن أيضا بالعكورة وخصائص فيزيوكيميائية أخرى لماء البحر ؛
- تراوحت تكلفة المتر المكعب المنتج من الماء المحلى في المحطات الثلاثة بين (35-45) دج، وكانت مساهمة تكلفة الكواشف الكيميائية في هذه التكلفة بنسب تراوحت بين (14%- 18.5%).

6) Wu Lianying et al, **Optimum design of cogeneration for power and desalination to satisfy the demand of water and power**, Desalination, n°324, 2013.

هدفت هذه الدراسة، لإظهار أهمية التوليد المشترك (توليد الكهرباء وإنتاج الماء) في التأثير في تكلفة التحلية. وذلك بالمزاوجة بين تقنيات (RO،MSF ومحطة طاقة)، ومدى مساهمتها في تخفيض التكلفة الكلية. وذلك باعتماد جملة من المعادلات الرياضية تضم مختلف المتغيرات ذات العلاقة بتقنيات التحلية.

وخلصت الدراسة إلى أن النمط الأمثل لنظام التوليد المشترك يمكن أن يتغير تبعا للطلب المائي، فإذا كان:

- الطلب المائي أقل من (8,000) م^3/سا، فإن المزاوجة بين (محطة الطاقة وMSF) هي الأفضل؛ أين توربين البخار(تكثيف- استخراج)، يستعمل في محطة الطاقة؛
- الطلب المائي أكبر من (8,000) م^3/سا، فإن المزاوجة بين (محطة الطاقة،MSF وRO) هي الخيار الأمثل؛ أين توربين بخار الضغط المسترجع يستعمل في محطة الطاقة.

7) Water Reuse Association Committe, **Seawater desalination costs**, Sustainable Solutions for a Thirsty Planet, white paper, 2013.

هدفت هذه الدراسة إلى تقديم عرض موجز حول اتجاهات التكلفة ومحتويات عمليات التحلية. وذلك بمقارنة هذه التكلفة مع تكاليف البدائل المائية التقليدية الأخرى، وأبرزت كيف أثرت التحسينات والتطورات التي شهدتها تقنيات التحلية في التكلفة الكلية للماء المنتج. وتم تطبيق هذا الجانب على مقاطعة كاليفورنيا في الولايات المتحدة الأمريكية.

وخلصت الدراسة إلى:

- انخفاض تكلفة التحلية بشكل كبير على مدار العقود الثلاثة الماضية مع وجود علاقة قوية بين التكلفة- العائد- سعة المحطة؛
- اتجاهات التكلفة ترتبط بشكل وثيق بالتحسينات التي عرفتها تقنيات التحلية كتحسين أداء أغشية (SWRO)، القدرة على استرجاع أكبر للطاقة. وستستمر التكلفة في الانخفاض، مع استمرار هذه التحسينات في المستقبل؛
- هناك محددات مهمة تؤثر في تكلفة التحلية، وتتباين من موقع إلى آخر. وتعد التقنيات الغشائية، هي الرائدة في كاليفورنيا والولايات المتحدة الأمريكية وعبر العالم، وذلك بسبب تكاليفها المنخفضة.

تاسعا: تقسيمات الدراسة

تبعا للإشكالية العامة للدراسة، وللتساؤلات الفرعية المرتبطة بها وانطلاقا من الفرضيات المقترحة بغرض الوصول بالدراسة إلى الأهداف المرجوة منها، قامت الباحثة بتقسيمها إلى أربعة فصول:

- الفصل الأول:"**جغرافية تحلية مياه البحر**"، تضمن رؤية عامة لواقع الموارد المائية في العالم باستعراض حقائق مرتبطة بجانبي العرض والطلب المائيين العالميين، ثم تم تناول الجوانب المرتبطة بتحلية مياه البحر من تعريف وتطور

تاريخ التحلية وصولا إلى تقنيات التحلية وسوق التحلية العالمي بنوع من التفصيل والتحليل لمختلف النقاط الجوهرية ذات الصلة بهذا الجانب.

- الفصل الثاني:"**تكلفة تحلية مياه البحر**"، تناول هذا الفصل مختلف النقاط المرتبطة بتكلفة تحلية مياه البحر. وذلك انطلاقا من إلقاء نظرة عامة حول مفهوم التكلفة وأنواعها، ثم التعرف على طبيعة تكلفة تحلية مياه البحر الاقتصادية، الاجتماعية والبيئية. وبعدها تم تناول مختلف محددات هذه التكلفة وصولا إلى تحليل مكونات هذه التكلفة بإعطاء صورة واقعية وتحليلية حول مستوى هذه التكلفة، والعوامل المؤثرة فيها.
- الفصل الثالث:"**واقع تحلية مياه البحر في الجزائر والمملكة العربية السعودية**"، تضمن هذا الفصل صورة عامة عن واقع تحلية مياه البحر في كل من الجزائر والمملكة العربية السعودية مع تفصيل أكثر لكل بلد من جغرافية تحلية مياه البحر(تاريخ ودوافع التحلية وخريطة التحلية). وبعدها تم إعطاء قراءة لنقاط التشابه والاختلاف بين الجزائر والمملكة العربية السعودية فيما يرتبط بجغرافيتهما الطبيعية والمائية على حد سواء.
- الفصل الرابع:"**تحليل تكلفة تحلية مياه البحر في الجزائر والمملكة العربية السعودية**"، تضمن هذا الفصل تحليلا مفصلا لتكلفة تحلية مياه البحر في البلدين انطلاقا من استعراض مستوى تكلفة التحلية في البلدين تبعا للمصادر العالمية والوطنية ثم تحليل هذه التكلفة اعتمادا على تحليل كمية الطاقة المستهلكة، نوعية المنتج النهائي ومصدر مياه التغذية وأعمار وحدات التحلية. وبعدها تم إلقاء نظرة عامة على خيار التحلية بالطاقة المتجددة، وأثره في تكلفة تحلية مياه البحر في البلدين ليختتم الفصل بتقديم قراءة مقاربتية اقتصادية، اجتماعية وبيئية لتكلفة التحلية في البلدين مع نموذج مقترح لتقدير تكلفة تحلية مياه البحر.

الفصل الأول

جغرافية تحلية مياه البحر

تمهيد

غذت مشكلة المياه العذبة في القرن الواحد والعشرين من أخطر المشكلات وأكثرها تعقيدا في اقتصاديات العالم خاصة في الدول النامية منها. وبدا ذلك أكثر وضوحا مع بروز محددات قوية أثرت بشكل كبير في الطلب والعرض المائيين العالميين على غرار التزايد السكاني والتركز الحضري، وما نتج عنهما من ضغوط رهيبة على موارد المياه العذبة إلى جانب التغير المناخي الذي بدت بوادره تأخذ منعرجا حاسما في إعادة تشكيل خريطة المياه العذبة العالمية.

وفي خضم كل هذه المعطيات،كان التوجه نحو تحلية مياه البحر بمثابة المحطة الأخيرة التي توقفت عندها ناقلات الأفكار الاقتصادية، التقنية والاجتماعية التي رصدها مختلف الخبراء، والتي أثبتت بأن مياه البحر هي الخلاص الوحيد لسكان المعمورة من شبح الندرة المائية خاصة وأنها تغطي النسبة الكبيرة من كوكب الأرض. وقد سبقت تجارب عديدة في القرون التي مضت، بينت جدوى تحلية مياه البحر مع البدايات الأولى لاستخدام التقطير.

وانطلاقا من هذه الجوانب، سيتم تناول المباحث التالية في هذا الفصل:

- الموارد المائية في العالم: حقائق وأرقام
- التأصيل النظري لتحلية مياه البحر
- عرض عام لتقنيات تحلية مياه البحر
- سوق التحلية العالمي

1.1. الموارد المائية في العالم: حقائق وأرقام

ظلت حياة الإنسان على كوكب الأرض مستقرة وآمنة في ظل توفر الموارد المائية العذبة الكافية والمتوازنة بين بني البشر تحديدا، والكائنات الحية عموما. وكان للقسمة العادلة والمتساوية للاستفادة من هذه الموارد القدرة على جعل حياة الإنسان في الماضي مريحة، وخالية من تبعات المشاكل المرتبطة بالندرة والاستنزاف.

لكن مع تغير أنماط المعيشة وتباين الأهداف بين أقاليم العالم المختلفة في ظل النمو السكاني المتزايد، بدا واضحا أن العالم يقف على مشارف مشكلة مائية لن تنفع معها الوفرة التي يمثلها هذا المورد على كوكب الأرض خاصة مع تنوع الاستخدامات لهذا المورد الحيوي واختلاف كميته ونوعيته من إقليم لآخر.

1.1.1. التوزيع الجغرافي للموارد المائية

تتميز الموارد المائية بسوء توزيعها الجغرافي بين أقاليم العالم المختلفة؛ وهذا ما خلق تفاوتا كبيرا بين حصص الدول من المياه العذبة تحديدا. وأسهمت دورة الماء في الطبيعة في بلورة هذا التباين رغم أن كمية المياه على الأرض ثابتة ولا تتغير.

1.1.1.1. دورة الماء في الطبيعة

يعد كوكب الأرض غني بالمياه، المورد الحياتي الأثمن بالنسبة للكائنات الحية عامة والكائن البشري خاصة. وعلى مدار ما يقارب (04) مليار من السنوات، تكون الماء على سطح هذا الكوكب نتيجة تكثيف بخار الماء بحجم إجمالي يقدر بـ ($1,400 \times 10^{6}$) كلم^3، تتوزع بين المحيطات والقارات [1]؛ هذه المياه التي تتخذ ثلاث حالات: سائلة، صلبة وغازية، وهو ما يطلق عليه بدورة الماء في الطبيعة. والتي تعرف بأنها:"تتابع لظواهر تسمح للماء بالمرور من حالة (شكل) إلى حالة أخرى (شكل آخر)، ومن مكان إلى آخر:[2]

1) المرور من الحالة السائلة إلى الحالة الغازية، يتم عن طريق التبخر. والعكس، عن طريق التكثيف؛

2) المرور من الحالة السائلة إلى الحالة الصلبة، يتم عن طريق التجمد. والعكس، عن طريق الانصهار(الذوبان)؛

3) المرور من الحالة الصلبة إلى الحالة الغازية، يتم عن طريق التسامي. والعكس، عن طريق التسامي العكسي.

---

[1]. Alain Giret, **Environnement (énergie hydraulique: différents formes, aménagements)**, Ellipses, France, 2014, p:10

[2]. Laurent Touchart, **Hydrologie (mers, fleuves et lacs)**, Armand, Colin LVUEF, France, 2003, p:23.

الجدول رقم (1.1): دورة الماء في الطبيعة (الوحدة: 10^6كلم^3)

الخزانات الجوية	17
الهطولات المحيطية	0.505
التبخر المحيطي	0.458
الهطولات القارية	0.119
التبخر–نتح القارية	0.072
الخزانات المحيطية	1,338
الجليد	0.0023
المصادر– البحرية	0.022
الخزانات الهيدرو– جيولوجية	23.7

Source: Alain Giret, **Environnement (énergie hydraulique: différents formes, aménagements)**, Ellipses, France, 2014, p:10.

من خلال قراءة معطيات الجدول، نجمل الملاحظات التالية:

1) بالنسبة للقارات، حجم المياه التي تنتقل في الأودية يقدر بـ (0.047×10^6)كلم^3، أين (0.003%) هو دورة مائية معتبرة؛

2) يعد الخزان المحيطي، هو المسئول عن التبخر؛ لكن هذا التدفق، يعوض بتدفقين خارجيين هما: الهطولات المحيطية من جهة، والجريان الناتج عن القارات من جهة أخرى؛

3) في المحيطات، التدفق الخارجي يتمثل فقط في التبخر البحري بإجمالي (0.505×10^6)كلم^3. ويمثل التدفق الداخل، الجزء الأكبر الذي مصدره الهطولات المحيطية بإجمالي (0.458×10^6) كلم^3. مقابل ذلك، لا تمثل الهطولات القارية أو المحتوى القاري إلا (0.047×10^6)كلم^3.

الجدول رقم (2.1): توزيع المياه العذبة تبعا لأقاليم العالم المختلفة

	المياه الجوفية (10^3كلم^3)	المناطق الرطبة، البحيرات الخزانات والأنهار(كلم^3)	الجليد (كلم^3)
أمريكا الشمالية	4,300	27,003	90,000
أمريكا الجنوبية	3,000	3,431	–
أوروبا	1,600	2,529	18,216
آسيا	7,800	30,622	60,984
أستراليا	1,200	221	180
أفريقيا	5,500	31,776	–
جرينلاند	–	–	2,600,000
أنتاركتيكا	–	–	30,109,800
المجموع	**23,400**	**95,582**	**32,879,180**

Source: Christiane Sabouraud, **L'eau pour tous, tous pour l'eau !**, CASDAN, Banque populaire, éditions Sépia, 2008, p:38

وبتحويل معطيات الجدول إلى نسب مئوية نحصل على الجدول أدناه.

الجدول رقم(3.1): توزيع المياه العذبة بالنسبة المئوية

	نسبة المياه الجوفية إلى الإجمالي (%)	نسبة (المناطق الرطبة، البحيرات الخزانات والأنهار) إلى الإجمالي (%)	نسبة الجليد إلى الإجمالي (%)
أمريكا الشمالية	18.38	28.15	00.27
أمريكا الجنوبية	12.82	03.59	-
أوروبا	06.88	02.65	0.055
آسيا	33.33	32.03	00.19
أستراليا	05.12	00.23	0.0000054
أفريقيا	23.50	33.24	-
جرينلاند	-	-	07.91
أنتاركتيكا	-	-	91.57

المصدر: من إعداد الباحثة بالاعتماد على معطيات الجدول رقم (2.1).

من خلال قراءة معطيات الجدول، نحمل الملاحظات التالية:

1) تحوي قارة أسيا أكبر كمية من المياه الجوفية من إجمالي المياه الجوفية التي يحتويها باطن الأرض بنسبة (33.91%)، تليها قارة أفريقيا بنسبة (23.50%)، ثم قارتي أمريكا الشمالية والجنوبية بنسبة (18.38%) و(12.82%) على التوالي. وباقي النسبة، تتقاسمها قارتي أوروبا وأستراليا؛

2) تحوي قارة أنتاركتيكا وجزيرة جرينلاند، أكبر كمية من الجليد الموجود على كوكب الأرض بما نسبته (91.58%) و(7.91%) على التوالي، فيما تتقاسم باقي القارات الكمية المتبقية باستثناء أفريقيا وأمريكا الجنوبية التي لا تضم أي جليد؛

3) لا تمثل مياه البحيرات والأنهار، والمناطق الرطبة إلا نسبة ضئيلة مقارنة بالمياه الجوفية والجليد المتجمد. ونجد أن أكبر نسبة تتركز في قارتي أفريقيا وآسيا بما يعادل (33.24%) و(32.03%) على التوالي، فيما تتقاسم باقي القارات النسبة المتبقية (باستثناء أنتاركتيكا).

وتثبت معطيات الجدول، حقيقة التوزيع غير المتكافئ لموارد المياه العذبة بين أقاليم العالم المختلفة؛ هذا التوزيع الذي يظهر صوريا، وكأنه ناتج عن دورة الماء في الطبيعة كما سبق وتمت الإشارة إليه آنفا إلا أن ذلك أيضا راجع لعوامل إنسانية بالدرجة الأولى خاصة مع الممارسات اللامسؤولة للقطاعات الاقتصادية التي أعادت توزيع كمية بعض المصادر.

وتجدر الإشارة، أنه عند الحديث عن دورة الماء في الطبيعة من حيث الكمية، نميز بين مفهومين أساسيين:[1]

أولا: الماء الأزرق: ويمثل الماء الدائم الحركة، سواء السطحي أو الجوفي، ويضم:

1) الماء الأزرق الطبيعي، وفيه نجد: الماء السطحي؛ البحيرات، الأنهار؛ المياه الجوفية؛ الطبقات الجوفية العميقة؛

[1].Inna Platonnova et Michèle Leone, **Les liens entre l'eau et l'énergie au regard des changements climatiques dans les pays en développement**, rapport de synthèse programme changements climatiques et l'eau, Projet n°106298-02, Canada, 2012, p:14.

2) الماء الأزرق المهيأ، وفيه نجد: الأحواض والخزانات المهيأة أو مجرى المياه المحولة؛ المياه المرسكلة (المستعملة والمعالجة).

ثانيا: الماء الأخضر: وهو الماء المحتوى في جزء الهطولات التي تترشح مباشرة في التربة؛ وهي المصدر الرئيسي للنبات، وتمثل (60%) من تدفقات المياه على الأرض.

وهذين النوعين، يرتبطان بدورة الماء في الطبيعة؛ أما فيما يتعلق بالنوعية، فنميز:

ثالثا: الماء الرمادي: المياه المستعملة ذات نوعية رديئة لكن مستعملة لمجالات أخرى؛

رابعا: الماء الأسود: المياه المستعملة الملوثة أين استعمالها يمكن أن يكون مضرا وأيضا غير مربح اقتصاديا.

رغم حداثة المفاهيم أعلاه وأهميتها بالنسبة للمحافظة على المورد المائي العذب إلا أن تداولها واستخدامها بشكل موسع ضمن أجندة الحكومات والدول، وفي السياسات والإستراتيجيات المائية الوطنية خاصة لدى دول الندرة المائية لا يكاد يذكر. وهذا ما أفرز فجوة كبيرة بين التنظير والتطبيق العملي.

2.1.1.1. مصادر الموارد المائية

المحيط هو مصدر معظم هطول العالم (الأمطار وتساقط الثلج)، ولكن احتياجات الناس من المياه العذبة تلبى تقريبا من قبل الهطول على الأرض[1]. ويحدث معظم انتقال المياه بين المحيط والغلاف الجوي بالتبخر والهطول.

وتقدر التدفقات البخارية السنوية من المحيط بما يعادل (425×10^3كلم^3) و(71×10^3كلم^3) من القارات؛ من هذه الكمية المتبخرة، جزء مهم يرجع للمحيطات على شكل هطولات- حوالي (385×10^3كلم^3- ، وجزء للقارات- حوالي (111×10^3)كلم^3 سنويا.[2]

الجدول رقم (4.1): توزيع المياه في الغلاف المائي

الاحتياطات	الكمية (كلم^3)	النسبة (%)
1) البحار والمحيطات	1,350,000,000	97.4033
2) المياه القارية	35,976,700	2.5957
3) الجو(رطوبة الهواء)	13,000	0.0009
4) المحيط الحيوي(الخلايا الحية)	1,100	0.0001
المجموع	**1,385,990,800**	**100**

Source: Inna platonnova et Michèle Leone, **Les liens entre l'eau et l'énergie au regard des changements climatiques dans les pays en développement**, rapport de synthèse programme changements climatiques et l'eau, Projet n°106298-02, Canada, 2012, p:17.

من خلال قراءة معطيات الجدول، نلاحظ:

1) تمثل البحار والمحيطات خزان العالم من المياه (المالحة) بما نسبته (97.4%) تقريبا، وهي غير صالحة للاستهلاك البشري مباشرة فضلا عن عدم مواءمتها لحياة بعض الكائنات الحية؛

2) تحوي القارات ما نسبته (02.59%) من المياه العذبة الصالحة للاستهلاك، فيما تتوزع النسبة الباقية بين الخلايا الحية والجو (رطوبة الهواء)؛

---

[1]. برنامج الأمم المتحدة للبيئة، **توقعات البيئة العالمية (GEO4) البيئة من أجل التنمية**، تقرير توقعات البيئة العالمية، العدد الرابع، كينيا، 2007، ص:118.

[2]. Inna platonnova et Michèle Leone, op.cit, p:14.

وبناءا على المعطيات العالمية التي تعتمد التوزيع: (97.5%) مياه مالحة، و(2.5%) مياه عذبة. تشير التقديرات، أنه من جملة (2.5%) مياه عذبة أي من (1.4) مليارم^3 من الحجم الكلي المتوفر على كوكب الأرض، فقط (200×10^{3}كلم^3) أي (01%) متاحة للاستهلاك المباشر.[1]

فيما تشير بعض التقديرات، أن الموارد المائية العذبة التي يمكن الوصول إليها (مياه الأودية والمياه الجوفية) لا تشكل إلا(0.7%) من المخزون الإجمالي العالمي للمياه العذبة، والكمية المتجددة منها لا تتجاوز (0.02%) سنويا.[2]

وإذا كانت الموارد المائية السطحية والجوفية، هي المصدر الأساسي للموارد المائية الضرورية للاستهلاك البشري. فإن هناك ما يضبط كميتها ومدى تغير نوعيتها، ويتعلق الأمر بمعيار التجدد؛ حيث أن هناك موارد مائية غير قابلة للتجدد خاصة إذا تعرضت للسحب المفرط دون مراعاة لمعدلات تجددها.

الجدول رقم (5.1): معدل تجدد مياه كوكب الأرض

المصدر	الوحدة
1) الجليد	آلاف السنين
2) المحيطات	الألف
3) المياه الجوفية	القرون
4) البحيرات	السنوات
5) مجاري المياه	العقود
6) ماء الغلاف الجوي	الأيام

Source: Laurent Touchart, **Hydrologie (mers, fleuves et lacs)**, Armand, colin LVUEF, France, p:23.

من خلال قراءة معطيات الجدول، يتبين أن الجليد يستغرق أطول فترة ممكنة للتجدد، تمتد لآلاف السنين ثم تليه مياه المحيطات (الألف سنة)، وبعدها المياه الجوفية، التي قد تستغرق قرون حتى يتم تجددها. مقابل ذلك، تقصر مدة تجدد مياه البحيرات، ومجاري المياه ومياه الغلاف الجوي، والتي تتراوح بين السنوات والأيام.

باعتماد معطيات الجدول رقم (2.1) مع معطيات الجدول أعلاه، نلاحظ أن جزء كبير من احتياجات السكان في العالم من المياه العذبة تلبى عن طريق المياه الجوفية؛ هذه الأخيرة تستغرق قرون طويلة للتجدد، وهذا ما يطرح إشكالية كبيرة فيما يرتبط بالمواءمة بين الاستغلال العقلاني المستدام للمياه الجوفية ومراعاة معدل تجددها.

وانطلاقا من هذا، وحسب بعض الدراسات التي أجريت:[3]

1) يشير برنامج الأمم المتحدة للبيئة، بأن ما نسبته (90%) من الماء العذب المتوفر في العالم موجود في الطبقات الجوفية، وفقط (2.5%) من هذا الحجم يمكن أن يتجدد والباقي مصدره محدود ونافذ.

2) حوالي(1.5) مليار نسمة عبر العالم، يرتبطون بالطبقات الجوفية من أجل ضمان احتياجاتهم من مياه الشرب.

---

(1).Tom Tietenberg et Lynne lewis, **Economie de l'environnement et développement durable**, 6éme édition, Pearson, France, 2013, p:176.
(2). David Blanchon, **De l'eau pour tous ? Atlas mondial de l'eau**, éditions Autrement, France, 2009, p:07.
(3).Ibid, pp:176-179.

الجدول رقم (6.1): الموارد المائية المتجددة للفرد: التوجهات والإسقاطات (الوحدة:م^3/اليوم)

	2000	2010	2030	2050
العالم	**6,939**	**6,148**	**5,095**	**4,556**
أفريقيا	**4,854**	**3,851**	**2,520**	**1,796**
شمال إفريقيا	331	284	226	204
أفريقيا جنوب الصحراء	5,812	4,541	2,827	1,983
أمريكا	**22,930**	**20,480**	**17,347**	**15,976**
أمريكا الشمالية	14,710	13,274	11,318	10,288
أمريكا الوسطى والكاريبي	10,736	9,446	7,566	6,645
جنوب أمريكا	35,264	31,214	26,556	25,117
آسيا	**3,186**	**2,845**	**2,433**	**2,302**
الشرق الأوسط	1,946	1,588	1,200	1,010
أسيا الوسطى	3,089	2,623	1,897	1,529
جنوب وشرق آسيا	3,280	2,952	2,563	2,466
أوروبا	**9,175**	**8,898**	**8,859**	**9,128**
غرب ووسط أوروبا	4,258	4,010	3,891	3,929
شرق أوروبا	20,497	21,341	22,769	24,874
المحيط الهادي	**35,681**	**30,885**	**24,873**	**21,988**
أستراليا ونيوزيلندا	35,575	30,748	24,832	22,098
جزر المحيط الهادي الأخرى	36,920	32,512	25,346	20,941

Source: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization and World Assessment Programme, **Water and Energy**, The United Nations world water development report, USA , 2014, p:177.

من خلال قراءة معطيات الجدول، نلاحظ:

1) شهدت سنة 2010، تراجعا نسبيا في نصيب الفرد من الموارد المائية المتجددة في أقاليم العالم المختلفة مقارنة بسنة 2000، وسجل نصيب الفرد في إقليم المحيط الهادي أعلى تراجع من (35,681م^3) سنة 2000 إلى (30,885م^3) سنة 2010؛

2) ستشهد السنوات المقبلة تراجعا متواصلا في نصيب الفرد من الموارد المائية المتجددة، وحسب الإسقاطات فإنه بحلول سنتي 2030 و2050 على التوالي، سيكون نصيب الفرد من موارد المياه العذبة قد تراجع بدرجة كبيرة، وستجل أفريقيا أضعف معدل (2,520م^3) و(1,796م^3) على التوالي.

وإذا كان اعتماد أقاليم العالم المختلفة على موارد المياه العذبة التقليدية (السطحية والجوفية) التي تمكنت إلى وقت قريب من تلبية احتياجات الإنسان الأساسية (الشرب والغذاء)، فإنها قبل نهاية القرن العشرين أصبحت عاجزة عن تغطية العجز الذي عرفته الموازين المائية لبعض الدول. وهذا ما جعل موارد المياه غير التقليدية خاصة المياه المحلاة تأخذ مكانة لها ضمن الخريطة المائية العالمية.

الجدول (7.1): دول الوفرة والندرة المائية في العالم

دول الوفرة	دول الندرة
1) البرازيل	1) الكويت
2) روسيا	2) البحرين
3) الولايات المتحدة الأمريكية	3) مالطا
4) كندا	4) غزة
5) الصين	5) الإمارات العربية المتحدة
6) أندونيسيا	6) ليبيا
7) الهند	7) سنغافورة
8) كولومبيا	8) الأردن
9) جمهورية الكونغو الديمقراطية	9) إسرائيل

Source: Inna Platonnova et Michèle Leone, **Les liens entre l'eau et l'énergie au regard des changements climatiques dans les pays en développement**, rapport de synthèse programme changements climatiques et L'eau, Projet n°106298-02, Canada, 2012, p:20.

من خلال قراءة معطيات الجدول، نلاحظ أن الدول التي تستحوذ على أكبر كمية من موارد المياه العذبة في العالم تتركز أساسا في قارتي آسيا (الصين، الهند وأندونيسيا)، وأمريكا(الولايات المتحدة الأمريكية، البرازيل، كولومبيا وكندا). مقابل ذلك، تتركز دول الندرة المائية بشكل كبير في قارة آسيا وتحديدا في منطقة الشرق الأوسط (الإمارات، الكويت، غزة، إسرائيل،البحرين والأردن).

وتعكس معطيات الجدول من ناحية أخرى، حقيقة أن مشكلة المياه العذبة في العالم تتركز أساسا في الدول النامية (وخاصة في إقليم الشرق الأوسط). وهذا ما يجعل هذه المشكلة أكثر تعقيدا في ظل العلاقة القائمة بين (الرفاه الاقتصادي- الأمن الغذائي- النمو السكاني) والمياه العذبة.

3.1.1.1. استخدامات الموارد المائية

لقد ازداد الطلب على موارد المياه العذبة العالمية لمختلف الاستخدامات عبر أقاليم العالم المختلفة، وإن تباينت درجة الاعتماد من إقليم لأخر تبعا لنوع القطاع الاقتصادي المتحكم؛ إلا أن القاسم المشترك بين جميع الدول هو ازدياد نسبة الاعتمادية على موارد المياه العذبة خاصة مع دخول قطاعات السياحة والطاقة، سوق المنافسة على استهلاك هذا المورد الحيوي إلى جانب القطاعات التقليدية (الزراعي والمنزلي أساسا).

أولا: معطيات عامة حول الاستهلاك البشري لموارد المياه العذبة

تشير أغلب التوقعات، أن استهلاك المياه العذبة من قبل البشر سوف يزداد نتيجة سلسلة من التغيرات، تشمل: النمو السكاني، نمط المعيشة والنظام الغذائي المتبع الذي يتحكم في الطلب على مياه الري.

1) تضاعف استهلاك المياه في العالم خلال (50) سنة الأخيرة، ثلاث مرات. ويقدر بأنه يوافق حوالي (10%) من المياه المنقولة انطلاقا من الأنهار، والطبقات الجوفية انطلاقا من القارات حتى البحر؛ ثلثي (3/2) الاستهلاك

المائي موجه للزراعة وأساسا للري، والربع (4/1) تمتصه الصناعة مقابل نسبة لا تتجاوز (10%) بالنسبة لقطاع المنازل (القطاع العائلي).[1]

2) تشهد الأحواض الهيدروغرافية، طلبا كبيرا وقويا كما هو الحال في حوضي ريو وكولورادو في أمريكا الشمالية. ويوجد كميات هائلة من المياه الجوفية المخزنة منذ مئات أو آلاف السنين في الطبقات العميقة، شهدت استخراجا مفرطا بمعدل أكبر من معدل إعادة تغذيتها.

3) تبعا للتعريف المعطى للضغط المائي على المستوى العالمي، والذي يرتبط بنصيب الفرد من الماء العذب (1,000) م^3/السنة فإن من (1.5) مليار نسمة إلى (02) مليار نسمة من سكان العالم يعيشون في دول ذات ضغط مائي. وتتركز أساسا في: أفريقيا، الحوض المتوسطي، جنوب آسيا، شمال الصين، أستراليا، الولايات المتحدة الأمريكية، المكسيك، شمال- شرق البرازيل، وعلى طول السواحل الغربية لأمريكا الجنوبية.[2]

4) حوالي نصف مساحة الكرة الأرضية، تتواجد في أحواض هيدروغرافية إما بشكل جزئي في دولتين أو عدة دول. وفي العالم توجد (44) دولة مميزة بوجود على الأقل (80%) من مساحتها في إحدى هذه الأحواض.[3]

5) يرتبط حوالي (1.5) مليار نسمة بالطبقات الجوفية (أو المياه الجوفية) في تلبية وضمان احتياجاتهم من مياه الشرب في العالم. كما تشير بعض التقديرات، أنه بحلول سنة 2025، يتوقع بأن أكثر من (21) دولة تمثل حوالي (600) مليون نسمة ستعرف ندرة لمياه الشرب.[4]

6) بحلول سنة 2025، سيعيش (1.8) مليار نسمة في بلدان أو أقاليم تندر فيها المياه تماما، وقد يعاني (3/2) سكان العالم من نقص المياه وحد توفير احتياجات المياه للزراعة، الصناعة، الاستخدامات المنزلية..الخ.[5]

الجدول رقم (8.1): استهلاك الموارد المائية في قرن

	1950	2000	توقعات 2050
السكان (مليار)	2,542	6,181	9,200
المساحات المروية (ملايين كلم^3)	101	264	331
الاقتطاعات الزراعية (كلم^3/السنة)	1,080	2,605	3,283
الاستهلاك الحقيقي (للزراعة،كلم^3/السنة)	722	1,834	2,309
الاقتطاعات الصناعية (كلم^3/السنة)	204	776	875
الاستهلاك الحقيقي (الصناعة،كلم^3/اليوم)	19	88	116

Source: Christiane Sabouraud, **L'eau pour tous, tous pour l'eau** !, CASDAN, Banque populaire, éditions Sépia, 2008, p:13.

(1).John Houghton, **Le réchauffement climatique (Un état des lieux complet)** ,1ére édition, Groupe de boeck, Belgique, 2011, p:24.
(2).Ibid, p:212.
(3).Ibid, p:212.
(4).Tom Tientenberg et Lynne lewis, op.cit, pp:176-179.
(5).برنامج الأمم المتحدة للبيئة، مرجع سبق ذكره، ص: 129.

من خلال قراءة معطيات الجدول، نلاحظ:

1) خلال نصف قرن (1950-2000)، ارتفع عدد السكان بأزيد من (03) مليار نسمة، وهو نفس العدد الذي يتوقع أن تتحقق به الزيادة في عدد السكان على مدار(50) سنة القادمة ليصل عدد السكان حسب التوقعات إلى (9,200) مليون نسمة بحلول سنة 2050؛

2) نمت المساحات المروية مع الاقتطاعات الزراعية والصناعية من المياه بوتيرة متناسبة مع نمو عدد السكان خلال النصف الثاني من القرن العشرين، ويتوقع أن تستمر هذه الزيادة حتى سنة 2050. مع ملاحظة أن الاقتطاعات الحقيقية لقطاعي الزراعة والصناعة أقل بكثير من تلك الإجمالية.

إن تفسير معطيات الجدول والتصاعد التدريجي لاقتطاعات الزراعة والصناعة من المياه العذبة هو نتيجة:

1) تزايد عدد السكان الذي أدى إلى تزايد الحاجة لإنتاج الغذاء خاصة مع تباين أنماط الاستهلاك بين أقاليم العالم المختلفة (بعض الأقاليم تركز على استهلاك المنتجات النباتية على غرار دول جنوب شرق آسيا، والبعض الآخر يركز على استهلاك المنتجات الحيوانية كما هو الحال في بعض الدول العربية)؛

2) التطور الصناعي الهائل الذي شهدته الدول المتقدمة وبدرجة أقل بعض الدول النامية، وما تتطلبه بعض الصناعات من استهلاك واسع للمياه خاصة ما ارتبط بالصناعات الاستخراجية والغذائية.

ثانيا: الاستخدامات المائية تبعا لكل قطاع

تواصل الموارد المائية المتاحة تدهورها كنتيجة للسحب المفرط للمياه السطحية والجوفية على حد سواء، وأيضا تناقص صرف المياه السطحية بسبب قلة الهطول وزيادة التبخر الذي يسببه الإحترار العالمي. وبالفعل، في أجزاء كثيرة من العالم، مثل: غرب آسيا وسهل نهر الجانجا الهندي في جنوب آسيا وسهل شمال الصين والسهول العليا في شمال أمريكا، يتجاوز استخدام الإنسان للمياه المتوسط السنوي لتعويض المياه.[1]

وتصل كمية الموارد من المياه المتجددة بفعل الدورة الهيدرولوجية في العالم إلى (42×10^3)كم^3/السنة؛ منها قرابة ($3,900$م^3) تستجر للاستخدامات البشرية من الأنهار وخزانات المياه الجوفية: (70%) للري، (19%) للصناعة و(11%) للقطاع البلدي. ويقدر أن ما يربو عن (60%) من مجمل كميات المياه المستجرة تتدفق عائدة إلى نظم هيدرولوجية محلية من خلال دفق رجعي إلى الأنهار أو المياه الجوفية، أما الجزء المتبقي فيعتبر استخداما استهلاكيا للمياه من خلال التبخر والنتح عند النبات.[2]

---

[1]. برنامج الأمم المتحدة للبيئة، مرجع سبق ذكره، ص:129.

[2]. منظمة الأمم المتحدة للتغذية والزراعة (الفاو)، **حالة الموارد من الأراضي والمياه في العالم للأغذية والزراعة (إدارة النظم المعرضة للخطر)**، Earth Scan، ايطاليا، 2013، ص:26.

الجدول رقم (9.1): استجرار المياه من قبل القطاع الرئيسي المستخدم لموارد المياه

	البلدي		الصناعي		الزراعي	
القارة– الأقاليم	كم^3/السنة	(%)	كم^3/العام	(%)	كم^3/السنة	(%)
أفريقيا	**21**	**10**	**09**	**04**	**184**	**86**
شمال أفريقيا	09	09	05	06	80	85
أفريقيا جنوب الصحراء الكبرى	13	10	04	03	105	87
أمريكا	**126**	**16**	**280**	**35**	**385**	**49**
أمريكا الشمالية	88	15	256	43	258	43
أمريكا الوسطى ومنطقة الكاريبي	06	26	02	11	15	64
أمريكا الجنوبية	32	19	21	13	112	165
آسيا	**217**	**09**	**227**	**09**	**2,012**	**82**
غرب آسيا	25	09	20	07	227	83
آسيا الوسطى	05	03	08	05	150	92
جنوب آسيا	70	07	20	02	914	91
شرق آسيا	93	14	150	22	434	64
جنوب شرق آسيا	23	07	30	09	287	84
أوروبا	**61**	**16**	**204**	**55**	**109**	**29**
أوروبا الغربية والوسطى	42	16	149	56	75	28
أوروبا الشرقية والاتحاد الروسي	19	18	56	51	35	32
أوقيانوسيا	**05**	**17**	**03**	**10**	**19**	**73**
أستراليا ونيوزيلندا	05	17	03	10	19	73
جزر المحيط الهادي	0.01	14	0.01	14	0.05	0.01
العالم	**429**	**11**	**723**	**19**	**2,710**	**70**
البلدان مرتفعة الدخل	145	16	392	43	383	42
البلدان متوسطة الدخل	195	12	287	18	1,136	70
البلدان منخفضة الدخل	90	07	44	03	1,191	90

المصدر: منظمة الأمم المتحدة للتغذية والزراعة (الفاو)، **حالة الموارد من الأراضي والمياه في العالم للأغذية والزراعة (إدارة النظم المعرضة للخطر)**، Earth Scan، ايطاليا، 2013، ص:28.

من خلال قراءة معطيات الجدول، نجمل الملاحظات التالية:

1) هناك تباين في حجم المياه العذبة المستخدمة في قارات العالم الخمس تبعا للقطاعات الثلاثة (بلدي، صناعي وزراعي). وتستحوذ قارة آسيا على النسبة الأكبر في هذا الجانب؛

2) يحظى قطاع الزراعة بنسبة استهلاك عالية في كل من قارات (آسيا، أمريكا، أفريقيا وأوقيانوسيا) بنسب (82%)، (49%)، (86%) و(19%) على التوالي. مقابل ذلك ، لا تمثل النسبة في أوروبا إلا (29%)؛

3) يستحوذ القطاع الصناعي على نسبة استهلاك واسعة للمياه العذبة في أوروبا (55%). مقابل (35%) بالنسبة لقارة أمريكا، فيما النسبة دون (10%) لأفريقيا وآسيا و(10%) لأوقيانوسيا.

4) يحظى القطاع البلدي بنسبة استهلاك معتبرة للمياه العذبة في القارات جميعا، وتأتي أوقيانوسيا، أوروبا وأمريكا في المقدمة بنسب (17%)، (16%) و(16%) على التوالي.

الجدول رقم (10.1): المعدل السنوي طويل الأجل لموارد المياه المتجددة واستجرار المياه للري

القارة– الأقاليم	الهطولات (ملم)	موارد المياه المتجددة (كم^3)[1]	النسبة المئوية لكفاءة استخدام المياه(%)	استجرار المياه للري (كم^3)	الضغط على الموارد المائية بفعل الري (%)
أفريقيا	**678**	**3,931**	**48**	**184**	**05**
شمال إفريقيا	96	47	69	80	170
أفريقيا جنوب الصحراء الكبرى	815	3,884	30	105	03
أمريكا	**1,091**	**19,238**	**41**	**385**	**02**
أمريكا الشمالية	636	6,077	46	258	04
أمريكا الوسطى ومنطقة الكاريبي	2,011	781	30	15	02
أمريكا الجنوبية	1,604	12,380	28	112	01
آسيا	**827**	**12,413**	**45**	**2,012**	**16**
غرب آسيا	217	484	47	227	47
آسيا الوسطى	273	263	48	150	57
جنوب آسيا	1,602	1,766	55	914	52
شرق آسيا	634	3,410	37	434	13
جنوب شرق آسيا	2,400	6,490	19	287	04
أوروبا	**540**	**6,548**	**48**	**109**	**02**
أوروبا الغربية	811	2,098	43	75	04
أوروبا الشرقية والاتحاد الروسي	467	4,449	67	35	01
أوقيانوسيا	**586**	**892**	**41**	**19**	**02**
أستراليا ونيوزيلندا	574	819	41	19	2.3
جزر المحيط الهادي	2,062	73	-	0.05	0.1
العالم	**809**	**43,022**	**44**	**2,710**	**06**
البلدان مرتفعة الدخل	622	9,009	45	383	04
البلدان متوسطة الدخل	872	26,680	39	1,136	04
البلدان منخفضة الدخل	876	7,332	50	1,191	16

المصدر: منظمة الأمم المتحدة للتغذية والزراعة (الفاو)، **حالة الموارد من الأراضي والمياه في العالم للأغذية والزراعة (إدارة النظم المعرضة للخطر)**، Earth Scan، ايطاليا، 2013، ص:42.

[1]: تشير إلى الموارد المائية الداخلية، باستثناء"التدفقات الواردة" على المستوى الإقليمي.

من خلال قراءة معطيات الجدول، نجمل الملاحظات التالية:

1) تحظى قارة أمريكا بأعلى كمية من الهطولات (1,091ملم)، تليها قارة آسيا (827 ملم) ثم أفريقيا وأوقيانوسيا بكمية (678 ملم) و(586 ملم) على التوالي، وتعتبر أوروبا أقل القارات هطولا (540ملم)؛

2) تستحوذ قارتي أمريكا وآسيا على أكبر نسبة من موارد المياه المتجددة في العالم بما يعادل (44.72%) و(28.85%) على التوالي. مقابل نسب لا تتجاوز (15.22%)، (9.13%) و (2.07%) لقارات أوروبا، أفريقيا وأوقيانوسيا على التوالي؛

3) هناك تقارب نسبي بين القارات فيما يتعلق بكفاءة استخدام المياه، وتأتي قارتي أوروبا وأفريقيا في المرتبة الأولى بنسبة (48%). مقابل نسب تتراوح بين (41%) و(45%) لباقي القارات؛ لكن تبقى النسب أقل من (50%). وهذا يبين حقيقة أن الكفاءة الاستخدامية للمياه لازالت دون المستوى في جميع القارات؛

4) بمقارنة معطيات استجرار المياه للري ونسب الضغط على الموارد المائية، تحتل قارة آسيا المرتبة الأولى في مجال استخدام مياه الري وبضغط يصل (16%)، فيما تتراوح باقي النسب بين (02%) و(06%) بالنسبة لباقي القارات.

توطئة: أصبحت الطاقة أحد أهم القطاعات استهلاكا للمياه في العالم خاصة في العقدين الأخيرين مع تنامي الطلب عليها، وتعدد استخداماتها. وقدر آفاق الطاقة العالمي في تقريره لسنة 2012، بأن سحوبات المياه من أجل إنتاج الطاقة وصلت إلى (583) مليارم^3(15% من السحوبات الإجمالية العالمية).[1]

1) إن العلاقة القائمة بين الطاقة والمياه، هي علاقة وطيدة ومتداخلة ولا يمكن إهمال أي تأثير متبادل بين الموردين؛ ففي الولايات المتحدة الأمريكية، يستخدم حوالي (40%) من الماء المستهلك لتبريد المراكز الكهربائية. ويتوقع أن تستمر هذه النسبة في الارتفاع في العقود القادمة لتصل سنة 2030 إلى (31%) من الماء المستعمل.[2]

2) تشير التوقعات أنه بحلول سنة 2035، سوف ترتفع سحوبات المياه المستخدمة في إنتاج الطاقة وستنمو بـ (20%) بينما الاستهلاك سوف ينمو بـ (85%). ويعد قطاع الطاقة الحرارية المستهلك الواسع للمياه؛ في أوروبا، يستخدم (43%) من سحوبات المياه العذبة، وأكثر من (50%) من سحوبات المياه العذبة الوطنية في العديد من الدول؛

3) مع التوجهات الحديثة نحو إنتاج الوقود الحيوي والاستعاضة به لمواجهة ارتفاع الأسعار بالنسبة لأشكال الطاقة الأحفورية، ازداد استخدام المياه في ري المحاصيل الموجهة لإنتاج الوقود الحيوي ذي الاستهلاك الواسع للمياه (قصب السكر، الذرة..الخ).

2.1.1. مشكلة الموارد المائية العذبة في العالم

خلق التفاوت والتوزيع غير العادل للموارد المائية العذبة مشكلة تكاد تتحول لمعضلة حقيقية في دول عدة عبر العالم؛ هذا التوزيع، الذي جعل دول تعيش وفرة مائية كبيرة بينما تعاني كثير منها من ظروف ندرتها الشديدة.

---

[1].Richard Connor et al, **Energy's thirst for water**, United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization and World Water Assessment Programme, Water and Energy, The United Nations world water development report, USA, 2014, p:28.

[2].Hussein Abazza, **Considérations économiques concernant L'approvisionnement en eau par dessalement dans les pays du sud de la méditerranée**, Gestion durable de l'eau -mécanisme de soutien-, Union Européenne, 2012, p:30.

أضف إلى ذلك، أنه حتى لو توافرت المياه قد تظهر مصاعب في الوصول إلى معظمها أو يكون استثمارها باهظ التكاليف.

ولندرة المياه ثلاثة أبعاد:[1]

1) البعد المادي: حيث يكون الإمداد المتاح غير كاف لتلبية الطلب؛

2) البعد المرتبط بالبنى التحتية: حيث لا تسمح البنى التحتية في ذلك الموقع بتلبية طلب جميع المستخدمين؛

3) البعد المؤسسي: عندما تخفق المؤسسات في ضمان إمداد المستخدمين بالمياه بشكل مضمون وآمن وعادل.

1.2.1.1. العرض المائي العالمي

إن كمية المياه على كوكب الأرض ثابتة منذ خلق الله هذا الكون، ولن تتغير حتى تنتهي الحياة؛ لكن توزيعها الجغرافي غير العادل من جهة، وتدهور نوعيتها من جهة أخرى هو الذي خلق عجز في الموازين المائية للعديد من الدول. وتظهر قضايا تلوث المياه، الاستنزاف الجائر للمياه الجوفية، والتغير المناخي الأكثر تأثيرا في عرض المياه العالمية، وستستمر كذلك حسب التوقعات.

أولا: التغير المناخي

يقف العالم اليوم أمام تحد جديد يجسده التغير المناخي بكل أبعاده وتداعياته المترامية على الموارد الطبيعية والحياة البشرية بشكل خاص، وكوكب الأرض بشكل عام. وأثبتت جميع الدراسات والبحوث التي أجراها خبراء ومختصين في هذا الجانب، أن مناخ الأرض يتغير، وأن تغيره سيكون له تداعيات خطيرة على حياة الكائن الحي(خاصة الإنسان). وما لم تتخذ الإجراءات الضرورية للتكيف وتخفيف مسببات هذا التغير سيواجه كوكب الأرض أخطر الظواهر.

1) بعض الحقائق حول تغير المناخ: شهد كوكب الأرض على مدار حقب زمنية متباينة تغيرا ملحوظا عكسته مجموعة من الشواهد والظواهر المصاحبة خاصة مع نهاية القرن العشرين وبداية القرن الواحد والعشرين.

الجدول رقم (11.1): بعض المعطيات حول التغير المناخي

1) مؤشر التركيز	
التركيز الجوي من (CO_2)	ارتفاع من (280) جزء في المليون خلال الفترة (1000- 1750) إلى (360) جزء في المليون خلال سنة 2000، ثم (380) جزء في المليون سنة 2006.
التركيز الجوي من (CH_4)	ارتفاع من (700) جزء في المليار خلال الفترة (1000- 1750) إلى (1,750) جزء في المليار سنة 2000 إلى (1,775) سنة 2005.
التركيز الجوي من (N_2O)	ارتفاع من (270) جزء في المليار خلال الفترة (1000- 1750) إلى (316) جزء في المليار سنة 2000 إلى (319) جزء في المليار سنة 2005.
تركيز تربوسفيريك من (O_3)	زيادة من (35±15 %) بين 1750 و2000، تتغير تبعا للإقليم.
تركيز ستراتوسفيريك من (O_3)	انخفاض منذ 1970، تغير مع العرض.
تركيز الجو من (HFC,PFC,SE_6)	بشكل عام، ارتفاع خلال (50) سنة الأخيرة.
2) مؤشرات ميتيورولوجية	

[1]. منظمة الأمم المتحدة للتغذية والزراعة (الفاو)، مرجع سبق ذكره، ص:28.

درجة الحرارة المتوسطة والعالمية للسطح	ارتفاع من (0.6±0.2) درجة مئوية خلال القرن العشرين، و(0.74±0.18) درجة مئوية في (100) سنة بين 1906 و2005.
درجة حرارة السطح للنطاق الشمالي	ارتفاع كبير خلال القرن 20 مقارنة بـ 100 سنة الأخيرة؛ سنوات 1990، مثلت العقد الأكثر سخونة في الألفية.
الهطولات القارية	ارتفاع من (05%) إلى(10%) خلال القرن (20) في النطاق الشمالي للكرة الأرضية، مع انخفاض تم ملاحظته في بعض الأقاليم (مثل: إفريقيا الشمالية، غرب إفريقيا، بعض أجزاء المتوسط).
حوادث الأمطار الكثيفة	زيادة في العروض المتوسطة والعروض العليا للنطاق الشمالي.
الجفاف	تواصل الجفاف الصيفي وتأثيره في بعض المناطق. منذ سنوات1970، زيادة (نمو) في المنطقة المتأثرة بالجفاف.
الأعاصير القطبية المدارية/العواصف الكثيفة خارج الأقاليم القطبية المدارية	منذ سنوات1970، التوجه نحو مدة حياة طويلة وكثافة مهمة للعواصف؛ ومنذ سنوات1950، زيادة تكرار كثافة العواصف وتمركزها باتجاه القطبين.
3) المؤشرات البيولوجية والفيزيائية	
المستوى المتوسط والعام للبحر	ارتفاع بسرعة متوسطة سنويا (1-2ملم)، خلال القرن 20؛ وارتفاع حوالي (03) ملم خلال الفترة (1993-2003).
مدة وجود التغطية بالجليد للأنهار والبحيرات	انخفاض بحوالي أسبوعين خلال القرن العشرين على مستوى العروض المتوسطة والعليا في النطاق الشمالي.
جليد الجبال	تراجع بشكل عام خلال القرن20 .
التغطية بالثلوج	انخفاض بـ (10%) من المساحة الثلجية منذ الملاحظات العالمية عن طريق الأقمار الصناعية المتوفرة خلال سنوات1960.
4) مؤشرات اقتصادية	
الخسائر الاقتصادية المرتبطة بالجو	تضخم عام – ضمن الشروط الحقيقية-، الخسائر زادت بشكل كبير خلال (50) سنة الأخيرة.

Source: John Houghton, **Le réchauffement climatique (un état des lieux complet)** ,1ére édition, Groupe de boeck, Belgique, 2011, pp:86-87.

تلخص معطيات الجدول، مختلف التغيرات التي شهدها المناخ خلال القرن العشرين والتي تنوعت بين ارتفاع تركيزات بعض العناصر الكيميائية (أو غازات الاحتباس الحراري) إلى جانب تغيرات مست الهطولات ودرجة الحرارة فضلا عن تغيرات فيزيائية وبيولوجية. مما يثبت حقيقة أن المناخ العالمي فعلا تغير، وستستمر هذه التغيرات في الحدوث دون تحديد زمنها ومكانها بدقة في العقود المقبلة.

الجدول رقم (1. 12): الدول الأكثر إطلاقا لغاز ثاني أكسيد الكربون

الدولة	التبدل بين السنوات (1992-2007) (%)	الانبعاثات (طن متري/الفرد) سنة (2007)	نسبة (CO_2) المنبعث في سنة 2007 (%)
1) الصين	(+154.4)	4.52	21.01
2) الولايات المتحدة الأمريكية	(+18.1)	19.9	20.1
3) الهند	(111.0)	1.3	4.7
4) روسيا	(-17.4)	11.8	5.6
5) اليابان	(17.1)	99	4.2
6) ألمانيا	(7.1)	10.1	2.8
7) كندا	(21.6)	17.9	1.8
8) بريطانيا	(2.6)	9.3	1.9
9) إيران	(+108.8)	7.5	1.6
10) جنوب إفريقيا	(+40.1)	9.4	1.5
11) المملكة العربية السعودية	(+84.3)	15.7	1.5
العالم	(+39.2)	4.5	100

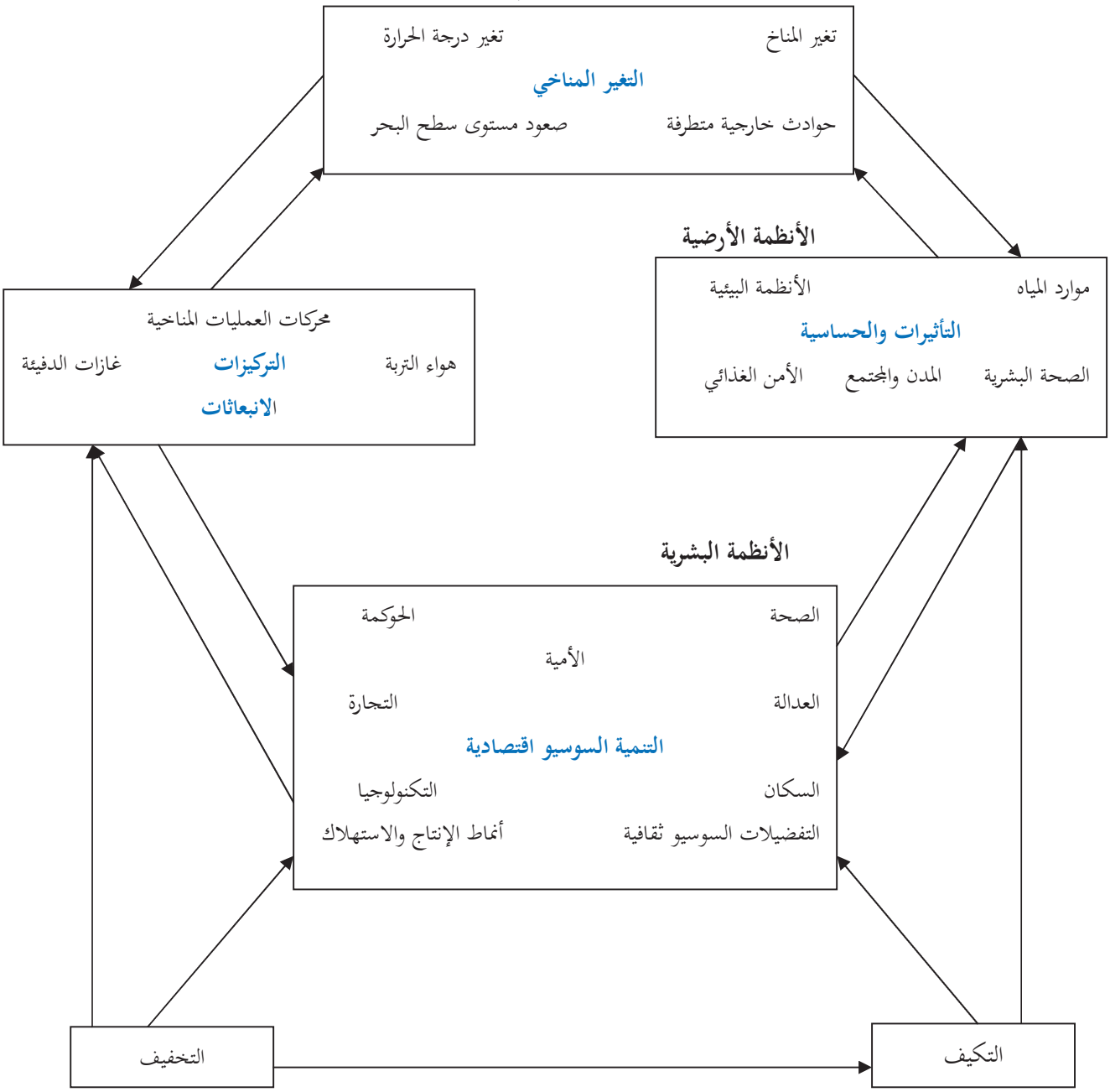
المصدر: فؤاد قاسم الأمير، **الموازنة المائية في العراق وأزمة المياه في العالم**، دار الغد، العراق، 2010، ص:299.

من خلال قراءة معطيات الجدول، نلاحظ أن الصين، إيران، جنوب أفريقيا والمملكة العربية السعودية، سجلت زيادة معتبرة في إنبعاثات غاز (CO_2) خلال الفترة الممتدة بين (1992-2007) بنسب (+154.5%) و(+108.8%) و (40.1%) و(84.3%) على التوالي؛ فيما سجلت روسيا تراجعا بنسبة (-17.4%). كما احتلت الصين، الولايات المتحدة الأمريكية، روسيا والهند المراتب الأولى في إطلاق غاز (CO_2) خلال سنة 2007.

إن الارتفاع في كمية الانبعاثات من (CO_2) بالنسبة للدول المتقدمة تحديدا مرده للتطور الصناعي الهائل الذي ميز هذه الدول خاصة مع مطلع الألفية الثالثة. فيما السبب الرئيسي بالنسبة للمملكة العربية السعودية مرده لقطاع الطاقة الذي ينتج ملايين البراميل يوميا، ما ينتج عنها إصدار آلاف الأطنان من غاز (CO_2) وهو الأمر ذاته بالنسبة لإيران.

2) التأثيرات المتوقعة لتغير المناخ على موارد المياه العذبة: تشير التقديرات والتوقعات التي يرصدها خبراء المناخ، وخاصة على مستوى الهيئة العالمية المعنية بتغير المناخ، والتي دأبت على رصد حالة المناخ العالمي منذ أول تقرير لها سنة 2007. أن المناخ العالمي يتغير وستزداد هذه التغيرات في النصف الثاني من القرن الواحد والعشرين؛ وبالنسبة لموارد المياه العذبة، تبدو الصورة أكثر سوداوية خاصة مع ارتفاع درجة الحرارة وتأثيراتها على جليد القطبين، وارتفاع مستوى البحر وما ينجم عنه.

الشكل رقم (1.1): التغير المناخي– إطار مندمج



Source: John Houghton, **Le réchauffement climatique (un état des lieux complet)** ,1ére édition, Groupe de boeck, Belgique, 2011, p:24.

نلاحظ من خلال قراءة الشكل، أن التغير المناخي ظاهرة متداخلة وتتعدد مسبباتها فضلا عن تأثيراتها بين الأنظمة البيئية والبشرية.كما أنه يمكن ضبطها والتحكم فيها ولو نسبيا، من خلال قاعدة التكيف والتخفيف.

- **التكيف**: تخفيض تأثيرات التغير المناخي؛
- **التخفيف**: تخفيض أسباب التغير المناخي.

وتتلخص أهم التأثيرات التي تم رصدها و/أو يتوقع حدوثها، نتيجة تغير المناخ على موارد المياه العذبة في:[1]

- هناك دليل متزايد على أن أنماط الهطول قد تغيرت حول العالم كنتيجة لاستجابات الغلاف الجوي للتغير المناخي. ورغم الاعتقاد بأن أنماط الهطول ستتأثر أكثر فأكثر بالإحترار واسع النطاق لسطحي المحيط والأرض إلا أن الطبيعة الدقيقة للتغير غير مؤكدة، ولو أن المعرفة تتحسن. وقد زاد الهطول العالمي بنسبة (02%) منذ بداية القرن العشرين. وفي حين، أن ذلك هام إحصائيا إلا أنه غير متماثل لا مكانيا ولا زمنيا؛
- زيادة درجة الحرارة ستقود إلى تبخر حصة من الماء التي تسقط على سطح الأرض. ويرجح بأن الأقاليم التي تسجل هطولات مرتفعة، ستتمكن من تعويض المياه الضائعة الناتجة عن التبخر. لكن العكس بالنسبة للأقاليم التي تعرف ثبات في كمية الهطولات أو انخفاضها؛

ويتمثل الأثر المزدوج لانخفاض الأمطار وزيادة التبخر في انخفاض رطوبة التربة المتوفرة لنمو الزراعات لكن أيضا تخفيض الجريان في الأقاليم التي تشهد سقوطا ضعيفا جدا للأمطار. كما سيشهد جريان الأنهار تغيرا محسوسا (هذا الجريان الذي يكون الجزء الرئيسي للماء المتوفر للاستهلاك البشري)؛

- العديد من الأقاليم شبه الجافة (الحوض المتوسطي، غرب الولايات المتحدة الأمريكية، جنوب أفريقيا، شمال-شرق البرازيل وبعض أجزاء أستراليا)، ستعرف انخفاضا مهما في مواردها المائية. وهذه التغيرات، ستتركز أساسا في الدول التي تنطوي على مداخيل ضعيفة أين الهطولات وجريان الأنهار يتركز خلال بعض أشهر السنة؛
- ازدياد الضغط المائي في الأحواض الهيدروغرافية التي تشهد نموا سكانيا مرتفعا بالتوازي مع تغير المناخ. والذي يتوقع أن يصل عدد السكان الذين يقطنون أحواض هيدروغرافية إلى (05) مليار نسمة بحلول سنة 2050 (مقابل عدد لم يتجاوز(1.5) مليار نسمة سنة 1995)؛
- إعادة تعبئة الطبقات الجوفية العميقة سوف ينخفض بشكل معتبر في بعض الأقاليم التي تعرضت أصلا لضغط مائي، وحساسيتها ستقوى نتيجة نمو السكان وارتفاع الطلب على المياه؛
- من المرجح حدوث تفاوت متزايد في الهطول القاري، وأن تصبح المناطق الرطبة أكثر رطوبة والمناطق الجافة أكثر جفافا. ويحتمل على نحو كبير تزايد كمية الهطول في مناطق خطوط العرض العالية، بينما يزداد احتمال تناقصها في غالبية مناطق الأراضي شبه الاستوائية. ومن المحتمل جدا، أن تستمر أحداث موجات الحر والهطول الشديد لتصبح أكثر تكرارا. ولقد تزايد تكرار الهطول الشديد فوق معظم مناطق الأرض متوافقا مع الإحترار والزيادات المرصودة لبخار ماء الغلاف الجوي.

ثانيا: الاستنزاف الجائر للمياه الجوفية

تعد المياه الجوفية المصدر المائي الأول لدول عدة عبر أرجاء العالم، ويحوي باطن الأرض كميات هائلة من المياه الجوفية بنوعيها المتجددة وغير المتجددة. ويعتمد جزء كبير من السكان على المياه الجوفية في تلبية احتياجاتهم من

[1].Tom Tientenberg et Lynne Lewis, op.cit, pp: 215-217.

مياه الشرب فضلا عن ذلك أصبحت الزراعة المستهلك الرئيسي لهذا النوع من المياه التي باتت مهددة أكثر من أي وقت مضى بسبب السحب الجائر لها بمعدلات تفوق معدلات تجددها.

1) يشير جرد عالمي لاستخدام المياه الجوفية في الزراعة الحراجية أجرته الفاو(2010)، أن قرابة (40%) من المساحة المروية على مستوى العالم تعتمد على المياه الجوفية كما تعتمد المناطق الأساسية لإنتاج الأغذية عليها؛ أما المناطق المتأثرة، فتضم بعضا من المناطق الأساسية المنتجة للحبوب من قبل البنجاب وسهل شمال الصين.

ويعتمد أربعة من أكبر منتجي الأغذية في العالم على المياه الجوفية لري ثلث المساحة المروية لديهم، وهذا ينسحب على الهند (64%) والولايات المتحدة الأمريكية (59%) لري ثلثي المساحة المروية فيهما.[1]

الجدول رقم (13.1): البلدان الأساسية في إنتاج الأغذية اعتمادا على المياه الجوفية

البلد	المساحة المجهزة بوسائل الري (هكتار)	المساحة المروية بالمياه الجوفية (هكتار)	المساحة المروية بالمياه السطحية (هكتار)	الاعتماد على المياه الجوفية (%من المساحة المجهزة بوسائل الري)
البرازيل	3,149,217	591,439	2,557,778	19
الصين	62,392,392	18,794,951	43,597,440	30
مصر	3,422,178	331,927	3 090 251	10
الهند	61,907,846	39,425,869	22,481,977	64
باكستان	16,725,843	5 172 552	11 553 291	31
تايلاند	5,279,860	481,063	4,798,797	09
الولايات المتحدة الأمريكية	27,913,872	16,576,243	11,337,629	59

المصدر: منظمة الأمم المتحدة للتغذية والزراعة (الفاو)، **حالة الموارد من الأراضي والمياه في العالم للأغذية والزراعة(إدارة النظم المعرضة للخطر)**، Earth Scan، ايطاليا، 2013، ص:120.

من خلال قراءة معطيات الجدول، نجمل الملاحظات التالية:

- تحتل الصين، الهند، الولايات المتحدة الأمريكية وباكستان المراتب الأولى على المستوى العالمي في مجال المساحة المجهزة بوسائل الري؛ وتأتي الصين في مقدمة هذه الدول بما يعادل (62,392,392) هكتار؛
- تعتمد الهند والولايات المتحدة الأمريكية في الري على المياه الجوفية بدرجة أكبر مقارنة بالمياه السطحية حيث تصل النسبة إلى (64%) و(59%)على التوالي. مقابل ذلك، تسجل الصين وباكستان (30%) و(31%) على التوالي؛
- تعتمد تايلند، مصر، البرازيل بنسبة كبيرة على المياه السطحية في الري الزراعي بما يعادل (91%)، (90%) و(71%) على التوالي.

وتشير التقديرات، إلى أن العقود المقبلة ستشهد تحولا كبيرا لدى عدة دول نحو استخدام المياه الجوفية بشكل أكبر مما هو عليه الآن (الصين ومصر) في ظل التحديات التي تواجه مواردها المائية السطحية مع تراجع كمية الهطول على منابع نهر النيل بالنسبة لمصر.

[1]. نفس المرجع، ص:120.

وإذا أخذنا حقيقة أن التركز السكاني سيكون في الصين والهند، فهذا يعطي رؤية أخرى حول زيادة الاستخدام والاعتماد على المياه الجوفية في الزراعة إلى جانب المشكلة التي تثار حول نهر السند بين الهند وباكستان. وهذا ما يطرح قضية أخرى بخصوص الوضع الذي ستؤول إليه الخريطة المائية بشكل عام في شبه القارة الهندية.

2) يتجلى استنفاذ المياه الجوفية الشديد المرتبط غالبا بدعم الوقود على نطاقات مستودعات المياه الأرضية أو الأحواض في كافة الأقاليم. ويمكن أن يتسبب سحب المياه الجوفية المفرط، وما يصاحبه من انخفاض في مستويات المياه وصرفها في آثار خطيرة على الإنسان والنظام الايكولوجي التي يجب مقارنتها بالفوائد الاجتماعية والاقتصادية المتوقعة.[1]

الجدول رقم (14.1): آثار السحب المفرط للمياه الجوفية

عواقب السحب المفرط		العوامل المؤثرة على قابلية التأثر
تعارض قابل للانعكاس	1) زيادة روافع الضخ والتكلفة؛ 2) انخفاض حصيلة ثقب الحفر؛ 3) انخفاض تدفق النبع وتدفق قاع النهر .	1) خصائص استجابة مستودع المياه الأرضي؛ 2) انخفاض مستوى المياه دون الأفق المنتج؛ 4) خصائص خزن المستودع الأرضي المائي.
يمكن عكسها/ لايمكن عكسها	1) ضغط نبات المياه الجوفية عميق الجذور؛ 2) دخول المياه الملوثة (من مستودع مائي ارضي مرتفع المستوى أو نهر).	1) عمق مستوى المياه الجوفية؛ 2) قرب المياه الملوثة.
تدهور غير قابل للعكس	1) اقتحام المياه المالحة؛ 2) انضغاط مستودع المياه الأرضي وانخفاض الانتقالية؛ 3) هبوط الأرض والآثار المرتبطة.	1) قرب المياه المالحة؛ 2) قابلية انضغاط مستودع المياه الأرضي؛ 3) قابلية الانضغاط الرأسي لطبقات مستودع المياه الأرضي غير المنفذة الفوقية و/أو المتعاقبة بين الطبقات.

المصدر: برنامج الأمم المتحدة للبيئة، **توقعات البيئة العالمية(GEO4) البيئة من أجل التنمية**، تقرير توقعات البيئة العالمية، العدد الرابع، كينيا، 2007، ص:131.

من خلال قراءة معطيات الجدول، نلاحظ:

1) تعدد العواقب الناتجة عن السحب المفرط للمياه الجوفية، وخاصة ما ارتبط بتلوث المياه وتداخلها مع مياه مالحة إلى جانب ارتفاع تكاليف الضخ وانخفاض تدفق النبع وتدفق قاع النهر؛

2) تنوع العوامل المؤثرة في قابلية تحقيق هذه الآثار على غرار عمق مستوى المياه الجوفية، خصائص خزن المستودع الأرضي المائي...الخ.

ثالثا: تلوث المياه

يعد تلوث المياه من أخطر أنواع التلوث البيئي في العالم لأنه يعمل على إخراج كميات كبيرة من المياه عن حيز الاستخدام، ويسبب أضرار بالغة للوسط الطبيعي والحياة بشكل عام[2]. وهو مهدد رئيسي للمياه العذبة، وأحد المحددات الإستراتيجية لوفرة الماء على المستوى العالمي. وصار واضحا للقائمين على شؤون القطاع المائي في العديد

[1].منظمة الأمم المتحدة للتغذية والزراعة (الفاو)، مرجع سبق ذكره، ص:120.

[2].عبد القادر رزيق المخادمي، **التلوث البيئي– مخاطر الحاضر وتحديات المستقبل–**، الطبعة الثانية، ديوان المطبوعات الجامعية، الجزائر، 2006، ص:67.

من الدول، أن قضية ندرة المياه العذبة ليست فقط في الكمية وتراجع مناسيب المياه الجوفية بل هي مرتبطة أيضا بتراجع نوعية المياه في حد ذاتها.

1) **الملوثات الميكروبية وأحمال المغذيات المفرطة**[1]: وتنتج أساسا عن عدم كفاية مرافق الصرف الصحي، والتخلص من هذه المياه دون مراعاة للضوابط الصحية والبيئية إلى جانب روث الحيوان.

وتقدر التكلفة الاقتصادية للآثار الصحية لتلوث مياه الصرف الصحي على المياه الساحلية بـ (12) مليار دولار أمريكي في السنة. وفي ثمانية أقاليم على الأقل ضمن برنامج البحار الإقليمية لبرنامج الأمم المتحدة للبيئة، هناك ما يزيد عن (50%) من مياه الصرف الصحي التي تصرف في المياه العذبة والمناطق الساحلية تكون غير معالجة.

وترتفع هذه النسبة إلى أكثر من (80%) في خمسة من تلك الأقاليم. وفي بعض البلدان النامية يتم تجميع (10%) من مياه الصرف الصحي المنزلية وإعادة تدويرها، ونحو (10%) فقط من محطات معالجة مياه الصرف الصحي تعمل بكفاءة.

2) **التركيزات العالية للمغذيات (في المقام الأول الفسفور والنتروجين)**: التي تسبب النمو المفرط للطحالب الضارة، وتؤثر على استخدام الإنسان للمياه على نحو كبير. وتأتي الأحمال الفسفورية والنتروجينية المتزايدة إلى مياه السطح والمياه الجوفية من الصرف السطحي الزراعي ومياه الصرف الصحي المنزلية والنفايات السائلة الصناعية ومدخلات الغلاف الجوي (حرق الوقود الأحفوري وحرائق الأشجار والغبار الذي تسوقه الرياح)؛ فهي تؤثر على أنظمة المياه الداخلية أو في اتجاه مجرى النهر(بما في ذلك مصب النهر) حول العالم.

وتوحي الزيادات المخططة في استخدام السماد لإنتاج الغذاء وفي نفايات مياه الصرف خلال العقود الثلاثة المقبلة بأنه ستكون هناك زيادة عالمية تتراوح من (10%) إلى (20%) في تدفقات نتروجين الأنهار إلى الأنظمة الايكولوجية الساحلية.[2]

3) **الملوثات العضوية الدائمة**: هي مواد كيميائية عضوية اصطناعية لها آثار واسعة النطاق على الإنسان والبيئة. المواد الكيميائية الموجودة في مبيدات الآفات يمكنها أيضا أن تلوث مياه الشرب من خلال الصرف الزراعي. كما أن هناك قلق متزايد بشأن الآثار المحتملة على الأنظمة البيئية المائية من استخدام منتجات العناية الشخصية والمستحضرات الدوائية، مثل: مخلفات وسائل تحديد النسل، والمسكنات والمضادات الحيوية...الخ.

على الرغم من الجهود الدولية، تستمر مشكلات النفايات الصلبة والفضلات المبعثرة في الازدياد سواء في أنظمة المياه العذبة والأنظمة البحرية على حد سواء كنتيجة للتخلص غير الصحيح من المواد غير المتحللة أو بطيئة التحلل من المصادر الأرضية والبحرية.[3]

---

[1]. برنامج الأمم المتحدة للبيئة، مرجع سبق ذكره، ص:131.

[2]. نفس المرجع، ص:135.

[3]. نفس المرجع، ص:135.

2.2.1.1. الطلب المائي العالمي

ازداد الطلب على موارد المياه العذبة في العقود الأخيرة بصورة غير طبيعية خاصة مع السعي الحثيث نحو تحقيق أهداف الألفية الإنمائية. لكن ربما الزيادة الكبيرة في السكان، والتركز الحضري (في المدن) وما يتبعها من تزايد الطلب على الغذاء هو الذي دفع بالمنحى التصاعدي لمعدل الطلب المائي الذي مافتئ يرتفع وسيظل كذلك لعقود طويلة.

أولا: التزايد السكاني

تشير التقديرات الصادرة عن صندوق الأمم المتحدة للسكان، أن عدد السكان ينمو بوتيرة متسارعة وخاصة في الدول النامية التي ستضم أكثر من ثلثي سكان العالم:[1]

1) بدأ التزايد السريع في تعداد سكان العالم سنة 1950، حيث طرأت حالات انخفاض على معدلات الوفيات في المناطق الأقل نموا مما انجر عنه ارتفاع عدد السكان ليصل إلى (6.1) مليار نسمة قبل نهاية القرن العشرين. ومع انخفاض معدلات الخصوبة في معظم أرجاء العالم، فإن معدل النمو السكاني العالمي أخذ في التناقص منذ وصوله إلى ذروته البالغة (02%) في الفترة الممتدة بين (1965- 1970)؛

2) أفاد تقرير أعدته الأمم المتحدة أن عدد سكان العالم بلغ (07) مليار نسمة سنة 2012، وأنه سيتجاوز (09) مليار نسمة بحلول سنة 2050. وبحسب التقرير الذي وضعته الأمم المتحدة سنة 2008، فإن نسبة السكان ستميل إلى التراجع إلى (1.15) مليار نسمة بين 2009 و2050 دون الأخذ في الاعتبار الهجرة من الدول النامية التي ستقدر بـ (2.4) مليون نسمة سنويا.

في حين، سيقيم العدد الأكبر من السكان الجدد في الدول النامية التي تجاوز عدد سكانها (5.6) مليار نسمة سنة 2009، مقابل (7.9) مليار نسمة ستكون سنة 2050. وستكون الزيادة بمقدار (1.2) مليار إضافي للأعمار التي تتراوح بين (15-59) سنة مقابل (1.1) مليار نسمة للأعمار التي تزيد عن السنتين.

الجدول رقم (15.1): توقع التوزيع السكاني لسنوات مختارة (2015– 2030)

	معدل النمو السكاني (%)			إسقاطات السكان (بالمليون)			
	2015-2020	2020-2025	2025-2030	2015	2020	2025	2030
أفريقيا	2.36	2.24	2.15	1,166,239	1,312,142	1,467,973	1,634,366
آسيا	0.88	0.72	0.57	4,384,844	4,581,523	4,748,915	4,886,846
أوروبا	0.01	0.07-	0.13-	743,123	743,569	741,020	736,364
أمريكا اللاتينية والكاريبيب	0.98	0.86	0.73	630,089	661,724	690,833	716,671

[1]. كمال بوعظم، آمال ينون، **انعكاسات تضخم أسعار الغذاء العالمية على السوق المحلي للمواد الغذائية في الاقتصاد الجزائري– حالة السوق المحلي للحبوب –**، ورقة بحثية مقدمة ضمن فعاليات المؤتمر:"التضخم في الجزائر- الأسباب،الآثار والعلاج على ضوء الاقتصاديات المحلية والعالمية الراهنة يومي10/09أكتوبر2013،كلية العلوم الاقتصادية، التجارية وعلوم التسيير، جامعة جيجل، الجزائر، 2013، ص:04.

أمريكا الشمالية	0.79	0.74	0.68	361,128	375,724	389,939	403,373
المحيط الهادي	1.33	1.23	1.12	39,359	42,066	44,734	47,317
العالم	**1.04**	**0.93**	**0.83**	**7,324,782**	**7,716,749**	**8,083,413**	**8,424,937**

Source:United Nations Educational, Scientific and Cultural organization and World Assessment Programme, **Water and Energy**, The United Nations World Water Development Report, USA , 2014, p:176.

من خلال قراءة معطيات الجدول، نلاحظ:

1) سيتراجع معدل النمو السكاني لجميع أقاليم العالم خلال السنوات المتوقع لها إلى غاية 2030، وستسجل أوروبا معدل نمو سلبي في دلالة أنها ستشهد تراجعا كبيرا في نمو السكان. وستحتفظ أفريقيا بمعدل مرتفع مقارنة بباقي الأقاليم (02%). وستسجل الفترة (2015-2020) أعلى معدل نمو بالنسبة لجميع الأقاليم. في حين، ستشهد الفترة (2025-2030) أضعف معدل نمو سكاني متوقع؛

2) سيحافظ إقليم آسيا على أعلى تجمع سكاني في العالم بأكثر من (04) مليار نسمة بحلول سنة 2030، يليه إقليم أفريقيا بأكثر من مليار نسمة. وهذا يطرح العديد من القضايا بخصوص تركز السكان في العالم النامي.

الجدول رقم (16.1): بصمة الماء للفرد في دول مختارة (الوحدة: م^3/اليوم)

الدولة	بصمة الماء
1) الصين	700
2) الهند	950
3) اليابان	1,150
4) باكستان	1,220
المستوى العالمي	**2,150**
1) أندونيسيا	1,300
2) البرازيل	1,350
3) المكسيك	1,400
4) روسيا	1,800
5) نيجيريا	2,000
6) تايلاند	2,200
7) ايطاليا	2,300
8) الولايات المتحدة الأمريكية	2,500

المصدر: فؤاد قاسم الأمير، **الموازنة المائية في العراق وأزمة المياه في العالم**، دار الغد، العراق، 2010، ص:184.

من خلال قراءة معطيات الجدول، يلاحظ أن الولايات المتحدة الأمريكية تسجل أعلى بصمة مائية للفرد (2,500) م^3/اليوم تليها كل من ايطاليا، تايلاند ونيجيريا بما يعادل (2,300) م^3/اليوم، (2,200) م^3/اليوم و(2,000) م^3/اليوم على التوالي. فيما تسجل الصين، أخفض بصمة مائية للفرد (700) م^3/اليوم تليها الهند (950) م^3/اليوم. ويرجع ذلك إلى عدد السكان المرتفع في كلا البلدين، والذي يتجاوز المليار نسمة لكل منهما.

ويشير مصطلح البصمة المائية إلى مقدار الموارد المائية التي تستخدم في الإنتاج أو الاستهلاك.[1]

ثانيا: التركز الحضري (نمو المدن)[2]

يتحول العالم اليوم إلى مدينة كبيرة، تكاد تتماهى فيها تفاصيل الريف التي لطالما احتوت وجود الإنسان وبددت مخاوفه بشأن المستقبل في ظل وفرة موارد الزراعة.

1) حسب صندوق الأمم المتحدة للسكان، وفي أخر تقرير له وصل عدد السكان الذين يقطنون المدن إلى نصف سكان العالم. ويتوقع أن يزداد معدل النمو إلى غاية سنة 2050 ليصل إلى (2.6) مليار نسمة، مقابل زيادة سكانية تصل إلى (2.3) مليار نسمة. ويتبع ذلك، تراجع سكان الريف بشكل كبير؛

ما يلاحظ على هذه الزيادة، أنها سوف تتركز في الدول النامية تحديدا. مقابل ذلك، ستظل الدول المتقدمة محافظة على تعدادها السكاني (أو معدل نمو ثابت).

2) قدرت الإحصائيات أنه خلال الفترة (2010-2015)، كان هناك أكثر من (200,000) نسمة يضافون إلى المدن. كل هذا التركز الحضري، خلق ضغطا كبيرا على مورد المياه، وأدى إلى زيادة الطلب في ظل عجز الشبكات الوطنية للعديد من الدول (تحديدا النامية) عن تغطية ذلك خاصة مع تقادمها، واختلاطها بقنوات الصرف الصحي. وهذا ما بدا واضحا، بأن مورد المياه في المدن يخضع لضغط الكمية وضغط النوعية.

الجدول رقم (17.1): توقعات السكان الحضريين لسنوات مختلفة

	السكان الحضريين (%)			
	2015	2020	2025	2030
أفريقيا	41.1	43.2	45.3	47.7
آسيا	47.6	50.5	53.1	55.5
أوروبا	73.8	74.9	76.1	77.4
أمريكا اللاتينية والكاريبي	80.2	81.5	82.5	83.4
أمريكا الشمالية	83.1	84.1	85.0	85.8
المحيط الهادي	70.8	70.9	71.1	71.4
العالم	**53.9**	**56.0**	**58.0**	**59.9**

Source: United Nations Educational, Scientific and Cultural organization and World Assessment Programme, **Water and Energy**, The United Nations world water development report, USA , 2014, p:176.

من خلال قراءة معطيات الجدول، نلاحظ:

1) نسبة السكان الذين سيقطنون المدن في العقود المقبلة سوف تنمو بوتيرة تصاعدية في جميع أقاليم العالم. وخلال سنة (2015)، كانت التوقعات تشير إلى أن أربعة أقاليم (أوروبا، أمريكا اللاتينية والكاريبي، أمريكا

[1] آمال ينون، **تجارة المياه الافتراضية:بديل تنموي للتعاون الدولي من أجل مواجهة ندرة المياه وتحقيق الأمن الغذائي– حالة الدول العربية–**، المجلة الدولية للتخطيط والتهيئة العمرانية والتنمية المستدامة، العدد1، المجلد2، بريطانيا، 2014، ص:37.

[2] Bhushan Tuladhar et al,**Cities**, United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization and World Assessment Programme, Water and Energy, The United Nations world water development report, USA ,2014, p:02.

الشمالية والمحيط الهادي) تحصي نسبة تتجاوز (50%) من سكان المدن. مقابل ذلك، ستظل النسبة دون ذلك في أقاليم أفريقيا وآسيا وهي دون المستوى العالمي (53.9%)؛

2) ستحافظ أفريقيا على نسبة لا تتجاوز (50%) من السكان الحضريين حسب التوقعات حتى سنة 2030 بنسبة (47.7%). مقابل ذلك، سيشهد إقليمي أمريكا اللاتينية والكاريبي وأمريكا الشمالية أعلى نسبة تمركز سكاني في المدن (83.4%) و(85.8) على التوالي.

ثالثا: توفير الغذاء

يعتبر توفير الغذاء من القضايا الجوهرية لعملية التنمية في سائر الدول، وهو أحد أهداف الألفية الإنمائية التي سطرتها الأمم المتحدة للفترة الممتدة لغاية 2030. ويعد الحق في الغذاء، من بين الحقوق الإنسانية الأساسية التي كفلتها المواثيق والأعراف الدولية، والغذاء مثل الماء، هو جوهر الحياة وبه يستقيم اقتصاد أي دولة.

وتمثل التنمية الزراعية، مدخل رئيسي لتوفير الغذاء وضمان الاحتياجات الأساسية للسكان. وقد تزايد الطلب على الغذاء مع تزايد عدد السكان وتغير الأنماط الاستهلاكية التي توجهت نحو منتجات أكثر استهلاكا للمياه على غرار اللحوم. وتبرز التحديات المرتبطة بالغذاء والمياه من حيث:[1]

1) تغذية مليار من السكان والذين يعانون اليوم من الجوع، و(4/3) منهم ريفيين و(4/1) يشكلون السكان الحضريين الجدد الفقراء الناتجين عن النزوح الريفي؛

2) تغذية مليار من السكان الذين يتزايدون بما يعادل (180,000)نسمة كل يوم، والمليار الإضافي المنتظر في حدود سنة 2050 خصوصا مع تضاعف عدد سكان أفريقيا.

وبين الزراعة– المياه– الغذاء، توجد علاقة وثيقة جدا حيث تمثل المياه المحدد الرئيسي لتحقيق التنمية الزراعية ومن ثم توفير الغذاء الضروري للسكان. وقد ظهر جراء هذه العلاقة، مفهوم المياه الافتراضية كأحد البدائل الضرورية لتحقيق التوازن بين دول الوفرة المائية ودول الندرة المائية.

يعرف محتوى المنتج من "المياه الافتراضية"في الغالب بأنه:"حجم المياه المستخدمة في إنتاج ذلك المنتج مقاسا في مكان إنتاجه (أي التعريف متعلق بموقع الإنتاج)". ويمكن أيضا، تعريف محتوى المنتج من المياه الافتراضية بأنه:"حجم الماء المطلوب لإنتاج المنتج حيث يستهلك.[2]

وتكمن قوة مفهوم المياه الافتراضية في أنه يشمل إدارة المياه بأكملها في بلد أو حوض، ويتيح فهما أعمق لاستخدام المياه من خلال وصف النظام الغذائي على سبيل المثال، أو التخصيص الأمثل للمياه على نطاق واسع بين مختلف استخدامات المياه عن طريق اعتماد الوصول إلى موارد المياه الخارجية من خلال تجارة المياه الافتراضية.

---

(1). disponible sur le site:http: www.fao.org, consulté le :17/09/2015,.

(2). محمود الأشرم، **المياه الحقيقية (المفاهيم– طرق الحساب– المنافع– التجارة العالمية)**، مركز دراسات الوحدة العربية، لبنان، 2012، ص:21.

الجدول رقم (18.1): تجارة المياه الافتراضية من قبل بلدان مختارة

	إجمالي استخدام موارد المياه المحلية في القطاع الزراعي (كم^3/السنة)	توفير المياه بفعل استيراد منتجات زراعية (كم^3/السنة)	خسارة المياه بفعل تصدير منتجات زراعية (كم^3/اليوم)	صافي توفير المياه بفعل تجارة المنتجات الزراعية (كم^3/اليوم)	نسبة صافي توفير المياه إلى استخدام المياه المحلية
إيطاليا	60	87	28	59	0.98
الجزائر	23	46	0.5	45	1.96
الصين	غير محدد	79	23	56	0.08
المغرب	37	29	1.6	27	0.73
المكسيك	94	83	18	65	0.69
اليابان	21	96	1.9	94	4.48

المصدر: منظمة الأمم المتحدة للتغذية والزراعة (الفاو)، **حالة الموارد من الأراضي والمياه في العالم للأغذية والزراعة(إدارة النظم المعرضة للخطر)**، Earth Scan، ايطاليا، 2013، ص:207.

من خلال قراءة معطيات الجدول، نلاحظ:

1) ارتفاع إجمالي استخدام الموارد المائية المحلية في ايطاليا والمكسيك بما يعادل (60كم^3) و (94كم^3) على التوالي. مقابل انخفاض نسبي لكل من الجزائر، المغرب واليابان بما يعادل (23كم^3)، (37كم^3) و (21كم^3) على التوالي؛

2) اعتماد ايطاليا، المكسيك واليابان على تجارة المياه الافتراضية بدرجة كبيرة مما أدى إلى توفير المياه الداخلية بما يعادل (87كم^3)، (83كم^3) و (96كم^3) على التوالي.

تظهر تجارة المياه الافتراضية، جانبين مهمين فيما يرتبط بالغذاء والمياه خاصة مع ما تظهره التوقعات من تركز العدد السكاني الأكبر في الدول النامية:

- **الجانب الأول**، يرتبط بالصادرات من المنتجات الزراعية (الصادرات المائية)؛ وهذه تتيح لدول الندرة المائية ميزة الاستفادة وتغطية عجزها خاصة ما تعلق بالمنتجات الرئيسية ذات الاستهلاك الواسع للمياه (الحبوب)؛
- **الجانب الثاني**، يرتبط بالواردات من المنتجات الزراعية (الواردات المائية)؛ وهذه تسهم في تحقيق وفورات مائية لدول الندرة، وتسهم في توفير الغذاء لها لكنها تحملها تكاليف مرتفعة باستيراد الغذاء. مقابل استفادة الدول المصدرة.

وإذا كان العديد من الدول يعول على تجارة المياه الافتراضية كأداة لتوفير الغذاء وتحقيق الأمن المائي، فإنها تعد بمثابة خيار محفوف بالمخاطر بالنسبة لدول العجز المائي والغذائي. وسيكون عليها أن تقدم فواتير غالية جراء ذلك ما لم تتخذ الإجراءات اللازمة والضرورية.

3.2.1.1. المياه المشتركة (المياه العابرة للحدود)

عمليا، تشكل المياه هاجسا رئيسيا للمجموعة الدولية إذ من المتوقع أن تنشب صراعات سياسية واجتماعية حادة على هذا المورد النادر في أرجاء مختلفة من العالم. إن ميزان القوى، هو المحدد لحصص دول المنبع والمصب معا ما يصعب فض التنازعية المائية وفقا لقواعد القانون الدولي وأعرافه.[1]

يعيش حوالي (40%) من سكان العالم في أحواض الأنهر والبحيرات المشتركة بين بلدين اثنين أو أكثر. وتتوزع الأحواض العابرة للحدود في العالم، والبالغ عددها (263) حوضا على (145) بلدا. وتغطي نصف مساحة الأرض تقريبا كما تتحرك خزانات كبرى من المياه العذبة بصمت تحت الحدود عبر الطبقات الحاملة للمياه، وقد تم تحديد أكثر من (270) طبقة حاملة للمياه العابرة للحدود.[2]

وقد اعتبرت لجنة الأمم المتحدة للحقوق الاقتصادية والاجتماعية والثقافية في نوفمبر2002، أن الحق في المياه يتضمن حماية الأشياء التي يمكن الاستغناء عنها لبقاء السكان المدنيين على قيد الحياة بما في ذلك المنشآت والإمدادات وأعمال الري وحماية البيئة الطبيعية من الأضرار وضمان حصول المدنيين والمعتقلين والسجناء على الماء الكافي.[3]

أولا: مفهوم العدالة المائية

إن تعريف العدالة المائية يستند **أولا**، إلى الآليات الملائمة للاستفادة بإنصاف من المياه العابرة للحدود، و**ثانيا**، عدم إخضاع المياه لآليات العرض والطلب لأن الموارد المائية في الأساس هي موارد اجتماعية وجماعية لايمكن التفرد بها، و**ثالثا**، مراعاة القواعد والإنصاف بين جميع المنتفعين للموازنة بين المصالح المتناقضة، و**رابعا**، أن تتضمن العدالة المائية التضامن بين الأجيال الحالية والمستقبلية لضمان الانتقال المستدام للموارد البيئية مابين الأجيال تطبيقا لمفهومي التنمية المستدامة والمصالح الاجتماعية، و**خامسا**، اعتبار المياه عنصرا أساسيا للبقاء على قيد الحياة.[4]

---

[1]. الحسين شكراني، **العدالة المائية من المنظور القانوني الدولي**، العدد الثاني، مجلة رؤى إستراتيجية، مركز الإمارات للدراسات والبحوث الإستراتيجية، الإمارات، 2013، ص:78.

[2].الأمم المتحدة، **اقتسام المياه...اقتسام الفرص (مياه عابرة للحدود)**، اليوم العالمي للمياه2009، تاريخ التصفح:2015/12/12، متوفر على الرابط: www.unwater.org

[3].Malcolm Langfood, **The United Nations concept of water as a human right: A new paradigm for old problems**, Water resources development, vol21, n°2, 2005, p: 273.

[4]. الحسين شكراني، مرجع سبق ذكره، ص:78.

الجدول رقم(19.1): أحواض الأنهر الرئيسية العابرة للحدود

نهر الدانوب (2,850كلم)	نهر الميكونغ (4,350كلم)	نهر الكونغو (4,700كلم)	نهر الأمازون (6,400كلم)	نهر النيل (6,800كلم)
ألمانيا – النمسا	لاو	زامبيا	البرازيل	بورندي
سلوفاكيا – هنغاريا	تايلاند	تنزانيا	بيرو	رواندا
كرواتيا – صربيا	الصين	بورندي	بوليفيا	تنزانيا
رومانيا – بلغاريا	كمبوديا	جمهورية إفريقيا الوسطى	كولومبيا	أوغندا
مولدوفا – أوكرانيا	فيتنام	الكاميرون	إكوادور	كينيا
ايطاليا – بولندا	ميانمار	أنغولا	فنزويلا	الكونغو الديمقراطية
سويسرا – التشيك		جمهورية الكونغو الديمقراطية	غيانا	إثيوبيا
سلوفينيا		الكونغو		إريتريا
البوسنة والهرسك				السودان
الجبل الأسود				جنوب السودان
جمهورية مقدونيا				مصر
ألبانيا				

المصدر: الأمم المتحدة، **اقتسام المياه...اقتسام الفرص (مياه عابرة للحدود)**، اليوم العالمي للمياه2009، ص:02، تاريخ التصفح:2015/12/12، متوفر على الرابط: www.unwater.org.

من خلال قراءة معطيات الجدول، نلاحظ أن نهر الدانوب هو الذي يحوي أكثر عدد من الدول التي تتشارك مياهه. مقابل ذلك، نجد أن نهر النيل لا يضم إلا (11) دولة، لكن دولتين منه (مصر والسودان بما فيها جنوب السودان) تعد مياه النيل المصدر الرئيسي لمياهها. في حين، بالنسبة لنهر الكونغو، نجد أن بعض دوله تتشارك أيضا مياه النيل (بورندي، تنزانيا والكونغو)، وبالتالي فهي لديها وفرة مائية. ويبقى حوض الأمازون، الحوض الذي يأوي عدد كبير من السكان في حين تعد الدول التي تتشارك مياهه على غرار البرازيل دولة غنية مائيا على المستوى العالمي.

وهناك من المياه العذبة ما يكفي لتلبية احتياجات الجميع إلا أن إمدادات المياه العذبة في العالم لا توزع بالتساوي، وغالبا ما لا تتم إدارتها على نحو سليم. وستعاني العديد من الدول في المستقبل من اقتسام المياه المشتركة خاصة تلك التي تمثل مياه الأنهار بالنسبة لها المصدر الرئيسي لمواردها المائية العذبة.

ثانيا: اتفاقية قانون استخدام المجاري المائية الدولية في الأغراض غير الملاحية (1997)

تضمنت الاتفاقية مبادئ مهمة عن العدالة والإنصاف والاستعمال المنصف والمعقول للمياه، إذ تحدث الباب الثاني من الاتفاقية عن المبادئ العامة، وخصصت المادة الخامسة منه للإنصاف والاستعمال المعقول والمشاركة.

1) تنتفع دول المجرى المائي كل في إقليمها بالمجرى المائي الدولي بطريقة منصفة ومعقولة. وتستعمل هذه الدول المجرى المائي الدولي وتنميه بغرض الانتفاع الأمثل والمستدام والحصول على منافعه، والأخذ في الاعتبار، مصالح دول المجرى المائي على نحو ينسجم مع حماية المجرى المائي بطرق ملائمة؛

2) تشارك دول المجرى المائي في استعمال المجرى المائي الدولي، وتنميته وحمايته بطريقة منصفة ومعقولة. وتشمل هذه المشاركة حق استعمال المجرى المائي، وواجب التعاون في حمايته وتنميته طبقا لنصوص هذه الاتفاقية.

وتحدثت المادة السادسة من الاتفاقية المذكورة عن العوامل ذات الارتباط بالاستعمال المنصف والمعقول:[1]

1) يتطلب الانتفاع بمجرى مائي دولي بطريقة منصفة ومعقولة تطبيقا لمقتضيات المادة الخامسة والمشار إليها سابقا، أخذ جميع العوامل والظروف ذات الصلة في الاعتبار لاسيما:

- العوامل الجغرافية والهيدروغرافية والمناخية والايكولوجية، والعوامل الأخرى ذات الخاصية الطبيعية؛
- الحاجات الاجتماعية والاقتصادية للمجرى المائي؛
- السكان الذين يعتمدون على المجرى المائي في كل من دول المجرى المائي؛
- تأثير استخدامات المجرى المائي في إحدى دول المجرى المائي على غيرها من دول المجرى؛
- الاستخدامات الحالية والمحتملة للمجرى المائي؛
- صيانة الموارد المائية للمجرى المائي وحمايتها وتنميتها، والاقتصاد في استخدامها وتكاليف التدابير المتخذة في هذا الصدد؛
- مدى توافر البدائل ذات القيمة المقارنة لاستخدام معين مزمع أو قائم.

2) عند تطبيق المادة الخامسة أو الفقرة الأولى من هذه المادة، تجري دول المجرى المائي إذا ما دعت الحاجة مشاورات بروح التعاون؛

3) تحدد قيمة كل عامل من العوامل وفقا لأهميته مقارنة بالعوامل الأخرى ذات الصلة؛ ولتحديد ماهية الانتفاع المنصف والمعقول، يجب الأخذ في الاعتبار جميع العوامل ذات الصلة معا.

الجدول رقم (20.1): مستويات السياسات العامة المائية تبعا للتنمية المستدامة

1) الاستهلاك من المياه	البعد الاجتماعي
على المستوى الدولي	الإنصاف والعدالة
2) التحكم في المياه	البعد الاقتصادي
المستوى الدولي	الحاجة إلى نظام اقتصادي مفتوح
3) حماية المياه	البعد البيئي
المستوى الدولي	إدماج البعد البيئي
4) تطوير المياه	البعدان الاجتماعي والاقتصادي
المستوى الدولي	المسؤولية المشتركة لكن المتباينة
5) دعم الحياة بواسطة المياه	البعدان الاجتماعي والبيئي
المستوى الدولي	العدالة البيئية
6) الاستعمال المستدام للمياه	البعدان الاقتصادي والبيئي
المستوى الدولي	التراث المشترك للإنسانية
7) الاستعمال المستدام للمياه	الأبعاد الاجتماعية والاقتصادية والبيئية
المستوى الدولي	الاستعمال العاقل والمعقول

Source: Antoinette Hildering, **International law: Sustainable development and water management**, Eburon academic publishers, Netherlands, 2006, pp: 172-175.

[1]. نفس المرجع، ص:81.

من خلال قراءة الجدول، تتبين الجوانب التالية:[1]

1) بالنسبة للبعد الاجتماعي، تبنى الاستفادة من المياه على أساس العدالة والإنصاف. ويتحدد عبر الإنصاف داخل الجيل نفسه من جهة، ومابين الأجيال من جهة أخرى؛ فعلى كل جيل أن يحفظ الموارد العالمية والبيئية للجيل القادم، ولكل جيل الحق في تسلم الكون في الحالة التي تسلمها الجيل الذي سبقه، والإمكانات نفسها والتنوع نفسه والخصائص نفسها؛ فحقوق الجيل الحالي وواجباته ليست متبادلة لكنها انتقالية والجيل الحالي يستفيد من جهود الجيل السابق، ويجب عليه أن يسلم الخدمات ذاتها إلى الجيل القادم، فالأمر يتعلق بشراكة عبر الأجيال؛

2) يعتبر الفكر الاقتصادي الليبرالي أن المياه مورد اقتصادي بامتياز. وللتحكم فيه، يجب إخضاعه لعملية التسعير بناء على قوانين السوق (العرض والطلب). ومن الناحية العملية، أثبت الفقه محدودية هذه المقاربة؛ لأن المياه مورد اجتماعي بامتياز لا يخضع لقوانين السوق؛

3) إدماج البعد البيئي كأساس لحماية المياه على المستوى الدولي. ومحليا، يتم الاعتماد على اعتبارات واجب حماية المياه بينما يتم التركيز وطنيا على حماية البيئة عند الحديث عن الركن البيئي. لكن يلاحظ، أن إدماج البعد البيئي في السياسات العامة يجب أن يكون محليا، وطنيا ودوليا؛

4) يعتبر مفهوم المسؤولية المشتركة لكن المتباينة على الصعيد الدولي جزء لا يتجزأ من البعدين الاجتماعي والبيئي؛ وسبب اعتماد هذا المفهوم، هو متطلبات العدالة الاجتماعية أما وسائل تحقيق ذلك فتتم عن طريق التجارة العادلة. وعلى المستويات كلها، يتم الحديث عن الحق في التنمية؛ أما على الصعيد الوطني، فيتحدث عن حق تقرير المصير. ويمكن إضافة، أن العديد من الدراسات تحذر من التدخل الأخضر لحماية الموارد الطبيعية في البلدان النامية؛

5) على المستوى المحلي، يتم الاستناد إلى الحق في بيئة صحية ونظيفة. وعلى المستوى الوطني، يعتمد على مبدأ الوقاية من الأزمات الايكولوجية؛ أما على المستوى الدولي، فنتحدث عن العدالة البيئية في أثناء مناقشة البعدين الاجتماعي والبيئي لتعزيز فرص الحياة بواسطة الحفاظ على المياه؛

6) إن استعمال المياه بطرق مستدامة يتطلب محليا تطبيق مبدأ"الملوث والمستعمل يدفعان الثمن"، وتطبيق مبدأ عدم الإضرار بالغير على الصعيد الوطني. وعلى الصعيد الدولي، ينظر إلى الاستعمال المستدام للمياه (بناء على البعدين الاقتصادي والبيئي) كتراث إنساني مشترك للإنسانية كما ينتمي إلى المصالح المشتركة مما يتطلب مقاربة اندماجية. والسبب في ذلك، هو وجود الاعتماد المتبادل والتفاعل بين جميع الفاعلين.

7) محليا، يتم الحديث عن حقوق الإنسان وواجباته في قضايا الاستعمال المستدام للمياه. ووطنيا، يتم الاعتماد على تعزيز السيادة الوطنية على الموارد الطبيعية والمائية فيما ينصب الاهتمام دوليا على الاستعمال المنصف والمعقول للمياه كما تقر مبادئ القانون الدولي وأعرافه.

[1]. الحسين شكراني، مرجع سبق ذكره، ص ص:89-91.

رغم الأهمية الإستراتيجية لهذه السياسات ضمن أطر التنمية المستدامة إلا أن تطبيقها عمليا صعب جدا خاصة على المستوى الدولي، أين تتداخل وتتناقض في بعض الأحيان خاصة فيما يرتبط بالمياه المشتركة التي تلعب فيها المصالح السياسية وحتى الاقتصادية دورا محوريا في بلورة أي حل لأي نزاع مائي.

ثالثا: محكمة العدل الدولية و"الأحكام المائية"

قضت محكمة العدل الدولية سنة 1989، بأن **اتفاقيات المياه**، شأنها شأن اتفاقيات الحدود، لايجوز تعديلها. وأصدرت سنة 1997، حكما بين سلوفاكيا (كبديل عن اندثار تشيكوسلوفاكيا في الحقوق والواجبات المتعلقة بمشروع غابتشيكو- ناغيماروس) والمجر (هنغاريا) بشأن هذا المشروع على نهر الدانوب.

وأكدت حينها مبدأ **توارث المعاهدات**، وأقرت صراحة في تلك القضية بالحاجة إلى التوفيق بين التنمية وحماية البيئة كما هي مبينة في مفهوم التنمية المستدامة. وأكدت المحكمة أهمية نظرية المصلحة المشتركة لحماية البيئة، ودعت الأطراف إلى تعديل الإطار/ الاتفاق لكي ينسجم مع المعايير الدولية للبيئة، وتضمن حكم المحكمة: أولا، الحق في الاقتسام العادل والمعقول للقنوات المائية. ثانيا، أهمية التعاون في استعمال الموارد المائية المشتركة.

لقد أكد حكم محكمة العدل الدولية بتاريخ 20 أبريل 2010، وهو الحكم المتعلق بتسوية النزاع بين الأرجنتين والأورغواي حول نهر أورغواي. استقرار **مبدأ التشاور والإخطار المسبق** في إقامة أي مشروع على النهر من قبل الدول التي تشترك في نهر دولي واحد. كما ركز القرار المذكور على أهمية تقييم تأثير المشروعات في النهر. وفي حالة اللزوم، تجرى المفاوضات حول الخطط الضرورية لتفادي الأضرار المحتملة للمشروعات، وحتمية المساهمة في استعمال النهر استعمالا لا عقلانيا وعلى الوجه الأفضل.

2.1. التأصيل النظري لتحلية مياه البحر

اعتبر الماء العذب فيما مضى مصدرا متوفرا في الطبيعة، يستعمل مباشرة، أو قد يحتاج إلى معالجة فيزيو كيميائية بسيطة للحصول على المواصفات المطلوبة لاستخدامه في أبعد احتمال.

وفي الوقت الحاضر، أصبح الماء العذب سلعة منتجة تتطلب التصنيع لتحقيق مواصفات محددة تعتمد على نوع الاستخدام المطلوب؛ وعليه أضحت مياه البحر مصدرا مستداما غير اعتيادي لإنتاج الماء العذب.[1]

1.2.1. تحلية المياه: تعريفها ومراحل تطورها

مثلت تحلية المياه بنوعيها (قليلة الملوحة ومياه البحر) مخرجا مهما للمأزق المائي الذي عرفته دول عديدة في العالم، وتزايد دورها بشكل كبير خاصة مع مطلع الألفية الثالثة. وقد عرفت التحلية منذ العصور القديمة، وتطورت لتصل إلى ما هي عليه الآن بعد سلسلة من المراحل التاريخية المهمة التي شهدتها ولازالت.

[1]. أندريا سيبولينا وآخرون، **تحلية مياه البحر- سيرورات الطاقة التقليدية والمتجددة-**، ترجمة:غازي درويش، الطبعة الأولى، مركز دراسات الوحدة العربية، لبنان، 2011، ص:19.

1.1.2.1. تعريف تحلية المياه

إن تحلية المياه (Desalination)، هي عبارة عن عملية لنزع الأملاح ومواد منحلة أخرى انطلاقا من المياه قليلة الملوحة (Brackish water) أو مياه البحر(Seawater).[1]

أوهي عملية فصل الماء العذب من الأملاح الذائبة في الماء المالح (سواء مياه البحر أو الآبار)، ولذا تسمى أحيانا (إعذاب الماء أو إزالة الملوحة).

وقد تكون كلمة"تحلية" مشتقة من الكلمة الانجليزية (Sweet Water)، أي ماء حلو صالح للاستخدام. والمعنى العالمي، والتعبير الأفضل علميا والمستخدم كثيرا هو كلمة إزالة الملوحة (Desalting)، لأن العملية تعني فعلا إزالة (أو تقليل) الملوحة من الماء المالح ليتحول إلى ماء حلو أو عذب.[2]

وتتمثل الفروقات الأساسية بين مياه البحر والمياه قليلة الملوحة في:

1) الماء قليل الملوحة أكثر ملوحة من الماء العذب لكنه أقل ملوحة مقارنة بماء البحر؛

2) الماء قليل الملوحة يتراوح تركيزه في الغالب بين (5-20)غ/ل، في حين تزيد ملوحة ماء البحر عن (20) غ/ل؛[3]

3) يوجد الماء قليل الملوحة عادة في الآبار، مقابل تركز المياه المالحة في البحار والمحيطات.

وتتم عملية تحلية المياه في العالم، لنوعين أساسيين من المياه (مياه البحر ومياه الآبار) حيث:

1) تتركز تحلية المياه قليلة الملوحة في الدول التي تفتقر إلى بحار مع توفرها على كميات هائلة من مياه الآبار(المياه الجوفية)، خاصة تلك التي تتميز بارتفاع درجة ملوحتها نسبيا (إما نتيجة الاستخدام المكثف لهذه الآبار مما انجر عنه زيادة ملوحتها، أو بسبب جيولوجيتها). وقد أخذت تحلية المياه قليلة الملوحة حيزا مهما في سوق التحلية العالمي؛

2) أما تحلية مياه البحر وهي الأساس على المستوى العالمي، فتحتل مكانة متميزة جدا خاصة في الدول ذات الندرة المائية على غرار دول الخليج العربي. وتستحوذ على نسبة تتجاوز(50%) من سوق التحلية العالمي، وهي بمثابة البديل المستدام لجميع الدول التي تعاني نقص في مواردها المائية خاصة مع توفر مصدرها الأساس والذي لا ينضب ممثلا بمياه البحر.

2.1.2.1. التطور التاريخي لتحلية المياه

تجري عمليات معالجة المياه لإزالة الملوحة بواسطة طرق مختلفة؛ بعضها معروف فكرته منذ قرون مضت وبعضها حديثة؛ والطريقة الأكثر شيوعا لإزالة الملح من مياه البحر، والتي ظلت مستخدمة لعدة قرون هي تحلية المياه ثم تكثيفها على أسطح باردة، ونماذج المقطرات العاملة بالحرارة الشمسية تعود إلى القرن الماضي.

---

(1).Sierra Club, **Desalination: is it worth its salt**?, Lone star chapter, 2008, p:01,The date of showing: 15/01/2016, Available at: http://texas .sierraclub.org

(2). حسن البنا سعد فتح، **تكنولوجيا تحلية المياه**، الدار الجامعية، مصر، 2001، ص:97.

(3).Sierra Club, op.cit, p:01.

ويمكن تلخيص أهم المراحل التي مر بها تطور تحلية المياه في النقاط الآتية:[1]

1) عرف الإنسان تحلية مياه البحر منذ العصور القديمة؛ ففي القرن الرابع الميلادي أمكن العثور على أدلة تفيد استعمال الإنسان لطريقة التبخير للحصول على مياه الشرب؛

2) لقد حدد جابر بن حيان، قواعد التقطير وصنفها في أواخر القرن السابع الميلادي، كما أن العالم المسلم أبا منصور الموفق بن علي الحروي، قال منذ ذلك الزمان: إن التبخير هو الوسيلة للحصول على ماء عذب؛

3) أول محطة بدائية لتحلية المياه كانت في تونس سنة 1650، ثم أخذت عجلة التطوير في مجال تحلية المياه المالحة بالتقطير تزداد مع دخول عصر الصناعة سنة 1800 وما بعدها؛

4) في القرن التاسع عشر، أثبت تقطير مياه البحر في الناقلات العابرة للمحيطات جدواه اقتصاديا حيث يقل في العادة وزن الوقود ومحطة التبخير عن وزن المياه العذبة التي يجب أن تحملها الناقلة في حالة عدم وجود محطة للتبخير، وذلك لأن رحلاتها تستغرق زمنا طويلا في السفر بعيدا عن اليابسة؛

5) أول محطة تحلية كبيرة بسعة (625×10^3)جالون يوميا، قامت بإنشائها شركة غريسكوم- راسل الأمريكية في جزر الآنتيل الهولندية سنة 1930؛

6) لقد تزامن هذا مع جهود كثيرة من طرف العلماء للبحث عن طرق أخرى للتحلية غير طريقة التقطير، فسجلت براءة اختراع سنة 1963 لكل من العالمين وولف ومار (Wolf and Marr) اللذين اكتشفا إمكانية الحصول على الماء العذب بالتبريد؛

7) في الأربعينيات من القرن العشرين، وخلال الحرب العالمية الثانية جاءت الخطوة العظمى في تطوير تقنية تحلية المياه المالحة عندما احتاجت مؤسسات عسكرية عديدة في أماكن قاحلة لإمداد فرق جنودها بالماء، وعندئذ عرف على نطاق واسع الإمكانيات التي قدمتها التحلية، واستمر العمل بعد الحرب في هذا المجال في أقطار شتى؛

8) سنة 1950، اخترع البروفيسور سيلفر طريقة التبخير الومضي متعدد المراحل، وقد أجريت أبحاث عديدة للبحث عن طرق أخرى لتحلية المياه المالحة أسفرت فيما بعد عن اكتشاف طريقة التناضح العكسي بواسطة العالمين لوب وسوريراجان، وكذلك تم اكتشاف طريقة الفرز الغشائي الكهربائي؛

9) كانت هناك جهود مكثفة من جانب الحكومة الأمريكية من خلال إنشاء مكتب المياه المالحة في أوائل الخمسينيات من القرن العشرين، وتبعه مكتب أبحاث تقنية المياه. وقد مولت الحكومة الأمريكية الأبحاث الأساسية والتطوير لمختلف التقنيات في مجال تحلية مياه البحر المالحة ومياه الآبار قليلة الملوحة؛

10) في أواخر ستينيات القرن العشرين، وفي أماكن متعددة من العالم بدأ العمل في تركيب وحدات تحلية مياه لمرافق المياه بسعة تصل إلى (8,000) $م^3$/ يوميا (ما يعادل 2 مليون جالون يوميا). وكانت معظم هذه الوحدات تدار بالطاقة الحرارية لتحلية مياه البحر غير أنه خلال السبعينيات بدئ في استخدام عمليات الأغشية تجاريا لتحلية المياه؛

[1]. الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج، **تحلية المياه (إنتاج كيميائي)**، المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني، المملكة العربية السعودية، ص ص: 15- 16.

11) وعندما أدخلت طريقة الفرز الغشائي الكهربائي لتحلية مياه الآبار المالحة، اتضح أنها أكثر اقتصادية ووجدت لها تطبيقات. وبالمثل، فإن طريقة التناضح العكسي استخدمت في البداية لتحلية مياه الآبار قليلة الملوحة غير أنها برهنت على صلاحيتها لمياه البحر أيضا؛

12) وفي الثمانينيات من القرن العشرين، صارت تقنية التحلية عملا تجاريا مكتملا، وقد استفادت تقنية التحلية من خبرة التشغيل، والتي تم الحصول عليها من الوحدات التي تم إنشاؤها وتشغيلها في العقود الماضية.

2.2.1. عرض عام لتقنيات تحلية مياه البحر

يعرف سوق التحلية العالمي نوعين أساسيين من التقنيات التجارية واسعة الانتشار: التقنيات الحرارية التي تضم تحديدا (التقطير متعدد المراحل، والتبخير متعدد التأثير والتضاغط البخاري)، والتقنيات الغشائية (التناضح العكسي والديلزة الكهربائية). وقد عرفت هذه التقنيات عدة تحويرات وتحسينات، ساهمت في تحسين كفاءة محطات التحلية. وتواصلت الأبحاث والدراسات بشأن تقنيات جديدة، وتم الوصول إلى تقنيات تعتمد في عملها على الطاقة المتجددة إلى جانب المزاوجة بين التقنيات التجارية الشائعة وتقنيات أخرى.

1.2.2.1. معايير تصنيف تقنيات التحلية

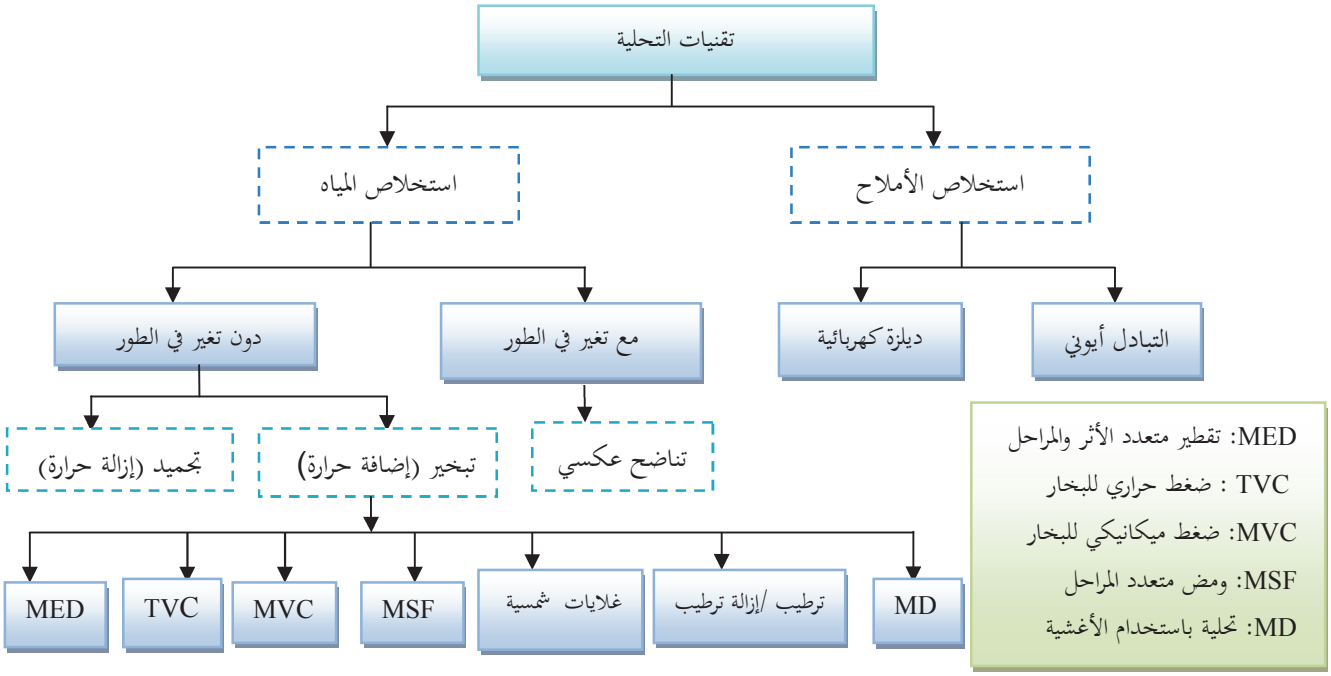
يمكن تصنيف تكنولوجيات التحلية بناء على معايير ثلاثة: (1) ما يمكن فصله من ماء البحر (2) نوع عملية الفصل المعتمدة (3) نوع الطاقة المستخدمة.

أولا: التصنيف وفقا لمعيار الاستخلاص من ماء البحر(أو ماء التغذية)

تقسم تقنيات التحلية حسب هذا المعيار إلى مجموعتين رئيسيتين:

(أ): العمليات التي يجري فيها فصل الماء من المجرى الرئيسي وبواسطتها يتم إنتاج منتج خالي من الملح؛ (ب) العمليات التي يجري فيها نزع الملح من المجرى الرئيسي والحصول على منتج خال من الملح.

الشكل (2.1): تصنيف تقنيات التحلية وفقا لما يمكن استخلاصه من مجرى التغذية



المصدر: أندريا سيبولينا وآخرون، **تحلية مياه البحر – سيرورات الطاقة التقليدية والمتجددة–**، ترجمة:غازي درويش، الطبعة الأولى، مركز دراسات الوحدة العربية، لبنان،2011، ص:26.

من خلال قراءة الشكل، وتبعا لما يمكن استخلاصه من مياه التغذية (سواء ماء أو ملح)، نميز بين:

1) عند استخلاص الأملاح: نجد تقنيتين أساسيتين، هما: التبادل الأيوني والديلزة الكهربائية؛

2) عند استخلاص المياه: نميز فيه أسلوبين:

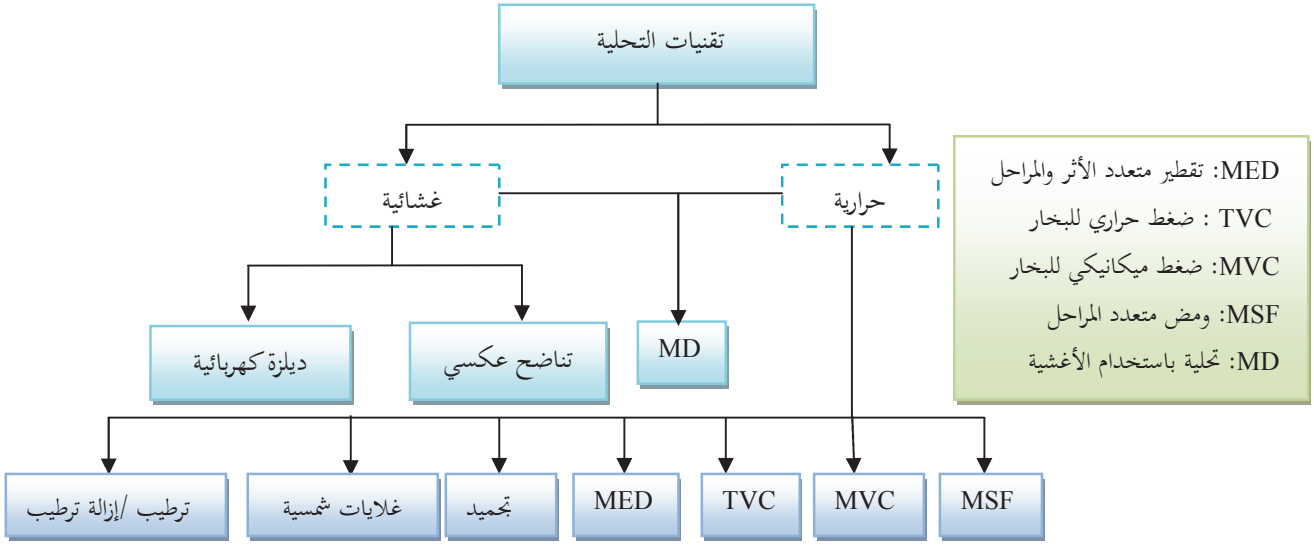
- مع تغير الطور: نجد تقنية التناضح العكسي؛
- دون تغير في الطور: نميز بين تقنيتي التجميد و التبخير، ومعيار الفصل بينهما هو إضافة و/أو إزالة الحرارة.

وتبعا لإضافة الحرارة نميز بين: MED ، TVC، MVC، MSF، MD، غلايات شمسية، ترطيب/إزالة ترطيب.

ثانيا: التصنيف وفقا لمعيار طريقة الفصل المعتمدة

يقوم هذا التصنيف على أساس العملية المعتمدة للفصل، وتشمل الأولى كافة التقنيات الغشائية، والمجموعة الثانية تشمل كافة التقنيات الحرارية.

الشكل رقم (3.1): تصنيف تقنيات التحلية اعتمادا على طريقة الفصل المعتمدة



المصدر: أندريا سيبولينا وآخرون، **تحلية مياه البحر– سيرورات الطاقة التقليدية والمتجددة–**، ترجمة:غازي درويش، الطبعة الأولى، مركز دراسات الوحدة العربية، لبنان،2011، ص:27.

من خلال قراءة الشكل، وتبعا لمعيار طريقة الفصل المعتمدة، نميز بين:

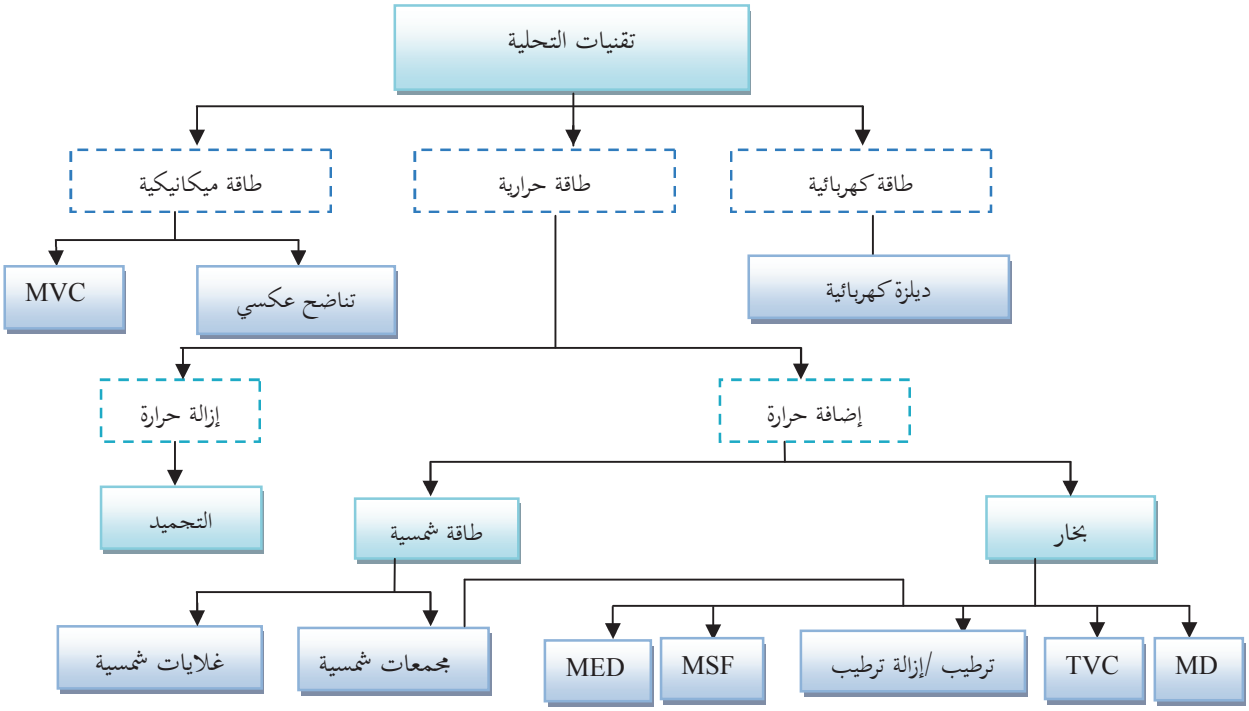
1) تقنيات حرارية: تضم تقنيات (MSF، MED، TVC، تجميد، غلايات شمسية...الخ)؛

2) تقنيات غشائية: وتضم التناضح العكسي والديلزة الكهربائية.

ثالثا: التصنيف وفقا لمعيار الطاقة المستخدمة

يقوم على أساس الطاقة المستخدمة (حرارية، ميكانيكية وكهربائية). وتحتاج الكثير من عمليات الفصل إلى أكثر من نوع من الطاقة لتشغيل مضخات التدوير أو الوحدات المساعدة.

الشكل رقم (4.1): تصنيف تقنيات التحلية اعتمادا على نوع الطاقة المستخدمة



المصدر: أندريا سيبولينا وآخرون، **تحلية مياه البحر– سيرورات الطاقة التقليدية والمتجددة–**، ترجمة:غازي درويش، الطبعة الأولى، مركز دراسات الوحدة العربية، لبنان،2011، ص:27.

من خلال قراءة الشكل، نلاحظ أن هناك ثلاثة أنواع من الطاقة يتم استخدامها وإنتاجها أثناء عملية التحلية. ووفق هذا المعيار، نميز بين:

1) تقنيات مستهلكة للطاقة الكهربائية: تضم الديلزة الكهربائية؛

2) تقنيات مستهلكة للطاقة الميكانيكية: تضم التناضح العكسي والكبس البخاري الميكانيكي؛

3) تقنيات مستهلكة للطاقة الحرارية (إضافة الطاقة و/ أو إزالة الحرارة): تضم (MSF، MED، TVC، تجميد، غلايات شمسية...الخ).

2.2.2.1. تقنيات التحلية واسعة الانتشار

تبعا لمعايير التصنيف المعتمدة أعلاه، وحسب السوق العالمي للتحلية هناك نوعين من تقنيات التحلية واسعة الانتشار وهي: التقنيات الحرارية والتقنيات الغشائية؛ وهي الأكثر استخداما مع ظهور تقنيات جديدة بدأت تشهد تطبيقا في بعض الدول خاصة ما ارتبط بالتحلية باستخدام الطاقة المتجددة.

أولا: التقنيات الحرارية

تتمثل تقنيات التحلية الحرارية الرئيسية بالتحلية الومضية متعددة الأدوار(MSF)، والتبخير متعدد التأثير (MED) والكبس البخاري الميكانيكي (MVC)؛ أما تقنيات التحلية الأخرى، وبالأخص الغلايات الشمسية، والترطيب ونزع الترطيب، والتجميد فلم تحقق حضورا على المستوى التجاري. وتوجد فقط إما كنماذج تجريبية أو كتصاميم مفاهيمية.

تقام منظومات (MSF وMED) في الغالب في معامل التوليد المصاحب حيث يجري توليد الطاقة الكهربائية متزامنا مع إنتاج الماء. وهذا الإجراء مناسب لأن كلا من المنظومتين يتطلب بخار تسخين منخفض الضغط الذي يتم تجهيزه ببساطة من محطة توليد الكهرباء بتكلفة منخفضة كما أن تشغيل منظومة (MVC) يحتاج إلى الكهرباء فقط.[1]

تقوم هذه التقنيات على التبخير باستعمال الحرارة، ولا تتطلب تطور تكنولوجي كبير. وتنتشر هذه التقنيات بشكل واسع في الخليج العربي على غرار المملكة العربية السعودية، ويكون الماء العذب المحلى الناتج عنها نقي جدا.[2]

1) **التقطير متعدد المراحل (MSF)**: تعود عملية التحلية باستخدام تقنية (MSF) إلى بداية الخمسينيات من القرن العشرين؛ في سنة 1957 حصل سيلفر على براءة اختراع لعملية التحلية الومضية متعددة الأدوار، وحددت البراءة العدد الأمثل للأدوار الومضية ومساحة انتقال الحرارة المثلى. ومنذ ذلك الحين، مرت عملية (MSF) بتحويرات وتحسينات عديدة ومهمة قادت إلى زيادة هائلة في سعة الوحدة الواحدة من (500) م^3/اليوم سنة 1960 إلى (5,000) م^3/اليوم في التسعينيات من نفس القرن.[3]

---

[1]. نفس المرجع، ص:40.

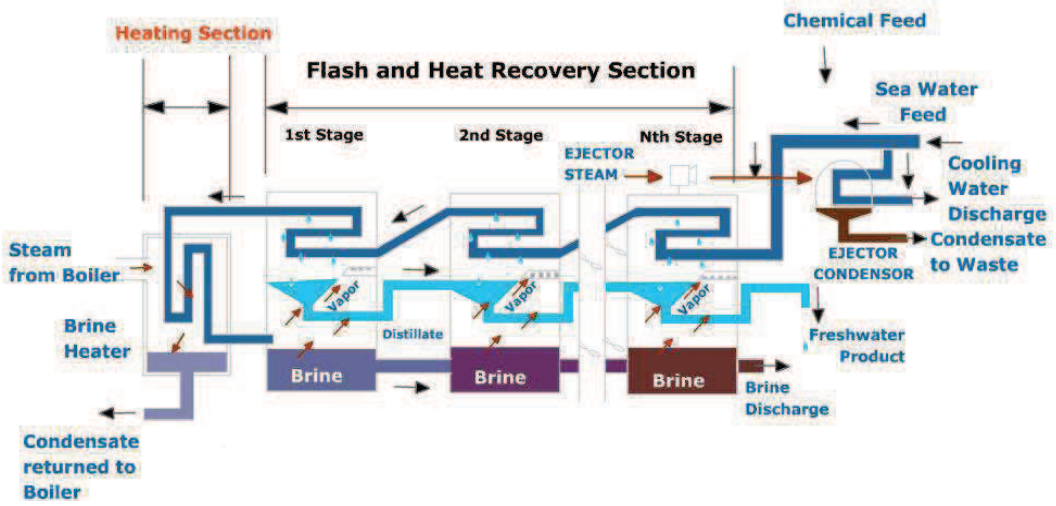
[2]. Fréderic Levit, **Besoins et procédés pour le dessalement de l'eau de mer**, SIMAP et autres, France, 2007, p:12.

[3]. أندريا سيبولينا وآخرون، مرجع سبق ذكره، ص:58.

آلية عملها: هناك وضعيتان رئيسيتان لعملية (MSF)؛ الأولى منظومة الإمرار لمرة واحدة، والثانية، منظومة تدوير السعات الكبيرة. وتستخدم المنظومة الثانية أكثر من الأولى:[1]

- يتحقق الفصل بتبخير شيء من مياه التغذية في كل واحدة من أدوار الومض؛ إن ماء التغذية الساخن الداخل إلى أي مرحلة يواجه ضغطا أقل من ضغط بخاره، ويتبخر ومضيا منتجا البخار على جانب واحد. وبالتالي، يقود إلى تبريد الأجاج المتدفق على الجانب الآخر. وينتج من ذلك، دورا بعد دور، انخفاض في درجة حرارة الأجاج وزيادة ملوحته. وتتكرر عملية الومض هذه عدة مرات، دورا بعد دور، بسبب الانخفاض المستمر في الضغط في كل دور الذي يعود إلى نقصان ضغط الأجاج عند تدفقه خلال ثقوب قذفه؛
- يمر البخار المتولد في كل دور خلال نازع الرذاذ. وهذا يقلل كثيرا من أسر قطرات الأجاج، وينتهي بتكثفه على السطح الخارجي لحزمة الأنابيب؛
- تنتقل حرارة التكثيف الكامنة إلى ماء التغذية الذي يتدفق خلال أنابيب المكثفة من الدور الأخير(n) إلى الدور الأول (1)؛
- ترتفع درجة حرارة ماء التغذية بتكثيف البخار المقذوف على السطح الخارجي لأنابيب المكثفة، وتحصل في مسخن الأجاج زيادة إضافية في درجة حرارة ماء التغذية الخارج من أنابيب تكثيف الدور الأول. وهنا يحصل التسخين باستعمال البخار المشبع، الذي يستخلص عادة من توربينات الضغط الواطئ لمنظومة توليد القدرة الكهربائية.

الشكل رقم(5.1): آلية عمل تقنية التقطير الومضي متعدد المراحل (MSF)



المصدر: المركز الوطني لبحوث المياه، **تقنيات تحلية مياه البحر-NCWR-**،مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنيةKACST، المملكة العربية السعودية، ص:08.

2) **التبخير متعدد التأثير(MED)**: ترجع تكنولوجيا التبخير متعدد التأثير إلى (400-500) سنة مضت؛ فقد ابتدعت عملية التبخير وحيد المرحلة على ظهر السفن في القرن16، واستخدمت حينها مواقد الخشب أو الفحم لتبخير الماء المالح للحصول على الماء العذب. في ذلك الوقت،كان من الصعب السيطرة على نوعية المنتج، وذلك

[1]. نفس المرجع، ص:61.

لاقتناص البخار كميات كبيرة من الأجاج. وحصلت تطورات لاحقة لعملية التبخير في صناعات السكر والورق.[1]

كما استعملت عملية التبخير لتحلية المياه في صناعة النفط أثناء الحربين العالميتين الأولى والثانية. وقد تضمنت صناعة التحلية في السنوات الأولى للخمسينيات من القرن العشرين، استعمال عمليات التبخير بجانب عمليات التقطير الومضي.

تستخدم هذه الطريقة لإنتاج الماء بالتقطير(التبخير والتكثيف)، مثلها في ذلك مثل طريقة التبخير الومضي متعدد المراحل وكل الطرق الحرارية الأخرى. لكنها تستخدم عملية الغليان لتبخير الماء المالح (بدلا من عملية التبخر الومضي)، أي أن عملية تكوين البخار تتولد على أسطح التسخين. ونظرا لأن عملية الغليان تسبب تبخر الماء العذب، يتبعها ترك الرواسب الملحية على أسطح التسخين والوحدة محددة بحوالي (70) م° حتى تقلل من احتمالات ترسيب الأملاح صعبة الإزالة، مثل: الكبريتات والسليكات (في حين تمتاز عملية التبخير الومضي بإمكانية رفع درجة الحرارة القصوى إلى120م°).[2]

آلية عملها: تقوم هذه التقنية على:[3]

- التبخير من السطح الخارجي لحزمة أنابيب مسخنة بواسطة تكثيف البخار المنساب داخلها؛ والبخار المتكون في المرحلة الواحدة، يتم إمراره إلى المرحلة اللاحقة العاملة تحت ضغط أقل؛
- يمثل هذا الترتيب تكامل الحرارة بما يسمح بتحقيق كفاءة عالية جدا، تتمثل بالحصول على نسبة أداء تصل إلى (10- 12)كغ من الماء المقطر للكيلوغرام الواحد من بخار التغذية الداخل إلى المرحلة الأولى؛
- ومن أجل الارتفاع بالعمليات إلى كفاءة أعلى للطاقة تتم المزاوجة بين وحدات (MED) مع أنماط وسائل استرجاع البخار الأخرى، مثل المنظومتين الواسعتي الانتشار: الضغط بالكبس البخاري الحراري (TVC)، والضغط البخاري الميكانيكي (MVC)، حيث:

أ) **الضغط بالكبس البخاري الحراري**: يتم إعادة ضغط جزء من البخار المنساب من المرحلة الأخيرة مباشرة بواسطة طاردة بخارية ميكانيكية. وتستعمل فيما بعد البخار كمحرك في المرحلة الأولى ما يزيد من نسبة الأداء وصولا إلى (15-16)كغ من الماء المقطر لكل كغ من البخار الداخل إلى الطارد البخاري؛

ب) **الضغط البخاري الميكانيكي**: إن البخار المتكون في المرحلة السابقة يتم ضغطه بواسطة آلة ميكانيكية لكي يستخدم كبخار ومضي في المرحلة الأولى. وفي هذه الحالة، يكون المستخدم لتفعيل العملية طاقة ميكانيكية أو كهربائية.

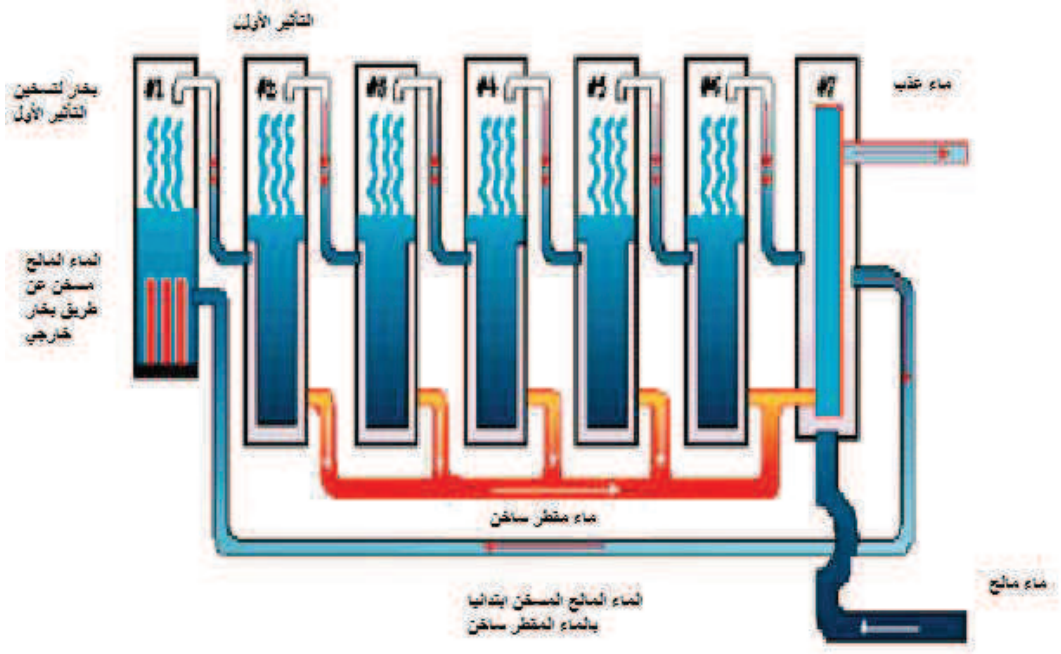
---

[1]. أندريا سيبولينا وآخرون، مرجع سبق ذكره، ص:124.

[2]. حسن البنا سعد فتح، مرجع سبق ذكره، ص:191.

[3]. نفس المرجع، ص:24.

الشكل رقم (6.1):آلية عمل تقنية التبخير متعدد التأثير(MED)



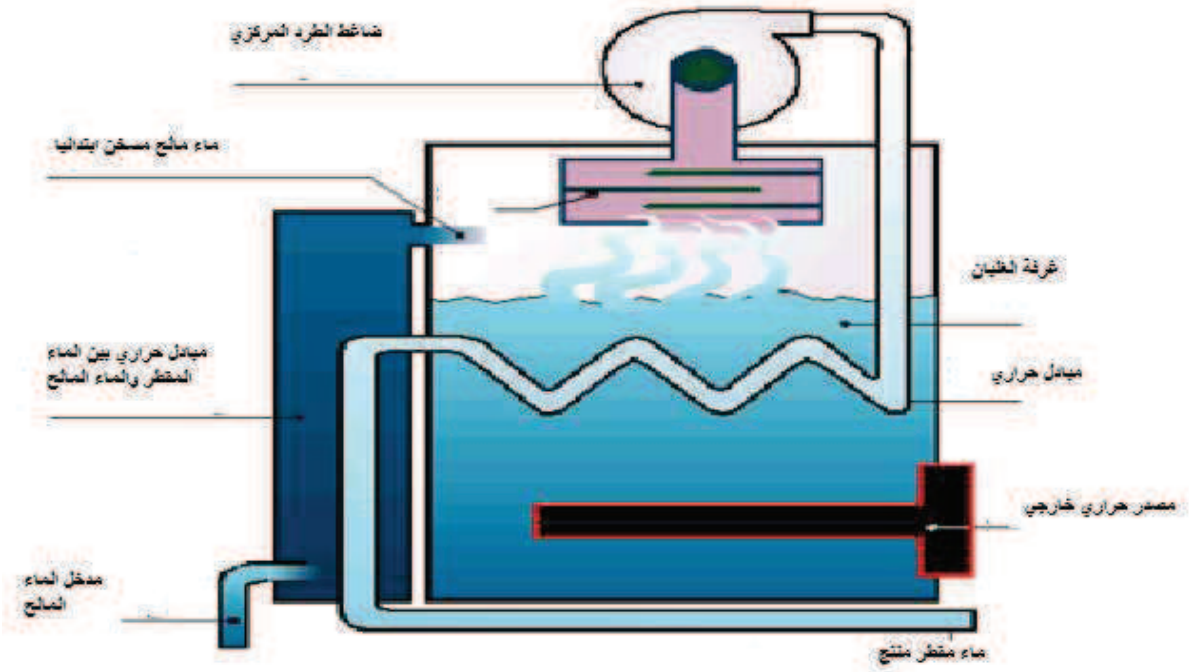
المصدر: المركز الوطني لبحوث المياه، **تقنيات تحلية مياه البحر–NCWR–**، مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنيةKACST، المملكة العربية السعودية، ص:10.

3) **التضاغط البخاري (VC)**[1]: تستخدم عملية التقطير بالتضاغط البخاري عادة في وحدات تحلية مياه البحر الصغيرة والمتوسطة السعة. وبصفة عامة، تتراوح سعة وحدات التحلية التي تستخدم عملية ضغط البخار بين (2,000-20) م^3/اليوم ما يعادل (440,000 -4,400) جالون يوميا، وغالبا ما تستخدم في المنتجعات السياحية والصناعات ومواقع حفريات الآبار. وتأتي الحرارة اللازمة لتبخير الماء من ضغط البخار بدلا من التبادل البخاري المباشر للبخار المنتج في الغلاية.

- في هذه التقنية، يستخدم ضاغط ميكانيكي يدار بمحرك كهربائي أو تدفق بخار نفاث يعمل على خلخلة الضغط داخل غرفة المحطة فيحدث تبخر للماء عند درجة حرارة ماء التغذية؛
- يتم ضغط البخار حتى ترتفع درجة حرارته فيصبح مصدر الحرارة اللازم لتبخير جزء آخر من ماء التغذية. ويمر البخار الساخن (بعد ضغطه) حول أنابيب الماء المالح، فيتم تكثيف البخار حول الأنابيب. ويستفاد من حرارة المتكثف لرفع درجة حرارة الماء المالح داخل الأنابيب، ولإنتاج كمية أخرى من البخار، والذي بدوره يتم ضغطه لتعاد الدورة مرة أخرى ويخرج الماء المكثف من الوحدة كماء منتج.

[1]. لجنة الموارد المائية (مجلس التعاون لدول الخليج العربي)، **تحلية المياه المالحة في دول مجلس التعاون لدول الخليج العربية تاريخها وحاضرها ومستقبلها**، الإصدار الثاني، المملكة العربية السعودية، 2014، ص:17.

الشكل رقم (7.1) : آلية عمل تقنية التضاغط البخاري (VC)



المصدر: المركز الوطني لبحوث المياه، **تقنيات تحلية مياه البحر–NCWR–**، مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنيةKACST، المملكة العربية السعودية، ص:12.

ثانيا: التقنيات الغشائية

هي التقنيات التي تعتمد على أغشية لفصل الملح من الماء عن طريق وجود قوة دافعة للماء، أو الملح للانتقال عبر غشاء شبه نفاذ يسمح بمرور أحد المكونات دون الآخر (الماء فقط أو الأملاح فقط). وتعد الطرق الأكثر جاذبية لأنه يمكن تشغيلها عن طريق درجة حرارة الغرفة وبدون تغيير المرحلة.[1]

وتضم هذه التقنيات:[2]

- عمليات غشائية مساقة بالضغط، مثل: التناضح العكسي(RO)، والترشيح النانوي(NF)، والترشيح الفائق (UF) والترشيح الميكروي (MF)؛
- عمليات غشائية مساقة بالجهد الكهربائي، مثل: الديلزة الكهربائية (ED)؛
- عمليات غشائية مساقة بالحرارة، مثل: التقطير الغشائي (MD) والتبلور الغشائي (MCr).

لكن التقنيات التجارية الواسعة الانتشار على المستوى العالمي، هما: التناضح العكسي تحديدا المستخدمة في تحلية مياه البحر، والديلزة الكهربائية التي يعتمد عليها في تحلية المياه قليلة الملوحة (مياه الآبار).

ويعد الضغط التناضحي، المبدأ الأساسي في تصميم وعمل سيرورات التحلية الغشائية؛ فهو يرتبط بكمية الأيونات المذابة في الماء المالح، ويؤثر في شدة نفوذ الماء للتنافذ عبر الأغشية نصف الناضحة في عملية فصل الماء العذب من الماء المالح من ناحية أخرى.[3]

---

(1). Alain Maurel, op.cit., p:28.

(2). أندريا سيبولينا وآخرون، مرجع سبق ذكره، ص:73.

(3). نفس المرجع، ص:21.

1) **التناضح العكسي(RO)**: تعرف عملية التناضح العكسي، بأنها عملية انتقال عكسي للماء من المحلول الأكثر تركيز إلى المحلول الأقل تركيز عبر غشاء شبه نفاذ أو نصف مسامي تحت تأثير ضغط أعلى من الضغط الأسموزي للمياه العالية التركيز. ويسمى الغشاء، والذي يصنع من بوليميرات خاصة.[1]

أوهي عملية فصل الماء العذب عن محلول ملحي من خلال غشاء شبه نفاذ، وذلك بضغط المحلول الملحي بضغط أعلى من الضغط الأسموزي. ولا يحتاج الأمر إلى تسخين أو تغيير في الشكل بل يلزم أن يوضع المحلول الملحي تحت ضغط أعلى من الضغط الأسموزي لكي تتم عملية التناضح العكسي.

ويتكون نظام التناضح العكسي من:[2]

أ) **المعالجة الأولية**: تعني تجهيز ماء البحر لدخول مجمع الأغشية، وذلك بإزالة العوالق ومنع ترسب الكائنات الحية ونموها على الأغشية؛

ب) **المضخة ذات الضغط العالي**: ويتم فيها ضغط الماء المالح عن طريق مضخة الضغط العالي أعلى من الضغط الأسموزي لمرور الماء عبر الأغشية. وهذا الضغط يتراوح بين (17-27) بار لمياه الآبار، وبين (45-80) بار لمياه البحر؛

ت) **مجمع الأغشية**: يتكون من عدد من الأغشية وهي القلب الحيوي والعامل الأساسي لهذه العملية، فيتم إمرار الماء المالح على الأغشية ويتم إزالة الأملاح من الماء العذب (تتبقى نسبة من الأملاح في الماء العذب). ومن الجهة الأخرى، يخرج المحلول الملحي المركز؛

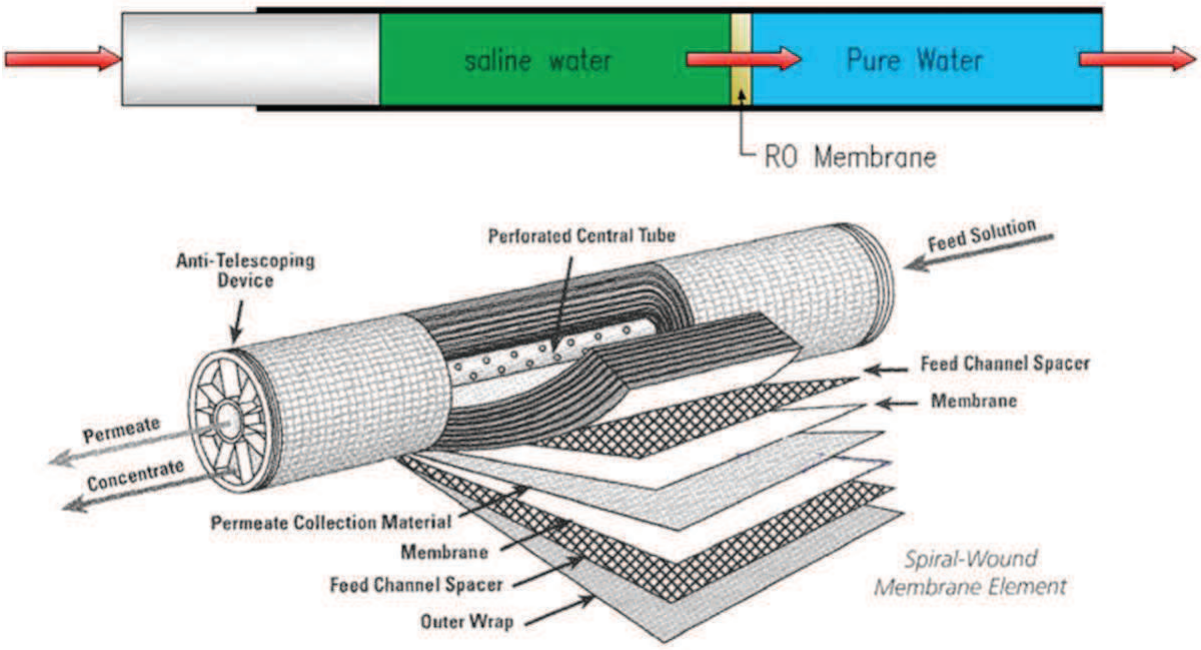
ث) **المعالجة النهائية**: تتمثل في المحافظة على خصائص الماء المنتج وإعداده للتوزيع، وربما شملت هذه المعالجة إزالة الغازات مثل: سلفايد الهيدروجين، وتعديل درجة القلوية.

---

[1]. لجنة الموارد المائية (مجلس التعاون لدول الخليج العربي)، مرجع سبق ذكره، ص:14.

[2]. المركز الوطني لبحوث المياه، مرجع سبق ذكره، ص:18.

الشكل رقم (8.1): آلية عمل تقنية التناضح العكسي (RO)



Source: International Atomic Energy Agency (IAEA), **New technologies for seawater desalination using nuclear energy**, IAEA-TEC-DOC-1753,VIENNA, 2015, p:14.

وتشمل أهم المراحل التي مرت بها عملية التناضح العكسي ما يلي:[1]

- على الرغم من أن العملية الأسموزية كانت معروفة للكثير منذ أكثر من (100) سنة، فإن تكنولوجيا استخدام الأغشية لمعالجة المياه تعتبر حديثة؛ فكان أول استخدام للتناضح العكسي هي براءة اختراع بنفس الاسم لإزالة عسر الماء باستخدام أغشية فيروسيانيد على مثبتات مسامية من البورسلين؛
- سنة 1952، أنتج في جامعة فلوريدا أغشية من أسيتات السليلوز لتحلية المياه بالتناضح العكسي. وكان من عيوب الغشاء المستخدم ضعف معدل الإنتاج للماء العذب لسمك الغشاء (وكان تقريبا وقت ظهور الديلزة الكهربائية أو الفرز الكهربائي)؛
- وفي نفس الفترة، تم تطوير الأغشية لزيادة معدل مرور الماء مع ارتفاع معدل طرد الملح. وتم في الستينيات، إنتاج الأغشية، مثل: الملفوفة حلزونيا، أو على صورة أنابيب وغيرها؛
- وفي سبعينيات القرن العشرين، ظهرت أغشية الشعيرات الدقيقة المجوفة من "البوليميد" مع استقرار إنتاج أغشية أسيتات السليلوز. وقد كان تطوير الأغشية لاستخدامها لإزالة ملوحة المياه قليلة الملوحة؛ أما الآن (ومنذ نهاية السبعينيات من القرن الماضي)، فقد تم تطوير الأغشية لتحلية المياه شديدة الملوحة كمياه البحر.

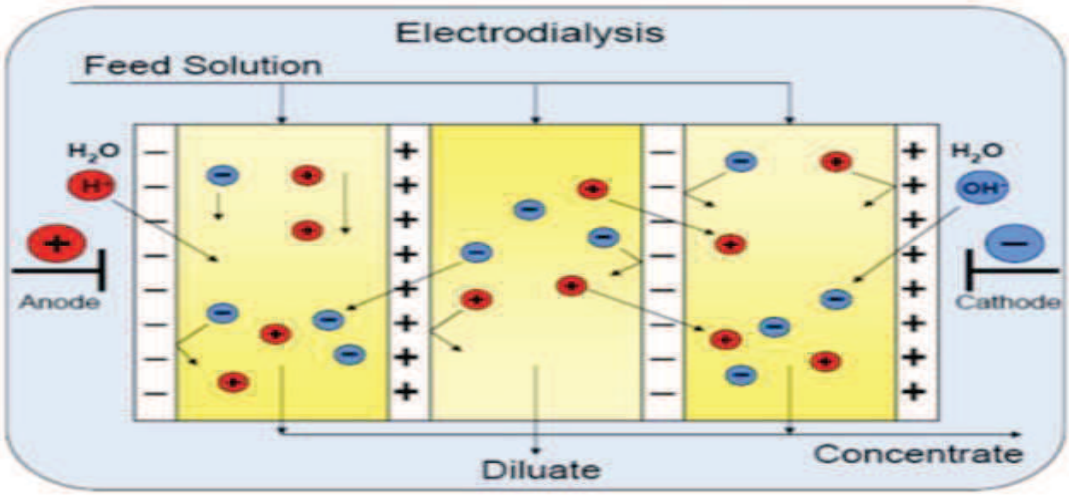
2) **الديلزة الكهربائية (ED)**: تتواجد الأملاح في المحلول الملحي على صورة أيونات (أي جزيئات صغيرة من عناصر الأملاح تحمل شحنة كهربائية إما سالبة أوموجبة)، ولكن كل أيون مرتبط بالأيون الشريك بقوة جذب كهربائي.

[1]. حسن البنا سعد فتح، مرجع سبق ذكره، ص ص: 250-251.

وعلى هذا، تعني الديلزة الكهربائية، عملية تسليط جهد كهربائي معين على قطبين مختلفين أحدهما موجب والآخر سالب بحيث تمر مياه التغذية من بين الأقطاب فيحدث تجاذب للأيونات تتجه على إثره الأيونات الموجبة للقطب السالب، والأيونات السالبة للقطب الموجب.[1]

- عرفت الديلزة الكهربائية تجاريا منذ ستينيات القرن العشرين، وقد وفر تطوير الديلزة الكهربائية أسلوب تكلفة فعال لتحلية المياه قليلة الملوحة (200) جزء في المليون، مثل: مياه الآبار ومياه الصرف المالحة؛
- عملية الديلزة الكهربائية هي عملية فصل الأملاح عن الماء كهربائيا (لذا تحتاج العملية إلى مصدر كهربائي مستمر). وتعتمد تكنولوجيا الديلزة الكهربائية على أن أغلب الأملاح الذائبة في الماء متأينة ايجابيا أو سلبيا؛ وهذه الأيونات تنجذب نحو القطب الكهربائي حسبما تحمله من شحنة كهربائية كما تعتمد على إمكانية إنشاء أغشية تسمح انتقائيا بمرور الأيونات حسب شحنتها الكهربائية (سلبا أو إيجابا).[2]

الشكل رقم(9.1): آلية عمل تقنية الديلزة الكهربائية (ED)



Source: International Atomic Energy Agency (IAEA), **New technologies for seawater desalination using nuclear energy**, IAEA-TEC-DOC-1753, VIENNA, 2015, p:15.

ثالثا: تقنيات تحلية في طور التطوير

لم يتوقف سعي القائمين على صناعة تحلية مياه البحر في العالم من تقنيين وفنيين في البحث عن تقنيات جديدة لتحلية مياه البحر قادرة على تحقيق مردودية أكبر ومنافع أكثر خاصة مع تزايد الضغوط التي أفرزتها التقنيات التجارية المعروفة فيما يتعلق بالبيئة. فاتجهت أنظار الباحثين والتقنيين نحو الطاقة المتجددة بأنواعها والدمج بين بعض التقنيات التجارية. وهذا ما مهد لبداية عصر جديد من تكنولوجيات التحلية، سيكون المستقبل كفيل بإبراز دورها كخيار مطروح للغالبية العظمى من الدول التي تبنت تحلية مياه البحر.

---

[1]. لجنة الموارد المائية (مجلس التعاون لدول الخليج العربي)، مرجع سبق ذكره، ص:19.

[2]. حسن البنا سعد فتح، مرجع سبق ذكره، ص:286.

ونستعرض بعض التقنيات الجديدة التي بدأ تطبيقها على المستوى العالمي فيما يلي:[1]

1) **تقنية التناضح الأمامي:** في هذه التقنية، يتم استخدام محلول اصطناعي ذي تركيز أعلى من تركيز ماء البحر. أكثر ما يميز هذه التقنية، الانخفاض الشديد في الطاقة المستهلكة بسبب توافقها مع حركة الظاهرة الطبيعية، والذي يجعلها لا تحتاج إلى قوة ضغط كما هو الحال في التناضح العكسي بالإضافة إلى انخفاض عملية المعالجة الأولية والمواد الكيميائية نتيجة انخفاض معدل الاتساخ، بساطة تصميمها نتيجة الضغط المنخفض الذي لا يستلزم دعامة قوية للأغشية.

أما الجانب، الذي يعيق استخدامها فهو أن المياه النقية التي تمر عبر الأغشية ليست جاهزة للاستخدام فهي تحتاج إلى معالجة وتقنيات تفصلها عن المحلول الاصطناعي. ولذلك، فاختيار المحلول الاصطناعي المناسب الذي يعطي ضغط أسموزي، ويسهل عملية فصله هو مفتاح هذه التقنية.

2) **تقنية التقطير الغشائي:** هذه التقنية من التقنيات الواعدة في تحلية مياه البحر خاصة عند توفر الطاقة الرخيصة، مثل: الطاقة الشمسية، أو الطاقة المهدرة. وتقوم فكرتها باستخدام غشاء مسامي يسمح بعبور البخار ولا يسمح بعبور السائل.

هناك أربعة طرق معروفة حاليا، تستخدم في تقنية التقطير الغشائي. ويعتمد اختيار الطريقة المناسبة على التطبيق الذي تستخدم فيه التقنية. فعلى سبيل المثال، تعتبر طريقة الاتصال المباشر مناسبة لاستخدامات التحلية بسبب أن الماء هو المنتج الرئيس، وطريقة الجرف والتفريغ، تعتبر مناسبة في التطبيقات التي تستلزم إزالة غازات متطايرة من سائل وطريقة الفجوة الهوائية تعتبر مناسبة في جميع التطبيقات.

3) **التحلية بالطاقة الشمسية:** تعتبر من أكثر التقنيات الواعدة بسبب الميزات التي تتمتع بها. ويمكن التقاط الطاقة الشمسية بطرق مختلفة، وتعتبر البرك الشمسية والمجمعات الشمسية ومجمعات الحوض المكافئ أهمها على الإطلاق.

ويحتاج تشغيل وحدات التحلية الحرارية بالطاقة الشمسية لطريقة تضمن ثبات حرارة البخار أو السائل المتجه لوحدة التبخير لضمان استمرارية تشغيلها بكفاءة عالية.

وتجدر الإشارة إلى أن استخدام الطاقات المتجددة (الشمسية، النووية والرياح)، بدأ يأخذ موقعه على خريطة التحلية للعديد من الدول. وربما التحلية بالطاقة الشمسية، هي الأوسع انتشارا. وتم اعتمادها في العديد من الدول على غرار المملكة العربية السعودية، الإمارات العربية المتحدة، أستراليا...الخ.

3.2.1. مقارنة بين تقنيات التحلية الأكثر استخداما على المستوى العالمي (RO، MSF وMED)

تختلف التقنيات الحرارية والغشائية اختلافا ملحوظا كما سبق ورأينا في آلية عملها، وهذا ما جعل اختيار أي نوع مرهون بمجموعة من المحددات تتوافق مع خصائص كل تقنية من جهة، ومع الخصائص الجغرافية والاقتصادية أيضا لاقتصاد البلد المستضيف لمحطات التحلية من جهة أخرى.

---

[1]. خالد بامردوف وآخرون، **التقنيات الواعدة في خفض تكاليف مياه التحلية**، ورقة بحثية مقدمة ضمن فعاليات:"المؤتمر الهندسي العربي السادس والعشرون: الموارد المائية في الوطن العربي- الواقع والتحديات-"، أيام07-2010/01/10، المملكة العربية السعودية، 2010، ص ص:18-23.

1.3.2.1. المعالجة الأولية والثانوية تبعا لنوع تقنية التحلية

يجب الأخذ بعين الاعتبار عند التمهيد لتقنيات التحلية، الجانبين المهمين لعمليات التحلية، وهما: المعالجة الأولية للمياه المالحة، والمعالجة الثانوية للمياه العذبة المنتجة، وذلك للوصول إلى المواصفات القياسية المطلوبة للاستعمال النهائي للماء المحلى المنتج.

أولا: المعالجة الأولية

معالجة مياه التغذية الداخلة لوحدة التحلية (سواء مياه البحار أو الآبار أو غيرها)، تسمى المعالجة الأولية. ويتم معالجة هذه المياه أساسا لحماية وحدة التحلية والأجهزة من التآكل وترسب الأملاح، ومن عمليات ترسب العوالق والمواد العضوية. وتختلف عملية المعالجة الأولية حسب نوع مياه التغذية (بحر، بئر أو غيرها)، وحسب تكنولوجيا التحلية المستخدمة (حرارية، غشائية...الخ).[1]

المعالجة الأولية ضرورية في الغالب لضمان العمل الصحيح لوحدات التحلية، وهذا يعتمد بالتأكيد على نوع عملية التحلية المعتمدة. وتتطلب التقنيات الحرارية عادة القليل من المعالجة الأولية، لكونها بمجملها أكثر تحملا من التقنيات الغشائية.

1) **التقنيات الحرارية**: وأهم المعالجات مايلي:[2]

- التصفية الشبكية وترسيب المواد الصلبة العالقة من أجل تقليل تركيز العوالق في مجرى التغذية إلى المستوى المقبول لعمل الوحدات؛
- التعقيم، ويتم عادة بإضافة مواد معقمة، مثل: الهايبوكلوريت والكلور وغيرها من أجل الحد من تكوين الآشناث والتلوث العضوي، وخصوصا في الأجزاء الباردة من الوحدات التشغيلية، مثل: مواسير التغذية والمرشحات؛
- إزالة الهواء وذلك لتحقيق هدفين، هما:(أ): خفض ثاني أكسيد الكربون، والبيكربونات والكربونات التي تؤدي إلى الترسيب القشري، (ب): تقليل الغازات غير المتكثفة التي تمنع الحصول على الهواء والمحافظة عليه في مراحل التبخير؛
- إضافة الكيمياويات المضادة لتكوين الرواسب القشرية، وعادة تتكون من الأحماض الثنائية أو البوليمرات، أوالعوامل القادرة على تقليل تكون كربونات الكالسيوم وكبريتاته؛
- إضافة الكيمياويات المضادة لتكوين الرغوة، مثل: البولي غلايكولات، التي تقلل من ذلك خلال عملية التبخر.

2) **التقنيات الغشائية**: خاصة التناضح العكسي (RO)، تتطلب معالجة أولية شديدة بسبب حساسية الأغشية لمشاكل التلوث والاتساخ.

---

(1). حسن البنا سعد فتح، مرجع سبق ذكره، ص:330.

(2). أندريا سيبولينا وآخرون، مرجع سبق ذكره، ص:31.

وتشمل المعالجات الأولية المستخدمة في التقنيات الغشائية ما يلي:[1]

- التعقيم، وعادة بإضافة معقمات عامة، مثل: الهايبوكلوريت والكلور وغيرهما، وذلك من أجل تقليل تكون الآشنات والملوثات العضوية في الأجزاء الأكثر أهمية في وحدات التشغيل، مثل: المرشحات والأغشية نفسها؛
- إضافة مواد مختزلة، مثل: الأملاح الفوسفاتية التي تعادل العوامل المؤكسدة قبل دخول ماء التغذية إلى منظومة الأغشية؛
- الترشيح، ويتم بواسطة الترشيح الميكروي أو الترشيح الفائق الضروري لتقليل مؤشر كثافة الطمي التي تضمن ديمومة أطول لعمر الأغشية، وتقليل مشاكل الصيانة والتنظيف لمنظومات الأغشية؛
- إضافة الكيمياويات المضادة لتكوين القشرة كتلك المستخدمة في الوحدات الحرارية، والقادرة بصورة رئيسية على تكوين كربونات الكالسيوم.

ثانيا: المعالجة الثانوية [2]

تعد المعالجة الثانوية ضرورية للوصول بالماء المنتج إلى ماء عذب قابل للاستهلاك خاصة للأغراض المنزلية. ويتوقف نوع المعالجات، وقوتها على العملية المعتمدة والغرض من الماء المنتج.

1) تنتج التقنيات الحرارية تقريبا ماء مقطر مع محتوى ملحي منخفض (10-20) جزء في المليون. هذا النوع من الماء صالح للتطبيقات الصناعية، حيث يكون الماء النقي مطلوبا إلا أنه من الضروري إعادة تمليحه إذا كان الغرض من استخدامه هو الاستخدام المنزلي.

وإعادة التمليح ضرورية للارتقاء بنوعية الماء المنتج إلى درجة مقبولة، وفق مواصفات منظمة الصحة العالمية (بضعة مئات من أجزاء المليون)، وخاصة في مجال الشرب.

2) يتطلب الماء المنتج للاستعمال المدني معالجة لاحقة تتركز أساسا في معادلة (PH) الماء، والعسرة لتقليل تآكل شبكة توزيع الماء وللإذعان لتعليمات الصحة المحلية، ويجري تقييم الناتج أيضا لمنع النمو البيولوجي ولضمان تطهيره؛

3) تجري المعالجة الثانوية، بموجب إجراءات متعددة مختلفة اعتمادا على سعة المحطة ونوعها، نوعية الماء المنتج والمواصفات القياسية المراد تحقيقها وتوفر الكيمياويات المطلوبة؛

4) إن الخطوات التالية تمثل المعالجة الثانوية المعتادة المرتبطة بالتقنيات الحرارية:

- امتصاص(CO_2)، بتذويب حجر الجير وتفاعله مع (CO_2)، ونزع الغازات وبالأخص (CO_2) غير المتفاعل، وأخيرا معادلة (PH) بإضافة NAOH؛
- كلورة المنتج المعالج لمنع النمو البيولوجي وأي اختزال محتمل لمركبات الحديدون (ظاهرة الماء المحمر)، بواسطة البكتيريا المختزلة للحديد.

---

[1]. نفس المرجع، ص:32.

[2]. نفس المرجع، ص:152.

2.3.2.1. مزايا وعيوب تقنيات التحلية (RO،MSF وMED)

تتمتع كل تقنية تحلية بمميزات خاصة، وتتشابه تقنيات التقطير في الكثير منها (MSF، MED). مقابل ذلك، تحظى تقنية (RO) بأهمية إستراتيجية ضمن التقنيات الغشائية لكن ذلك لا يمنع من وجود عيوب تختص بها كل تقنية عن الأخرى.

الجدول رقم (21.1): مزايا وعيوب تقنيات التحلية الواسعة الاستخدام

التقنية	المزايا	العيوب
MED	1) استعمال أقل للطاقة مقارنة بـ (MSF)؛ 2) احتياجات منعدمة أو قليلة للمعالجة الأولية لماء التغذية؛ 3) (TDS) منخفضة جدا في الماء المنتج؛ 4) تحتاج لتبريد منخفض للماء مقارنة بـ (MSF)؛ 5) تكاليف رأسمالية منخفضة مقارنة بـ (MSF).	1) أكثر تعقيدا للتشغيل مقارنة بـ (MSF)؛ 2) وحدات ذات حجم صغير مقارنة بـ (MSF)؛ 3) لا تملك القدرة على منافسة (RO)، فيما يرتبط بالتكلفة؛ 4) عملية فقط مع تطبيقات ماء البحر.
MSF	1) سهلة الاستعمال؛ 2) ذات موثوقية؛ 3) (TDS) منخفضة جدا في الماء المنتج؛ 4) احتياجات منعدمة أو قليلة للمعالجة الأولية؛ 5) وحدات كبيرة جدا (أكبر من 90,000م^3/اليوم)؛ 6) إمكانية عمل تنظيف للأنابيب على الهواء (on-line). 7) لا تؤثر مكونات ماء التغذية (الملوحة) على استهلاك الطاقة لكل م^3؛ 8) الماء المنتج ذو ملوحة قليلة جدا(5-25) جزء في المليون)؛	1) فعالية التكلفة مرتبطة بانخفاض التكلفة لمصدر البخار المتوفر؛ 2) احتياجات كهربائية مرتفعة مقارنة بـ (MED)؛ 3) احتياجات مرتفعة لتبريد الماء؛ 4) عملية فقط لتطبيقات ماء البحر.
RO	1) عملية مع تطبيقات ماء البحر والمياه قليلة الملوحة؛ 2) استخدام أقل للطاقة مقارنة بالعمليات الحرارية؛ 3) احتياجات تكاليف رأس المال أقل مقارنة بالعمليات الحرارية؛ 4) احتياجات ماء التغذية أقل مقارنة بالعمليات الحرارية.	1) مرتبطة بشكل كبير بفعالية المعالجة الأولية؛ 2) تعطي ماء محلى أقل جودة مقارنة بالعمليات الحرارية؛ 3) أكثر تعقيدا للاستعمال مقارنة بالعمليات الحرارية.

Source: Juan Cànovas Cuenca, **Report on water desalination status in the Mediterranean countries**, 1ère édition, Institute murciano de investigacion, Spain, 2012, p:09.

ولأكثر تفصيل حول الفروقات الجوهرية بين التقنيات الثلاثة (أنظر:**الملحق رقم (1.1)**).

3.1. سوق التحلية العالمي

شهد السوق العالمي لتحلية المياه (خاصة مياه البحر) نموا معتبرا منذ بداية سبعينيات القرن العشرين. وتشير جميع الإحصاءات الصادرة عن المنظمات الدولية المختصة وخاصة الجمعية الدولية لتحلية المياه(IDA)، أن هذا السوق شهد نموا وتطورا سواء من حيث طاقة الإنتاج (اليومي و السنوي) أو من حيث نوع التقنيات المعتمدة (الحرارية والغشائية).

إن الحديث عن سوق التحلية العالمي لا يتركز فقط حول تحلية مياه البحر وفقط، بل أيضا يشمل المياه قليلة الملوحة، مياه النهر...الخ. ومن ثم، فإن الفصل على أساس سوق عالمي لتحلية مياه البحر أمرا غير دقيقا.

وتشير التقديرات الواردة عن الجمعية الدولية لتحلية المياه، أن تحلية مياه البحر(كمصدر لمياه التغذية) تستحوذ على النسبة الكبرى من سوق التحلية العالمي تليها المياه قليلة الملوحة التي تعتمدها العديد من الدول في العالم.

1.3.1. تطور سوق التحلية العالمي: الطاقة الإنتاجية والتقنية المستخدمة

عرفت الطاقة الإنتاجية للمياه المحلاة نموا معتبرا منذ تسعينيات القرن العشرين خاصة مع التوسع الذي عرفته هذه الصناعة على المستوى العالمي، والذي أدى إلى إنشاء محطات ذات سعات كبيرة كان لتطور تقنيات التحلية وتحسين أنماط استهلاك الطاقة دورا كبيرا في الوصول إلى زيادة النسبة. ورغم أن سوق التحلية العالمي، يقوم على تحلية مياه البحر والمياه قليلة الملوحة إلا أن النسبة الكبرى من هذا السوق ترجع لمياه البحر.

وتشير إحصائيات صادرة عن جهات مختصة، أن الفترة الممتدة بين (1973-1980) هي الفترة التي عرفت نموا في محطات التحلية خاصة في الدول النفطية التي وجهت استثمارات ضخمة لهذا الجانب الحيوي.

الجدول رقم (1. 22): الطاقة الإنتاجية لمحطات التحلية في العالم سنة 1994 (الوحدة: م^3/اليوم)

الأقاليم	MSF	RO	أخرى	حصة كل إقليم من الطاقة الإنتاجية
أمريكا الشمالية	400,000	2,000	1,400	403,400
أمريكا الجنوبية	100,000	100	200	100,300
أوروبا	600,000	800	200	601,000
أفريقيا	600,000	400	400	600,800
الشرق الأوسط	8,800,000	2,400	600	8,803,000
آسيا	300,000	1,000	200	301,200
استراليا	50,000	100	50	50,150
المجموع	**10,850,000**	**6,800**	**3,050**	**10,859,850**

Source: Mohamed Maalej et Salah Bougeucha, **Le dessalement de l'eau de mer dans le monde arabe (perspectives d'utilisation des énergies renouvelables)**, Alesco, Tunisie, 2002, p:28.

بتحليل معطيات الجدول إلى نسب مئوية نحصل على:

الجدول رقم(1.23):الطاقة الإنتاجية لمحطات التحلية بالنسبة المئوية

الأقاليم	نسبة (MSF) من مجموع التقنيات المعتمدة (%)	نسبة (RO) من مجموع التقنيات المعتمدة (%)	نسبة تقنيات أخرى من مجموع التقنيات المعتمدة (%)	نسبة كل إقليم من الطاقة الإنتاجية الإجمالية
أمريكا الشمالية	99.16	0.50	0.35	03.71
أمريكا الجنوبية	99.70	0.10	0.20	0.92
أوروبا	99.83	0.13	0.03	05.53
أفريقيا	99.96	0.027	0.007	05.53
الشرق الأوسط	99.96	0.027	0.007	81.06
آسيا	99.60	0.33	0.07	02.77
أستراليا	99.70	0.20	0.10	0.46

المصدر: من إعداد الباحثة بالاعتماد على معطيات الجدول رقم (22.1).

من خلال قراءة معطيات الجدول، نجمل الملاحظات التالية:

1) استحوذت تقنية (MSF) على سوق التحلية العالمي من إجمالي الكمية المنتجة بما نسبته (99.91%) لكمية (10,850,000) م^3/اليوم. مقابل نسبة (0.06%) لتقنية (RO) بكمية (6,800) م^3/اليوم، والنسبة المتبقية (0.03%) لتقنيات أخرى. وبلغت نسبة المساهمة بالنسبة لتقنية (MSF) في سوق التحلية لكل إقليم أزيد من (99%) بما يعكس السيطرة المطلقة لهذه التقنية في تلك الفترة؛

2) سيطر إقليم الشرق الأوسط على سوق التحلية العالمي في تلك الفترة بنسبة (81.10%) وبكمية إنتاج (8,803,000) م^3/اليوم، يليه إقليمي أوروبا وآسيا بنسبة (05.53%) وبكمية إنتاج (601,000) م^3/اليوم و(600,800) م^3/اليوم على التوالي. فيما تقاسمت باقي الأقاليم النسبة والكمية المتبقية المتبقية؛

وتعكس هذه الإحصائيات، حقيقة أن الشرق الأوسط هو أكثر أقاليم العالم ندرة في الموارد المائية في ظل غياب مصادر مائية تقليدية كافية (مياه جوفية وأنهار). وهذا ما وسع من دائرة الاعتماد على تحلية المياه المالحة (خاصة مياه البحر)، وجعل دول الشرق الأوسط (خاصة الخليج العربي) هي الأكثر إنتاجا للمياه المحلاة في العالم.

الجدول رقم (24.1): الطاقة الإنتاجية لمحطات التحلية في العالم سنة 2004 (الوحدة:مليون م^3/اليوم)

	الكمية	النسبة المئوية (%)
1) الشرق الوسط	19.05	50
2) أمريكا الشمالية	06.70	18
3) آسيا	05.00	13
4) أوروبا	05.00	13
5) أفريقيا	02.20	06
المجموع	**37.70**	**100**

Source: Maurel Alain, **Dessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtres (et autres procédés non conventionnels d'approvisionnement en eau douce)**, 2éme édition, Lavoisier (édition TEC&DOC)), France, 2006, p:257.

من خلال قراءة معطيات الجدول ومقارنتها بمعطيات الجدول(22.1)، نلاحظ أن إقليم الشرق الأوسط حافظ على المرتبة الأولى في تحلية المياه بنسبة (50%) بطاقة إنتاج يومي تعادل (19.05) مليون م^3، يليه إقليم أمريكا الشمالية بنسبة (18%) ثم آسيا وأوروبا بنسبة (13%) لكل منهما فيما النسبة الأضعف لأفريقيا (2.2%).

وننوه إلى أن الطاقة الإنتاجية لسنة 2004،كانت موزعة كالتالي:

1) مياه البحر المحلاة: (21.90) مليون م^3/اليوم أي ما يعادل (58%)؛

2) المياه قليلة الملوحة المحلاة: (15.80) مليون م^3/اليوم أي ما يعادل (42%).

الجدول رقم(25.1): توزيع تقنيات التحلية في السوق العالمي

إجمالي محطات التحلية: 13,869 محطة			
نوع التقنية	الحصة السوقية (م^3/اليوم)	النسبة المئوية (سنة:2006)	النسبة المئوية (سنة:2008)
RO	37,066,568	59	53
MSF	17,300,196	27	25
MED	05,629,368	09	08
ED	02,220,133	04	03
أخرى	901,233	01	11

Source: Carlos Campos, **The economics of desalination for various uses**, Water technology center (CETaqua), Agbar /GWI Desal Data/IDA [(1)]; DesalData.com, which is available at: http://desaldata.com[(2)]

من خلال قراءة معطيات الجدول، نلاحظ أن تقنية (RO) هي التي سيطرت على سوق التحلية العالمي خلال سنتي 2006 و2008، وإن سجلت تراجعا بنسبة (06%) خلال سنة 2008. تليها تقنية (MSF) التي سجلت تراجعا طفيفا بنسبة (02%) خلال سنة 2008. ثم تقنية (MED) وباقي التقنيات الأخرى التي سجلت تقدما معتبرا في نسبة استحواذها على سوق التحلية من (01%) سنة 2006 إلى (11%) سنة 2008.

ويبدو واضحا أن التقنيات الغشائية تواصل تقدمها للدفع بالتقنيات الحرارية بعيدا. رغم أن (MSF) و(MED) مثلت (26%) من سوق التحلية خلال الفترة (2000-2009)؛ هذه الحصة يتوقع أن تنخفض لتصل إلى (09%) خلال الفترة (2010-2016). ويرجع سبب ذلك إلى:

1) الأول، سوق التحلية خارج دول الخليج يتوقع أن ينمو بسرعة؛

2) الثاني، التحلية الغشائية بدأت تأخذ مكان لها في السوق الخليجية.

الجدول رقم (26.1): توزيع تقنيات التحلية في السوق العالمي والخليجي

سوق التحلية العالمي (%)	
RO	50
MSF+MED	29
أخرى	21
سوق التحلية الخليجي (%)	
MSF+MED	32
RO	68

Source: Hassan Fath et al**, Present and future trend in the production and energy consumption of desalinated water in GCC countries**, vol5, n°2, International journal of Thermal & Environmental Engineering, 2013, p:156.

من خلال قراءة معطيات الجدول، نلاحظ أن تقنية (RO) تسيطر على سوق التحلية العالمي بما نسبته (50%) مقابل نسبة (29%) بالنسبة للتقنيات الحرارية. ونفس الأمر ينطبق على دول الخليج العربي، أين تستحوذ تقنية (RO) على نسبة (68%) مقابل (32%) للتقنيات الحرارية.

الجدول رقم (27.1): سعة التحلية العالمية تبعا لنوع التقنية المستخدمة سنة 2014

RO	(%65)
MSF	(%21)
MED	(%07)
ED/EDR/EDI	(%03)
NF/SR	(%02)
أخرى	(%02)

Source: Foundation for water Research, **Desalination for water supply**, A review of current knowledge, 3rd édition, United Kingdom, 2015, p:39.

وحسب إحصائيات صادرة عن الجمعية الدولية للتحلية بنهاية سنة 2015، نجد:[1]

1) عدد محطات التحلية: (17,000) محطة؛

2) الطاقة الإنتاجية: أكثر من (80) مليون $م^3$/اليوم؛

3) (150) دولة تمارس تحلية المياه؛

4) أكثر من (300) مليون فرد يستفيدون من المياه المحلاة.

الجدول رقم (28.1): الدول الرئيسية المنتجة للمياه المحلاة في العالم (الوحدة:النسبة المئوية)

الدولة	الحصة من السوق العالمي (سنة:2006)[1]	الحصة من السوق العالمي (سنة:2009)[2]
1) المملكة العربية السعودية	17	17
2) الولايات المتحدة الأمريكية	13	14
3) الإمارات العربية المتحدة	15	14
4) قطر	13	03
5) إسبانيا	08	09
6) الجزائر	04	03
7) الصين	03	04
8) الكويت	04	04
9) اليابان	02	02
10) أستراليا	02	02

Source: International Water Management Institute, (2006&GWI Desal Data), IDA(2009)[1]
ESCWA(Economic and Social Commission for Western Asia, ESCWA water development report3, **Role of desalination in addressing water scarcity**, United Nations, New York, 2009, p:10/[2].

من خلال قراءة معطيات الجدول، نلاحظ أن المملكة العربية السعودية حافظت على مرتبتها الأولى كأول دولة منتجة للمياه المحلاة في العالم بنسبة (17%) من سوق التحلية العالمي خلال سنتي 2006 و2009 على التوالي. فيما المرتبة الثانية، تمايزت بين الولايات المتحدة الأمريكية والإمارات العربية المتحدة بنسب تتراوح بين (13%) و(15%). وحافظت باقي الدول، على نفس المراتب تقريبا.

[1].http:// Ida desal.org/desalination-101/desalinating-by-the number/

ونلاحظ أنه من بين (10) دول الأولى في العالم في إنتاج المياه المحلاة، توجد (04) دول من الشرق الأوسط (المملكة العربية السعودية، الإمارات العربية المتحدة، قطر والكويت). وهذا ما يعكس حقيقة أن سوق التحلية في الشرق الأوسط هو أول سوق إقليمي في العالم، ويستحوذ على (50%) من سوق التحلية العالمي.

2.3.1. التوزيع الجغرافي والأقاليم الرئيسية لإنتاج المياه المحلاة في العالم

يرتبط توزيع محطات التحلية في العالم، بثلاث عوامل رئيسية:

- ندرة شديدة أو حادة للمياه مرتبطة بالجفاف المناخي؛
- قرب البحر وعدم ارتفاعه؛
- إمكانية تمويل مشاريع التحلية وخاصة في الدول الفقيرة.

وتتمثل أهم أقاليم الإنتاج في العالم في:

أولا: الشرق الأوسط: يستحوذ إقليم الشرق الأوسط على ريادة السوق العالمي لإنتاج المياه المحلاة، بنسبة تتجاوز (50%). وتأتي دول الخليج العربي في مقدمة هذه الدول، والتي وجدت في هذا البديل حلا لمشكلتها المائية التي تفاقمت مع التزايد السكاني، والتحولات الاقتصادية التي شهدتها.

وأنفقت دول الخليج العربي مجتمعة (33) مليار يورو من أجل إنشاء (550) محطة للتحلية في (25) سنة الأخيرة كما يشير تقرير لجنة الموارد المائية لدول مجلس التعاون الخليجي لسنة 2014.

الجدول رقم (29.1): إنتاج المياه المحلاة في دول الخليج العربي خلال الفترة (2000–2012) (الوحدة: مليون جالون/اليوم)

	الإمارات	البحرين	السعودية	عمان	قطر	الكويت	المجموع
2000	465.7	84.1	903.9	184	113.4	498.1	1896
2001	507.3	84.1	906.4	145.8	113.4	498.1	1941
2002	568.6	84.1	913.0	145.8	113.4	498.1	2057
2003	622.3	84.1	914.9	145.8	113.4	423.1	2113
2004	672.8	84.1	924.2	101.2	131.0	423.1	2188
2005	748.1	88.5	979.0	96.06	143.4	419.1	2339
2006	815.1	148.58	1011.6	62.93	168.4	369.1	2576
2007	890.9	148.5	1028.8	62.80	183.4	317.1	2767
2008	1070	148.5	1037.6	62.78	235.5	313.5	3016
2009	1105	148.5	1050.2	62.76	235.5	313.5	3105
2010	1146	148.5	1109	62.70	298.4	315.6	3346
2011	1352	148.5	1145	42.56	328.4	315.6	3618
2012	1540	196.5	1149	42.43	328.4	268.8	3860

المصدر: لجنة الموارد المائية (مجلس التعاون لدول الخليج العربي)، **تحلية المياه المالحة في دول مجلس التعاون لدول الخليج العربية (تاريخها وحاضرها ومستقبلها)**، الإصدار الثاني، الأمانة العامة، المملكة العربية السعودية، 2014، ص: 23.

من خلال قراءة معطيات الجدول، نلاحظ أن المملكة العربية السعودية والإمارات العربية المتحدة تأتي في مقدمة الدول الأكثر إنتاجا للمياه المحلاة في الخليج العربي. وقد شهد إنتاج المملكة تباطؤا نسبيا مقارنة بالإمارات،

التي تفوقت على المملكة في السنوات الأخيرة كما يوضحها الجدول (الجدول لا يتضمن إنتاج الوحدات الصغيرة في المملكة).

ثانيا: أمريكا: تعد الولايات المتحدة الأمريكية، الدولة الأولى في قارة أمريكا في تحلية مياه البحر حيث وطنت هذه الصناعة. وتأتي في المرتبة الثانية بعد الشرق الأوسط بحوالي (120) محطة لتحلية المياه، وهي عبارة عن وحدات صغيرة. قدر إنتاجها بـ (7.5) مليون م^3 سنة 2008 ، وتأتي في مقدمة الولايات: كاليفورنيا، تكساس وفلوريدا.

مقابل ذلك، لاتحظى هذه الصناعة بأهمية كبرى لدى باقي الدول إلا بنزر صغير في كندا وجزر الكاريبيب بالنظر لامتلاكها لكميات هائلة من الموارد المائية السطحية.[1]

ثالثا: دول حوض المتوسط: يعد حوض المتوسط منطقة سياحية بدرجة كبيرة، ويعد الوجهة السياحية الأولى في العالم بـ (250) مليون سائح. ويتركز على ضفافه عدد كبير من السكان خاصة في ظل نمو الطلب وارتفاع الاستهلاك المائي للسائح بما يعادل (300) ل/اليوم.

الجدول رقم (30.1): مصدر الماء المحلى في بعض دول حوض المتوسط (الوحدة: م^3/اليوم)

البلد	مياه البحر	مياه قليلة الملوحة	مياه النهر
المغرب	65,000	19,971	-
الجزائر	1,544,027	141,599	14,300
تونس	9,857	83,169	-
ليبيا	747,906	60,859	160
مصر	543,109	84,339	13,771
إسرائيل	933,415	157,796	39,480
الأردن	2,740	244,137	1,200
لبنان	26,390	2,735	-
سوريا	280	13,581	120
تركيا	433,464	31,380	3,602
اليونان	83,276	60,524	1,700
قبرص	225,457	3,396	-
مالطا	247,720	2,931	200
ايطاليا	359,602	193,934	64,352
فرنسا	23,024	23,008	165,907
اسبانيا	2,956,854	1,149,747	412,361
البرتغال	5,358	8,975	1,584
المجموع	**8,207,979**	**2,282,081**	**718,737**

Source: Juan Cànovas Cuenca, **Report on water desalination status in the Mediterranean countries**, 1ére édition, Institute murciano de investigacion, Spain, 2012, p:09.

[1].Salaman j, **Te dessalement de l'eau de mer est-il une voie d'avenir ?**, GEGOT, Center des etudes géographiques et ordenanet du territoire, p:247, disponible sur le site : http://Gegot.org/

من خلال قراءة معطيات الجدول، نلاحظ:

- تأتي إسبانيا والجزائر أولا في إنتاج مياه البحر المحلاة في حوض المتوسط بنسبة (36.02%) و(18.81%) على التوالي. تليها إسرائيل، مصر وتركيا ثانيا بنسب محصورة بين (5.28%-11.37%)؛ أما ايطاليا، اليونان ومالطا فتأتي ثالثا بنسب محصورة بين (2.75%-4.38%)؛
- هناك تباين بالنسبة لدول حوض المتوسط في اعتمادها على تحلية مياه البحر انطلاقا من التباين الناتج عن استخدام مصادر أخرى للتحلية على غرار (المياه قليلة الملوحة ومياه النهر) كما هو الحال مع تونس والأردن. على سبيل المثال، ترتفع الكمية لاستخدام المياه قليلة الملوحة إلى (83,169) م^3/اليوم) و (244,137) م^3/اليوم على التوالي مقارنة بكمية (9,857) م^3/اليوم و (2,740) م^3/اليوم لمياه البحر.

وضمن دول حوض المتوسط نميز بين دول جنوب شرق المتوسط ودول أفريقيا الشمالية:

1) فيما يرتبط بدول جنوب شرق المتوسط: والتي تمثلها إسرائيل، قبرص ومالطا، نجد:[1]

أ) **إسرائيل**: تأتي إسرائيل في مقدمة دول شرق المتوسط التي وجدت في تحلية مياه البحر، أفضل بديل للتغلب على ندرتها المائية الحادة التي تواجهها بسبب الطبيعة السياسية والقانونية للمياه التي تستخدمها إسرائيل وتتشاركها مع الدول العربية (الأردن، فلسطين، سوريا وحتى لبنان). وهذا ما جعل ميزانها المائي يعاني عجزا مستمرا رغم استحواذها على النسبة الأكبر من مياه نهر الأردن وروافده واستغلالها للمياه الجوفية بشكل أكبر مما يجب.

وقد دخلت إسرائيل في جفاف شديد سنة1999 إلى جانب التلوث الذي مس العديد من الخزانات الجوفية.كل هذه العوامل، دفعت إسرائيل لتوطين صناعة التحلية على أراضيها، وتحصي اليوم أكثر من (30) محطة لتحلية مياه البحر بأحجام مختلفة، تتوزع على طول الشريط الساحلي. وتأتي في مقدمتها محطة أشكيلون بسعة إنتاج (320,000) م^3/اليوم منذ سنة 2005، والتي تغطي احتياجات مليون فرد من مياه الشرب إلى جانب مصانع أخرى في أسدود، تل أبيب. ويتوقع الوصول إلى إنتاج (750) مليون م^3/السنة في العقود المقبلة.

ب) **قبرص ومالطا**: بالنسبة **لقبرص** تتوفر على محطتين: (Larnaca) بسعة إنتاج يومي (62,000) م^3/اليوم و(Dhekelia) بسعة إنتاج يومي (46,000) م^3/اليوم. أما بالنسبة **لمالطا**، تعد من بين دول العالم الأسرع من حيث النمو السكاني، وتمثل إحدى الدول العشرة على المستوى العالمي المعنية بندرة المياه. وما فاقم من وضعية هذه الندرة، تعرض الطبقة الجوفية للتآكل إلى جانب الاستغلال غير القانوني للآبار الموجودة فضلا عن التوقعات التي تشير إلى احتمال ارتفاع مستوى البحر. وقد كانت الطبقات الجوفية، تغطي جميع احتياجات السكان من مياه الشرب لكن حاليا أصبح للتحلية دور كبير في ذلك بما يعادل (60%).

[1].Ibid, pp: 249-250.

2) **فيما يرتبط بأفريقيا الشمالية**: والتي تمثلها مصر، ليبيا والجزائر نجد:[1]

أ) تعد **مصر** البلد العربي الأكبر من حيث عدد السكان، والذي تجاوز(90) مليون نسمة؛ هذا العدد الهائل من السكان، جزء كبير منه يتركز في العاصمة القاهرة إلى جانب المدن الكبرى الأخرى. ويمثل نهر النيل شريان الحياة لمصر، ويوفر لها ما نسبته (95%) من المياه العذبة.

وفي السنوات الأخيرة، تزايد الطلب بشكل لافت على مياه الشرب خصوصا في ظل تراجع منسوب نهر النيل بسبب تراجع الهطول. وربما كان للتغير الجيوسياسي الذي ميز تحديدا حوض النيل دورا بارزا في ذلك (مع انفصال جنوب السودان عن شماله).

لقد أنشأت مصر العديد من محطات تحلية مياه البحر الصغيرة على ساحل البحر المتوسط بسعة إنتاج سنوي (30) مليون م^3، وهي لا تمثل إلا (0.03%) من التموين بالماء العذب. وينتظر أن تتوسع مصر في صناعة تحلية مياه البحر خاصة على ساحل البحر الأحمر أين الطلب السياحي على المياه مرتفع.

ب) إن **ليبيا** بلد صحراوي بنسبة (95%)، ولا يتوفر على موارد مائية تقليدية كثيرة والموجود منها لا يغطي إلا (2.3%) من الاحتياجات الضرورية للقطاعات الاقتصادية. وتستحوذ الزراعة لوحدها على (80%) من المياه؛ ولتغطية الطلب، اعتمدت ليبيا على مخزونها من المياه الجوفية لكن هذه المياه لم تعد قادرة على تلبية الطلب (في ظل تعرض بعضها للاستنزاف، وما هو موجود منها أصابه التلوث).

وتحصي ليبيا العديد من محطات تحلية مياه البحر على ساحل الأبيض المتوسط منها: محطة الزاوية (10×80^3) م^3/ اليوم، سوسة (10×40^3) م^3/اليوم، زويلنة (10×100^3) م^3/ اليوم، طبرق (10×100^3) م^3/ اليوم، بنغازي (10×300^3) م^3/ اليوم، طرابلس (10×500^3) م^3/ اليوم إضافة إلى بعض المحطات التي يتوقع إنشاؤها في مدن زوارة وأبو طارة في غرب ليبيا.

كل هذه المشاريع، جعلت ليبيا تحتل مراتب متقدمة على المستوى العالمي في إنتاج المياه المحلاة. ولم تكتف بذلك، بل وقعت مع فرنسا، اتفاقية لبناء مركز نووي موجه لتحلية مياه البحر سنة 2008 (لكن مع الأحداث السياسية الجارية في ليبيا، العديد من المشاريع تم تقييد انجازها إلى إشعار آخر).

ت) بالنسبة **للجزائر**، تحتل المرتبة الثانية في حوض المتوسط في تحلية مياه البحر. وقد أقامت صناعة التحلية على سواحلها خاصة مع بداية الألفية الثالثة ضمن مخطط استعجالي لانجاز(13)محطة كبرى تتراوح سعاتها الإنتاجية بين (10×88.6^3–10×500^3) م^3/اليوم، بطاقة إنتاج يومي تعادل (2.31) مليون م^3.

وبدأ الإنتاج لـ (10) محطات، ويتوقع دخول باقي المحطات حيز الخدمة في السنوات القليلة القادمة (محطة المقطع تم انجازها وتنتظر فقط بداية الإنتاج) (أكثر تفصيل حول هذا الجانب، سيتم التطرق له في الجانب التطبيقي).

رابعا: الاتحاد الأوروبي (بما فيه دول شمال المتوسط): تعد اسبانيا وايطاليا، من الدول الرائدة في إنتاج مياه البحر في أوروبا. مقابل ذلك، لا تزال هذه الصناعة هامشية ولا تحظى بالأهمية الإستراتيجية في باقي الدول.

---

[1].Ibid, p:251.

1) تحتل **إسبانيا**، المرتبة الأولى في حوض المتوسط في تحلية مياه البحر. وقد بدأت الخطوات الأولى للتحلية ثمانينيات القرن العشرين، وتحديدا في جزر الكناري (لاس بلامس: 40×10^3 م^3/اليوم).

وتنتشر محطات التحلية في عدة جزر في اسبانيا (مايوركا، بالما وإيبيزا)، أين تشهد هذه الجزر توافد هائل للسياح طوال أيام السنة. وهذا ما ولد ضغطا كبيرا على الطلب المائي. ويقدر أن (22%) من الماء المحلى يوجه للزراعة.

2) أما **إيطاليا**، فتعد من أكثر الدول المتوسطية جذبا للسياح، وهذا ما جعل حاجتها لمياه إضافية أكبر بكثير خاصة مع تزايد عدد السكان المتمركزين على ساحل المتوسط. وتأتي ايطاليا في المرتبة الثالثة بعد إسبانيا والجزائر (ضمن دول حوض المتوسط) في تحلية مياه البحر، والمرتبة (11) على المستوى العالمي.

3) بالنسبة لباقي دول أوروبا الغربية، بدأت التحلية تأخذ دورا مميزا ضمن الخريطة المائية لهذه الدول خاصة فرنسا.

الجدول رقم (31.1): ملخص أقاليم التحلية في العالم

الإقليم	نسبة المساهمة (%)
الشرق الأوسط	53
أمريكا الشمالية	17
آسيا	11
أوروبا	10
أفريقيا	06
أمريكا الوسطى	02
أمريكا الجنوبية	01
أستراليا	0.1>

Source: Foundation for Water Research, **Desalination for water supply**, A review of current knowledge, 3rd édition, United Kingdom, 2015, p:10.

تؤكد معطيات الجدول، حقيقة أن الشرق الأوسط هو أكبر إقليم منتج للمياه المحلاة في العالم بنسبة (53%)، يليه إقليم أمريكا الشمالية بنسبة (17%) ثم إقليمي آسيا وأوروبا بنسبة (11%) و(10%) على التوالي. فيما باقي الأقاليم تتقاسم النسبة الباقية.

الجدول رقم (32.1): الأسواق العشرين الرئيسية للتحلية في العالم خلال الفترة (2010-2012)

المرتبة	الدولة	القيمة (مليار دولار)
01 (2)أ	المملكة العربية السعودية	5,519
02 (7)	الولايات المتحدة الأمريكية	4,419
03 (3)	استراليا	3,237
04 (16)	إسرائيل	2,503
05 (13)	الكويت	2,480
06 (15)	ليبيا	2,443
07 (01)	الإمارات العربية المتحدة	2,198
08 (05)	الصين	1,517
09 (09)	الهند	1,293
10 (21)	الشيلي	1,200
11 (17)	الكاريبب	1,069
12 (29)	المغرب	926
13 (04)	اسبانيا	861
14 (11)	عمان	785
15 (20)	إيران	709
16 (14)	مصر	660
17 (12)	البحرين	646
18 (10)	تركيا	545
19 (06)	الجزائر	529
20 (31)	الأردن	496

Source: Global Water Intelligence, vol 11, issue7, Available at: desaldata.org/

(أ): الأرقام التي بين قوسين، تمثل مرتبة كل دولة خلال الفترة (2006-2009).

من خلال قراءة معطيات الجدول، نلاحظ:

1) تنوع أسواق التحلية الرئيسية بين أقاليم العالم المختلفة، وإن كان لإقليم آسيا نسبة استحواذ كبيرة لكونه يضم الدول الأكثر إنتاجا للمياه المحلاة في العالم على غرار المملكة العربية السعودية والإمارات العربية المتحدة؛

2) تحسن مراتب أسواق بعض الدول خلال الفترة (2010-2012) مقارنة بالفترة (2006-2009)، حيث سجلت المملكة العربية السعودية تقدما برتبة واحدة لتحتل المرتبة الأولى عالميا بعدما كانت تحتل المرتبة الثانية خلال الفترة (2006-2009)، فيما سجلت بعض الدول تقدما كبيرا على غرار: إسرائيل، الكويت...الخ ؛

3) حققت بعض الدول تراجعا كبيرا في مراتبها وكانت الجزائر، تركيا والإمارات أكثر الدول التي تراجعت فيها أسواق التحلية مقارنة بالدول الأخرى.

وتشير توقعات الجمعية الدولية لتحلية المياه، أن سوق التحلية العالمي سوف يشهد نموا متزايدا في حصة التقنيات الغشائية (RO) في العقود المقبلة مع توقع تحقيق حصة (73%) من السعة الإجمالية العالمية نهاية سنة 2016. وسيكون من ضمن هذا السوق (09) دول عربية ضمن أسواق التحلية الأكثر أهمية على المستوى العالمي على غرار المملكة العربية السعودية والجزائر.

خلاصة الفصل

تصاعدت حدة المشكلة المائية في أقاليم عديدة من العالم، طبعتها مختلف التغيرات الاقتصادية والاجتماعية وحتى السياسية التي أثرت بشكل كبير في كمية ونوعية المورد المائي العذب؛ هذه الكمية، التي تتميز أصلا بتوزيعها غير المتكافئ وغير العادل النابع من توزيع المياه على كوكب الأرض.

وإزاء هذا الوضع المعقد، كانت مياه البحر المالحة حلا جذريا للمشكلة المائية في العالم وخاصة في الدول التي انعدمت لها خيارات أخرى؛ واعتبرت تحلية مياه البحر البديل الأمثل والأنسب لمواجهة كل التحديات المرتبطة بنقص المياه العذبة، خاصة تلك المرتبطة بضمان مياه الشرب.

ونجحت دول عديدة في العالم في توطين صناعة تحلية مياه البحر على أراضيها؛ هذه الصناعة، التي مكنتها من مواجهة عجزها المائي وتخطي عقبة مشاكل اقتصادية واجتماعية وسياسية كان يمكن أن تعصف باقتصادياتها. وبالنسبة لدول عديدة على غرار دول الخليج العربي، مثلت لها تحلية المياه بديلا ثمينا لايمكن تقدير قيمته خاصة مع اعتماد بعض دوله على المياه المحلاة بصفة كلية.

وقد شهد سوق التحلية العالمي، نموا معتبرا عكسته زيادة الطاقة الإنتاجية لمحطات التحلية المنتشرة عبر العالم والتي ما فتئ عددها يزداد بوتيرة سريعة إلى جانب تنوع وتطور تقنيات التحلية التي كان لها دور محوري في انتشار هذه الصناعة في دول عديدة.

الفصل الثاني

تكلفة تحلية مياه البحر

تمهيد

تعد التكلفة أهم القضايا حساسية وأكثرها حرجا في صناعة تحلية مياه البحر؛ هذه التكلفة، التي لازالت تمثل التحدي الأساسي لجميع دول العالم التي تبنت و/أو ستتبنى خيار تحلية مياه البحر كبديل غير تقليدي لتعويض النقص الحاصل أو الندرة في مواردها المائية التقليدية.

وتمتاز تكلفة تحلية مياه البحر عن باقي تكاليف الصناعات الأخرى بطبيعتها المعقدة والمركبة نتيجة تميز المنتج الذي تقدمه وهو الماء المحلى في حالة المحطات أحادية الغرض، والماء المحلى والطاقة الكهربائية في حالة المحطات ثنائية الغرض من ناحية، ونوع المادة الخام التي تعتمد عليها وهي مياه البحر المالحة ذات الخصائص الفيزيو-كيميائية المعقدة التي تتطلب معالجات دقيقة ومكلفة من ناحية أخرى.

ويعطي تحليل تكلفة تحلية مياه البحر من الناحية الاقتصادية، الاجتماعية والبيئية صورة واضحة المعالم ودقيقة الرؤية حول أكثر المحددات تأثيرا في هذه التكلفة، وأهم التحسينات التقنية التي يجب أن يشتغل عليها المهندسين لجعلها تكلفة مثلى ومعقولة خاصة مع التوقعات التي تشير إلى أن سوق التحلية العالمي سيشهد نموا معتبرا في العقود المقبلة في ظل استمرارية تراجع مناسيب المياه العذبة في عديد أقاليم العالم.

وانطلاقا من هذه الجوانب، سنتناول في هذا الفصل المباحث التالية:

- مدخل عام للتكلفة
- طبيعة تكلفة تحلية مياه البحر
- محددات تكلفة تحلية مياه البحر
- تحليل مكونات تكلفة تحلية مياه البحر

1.2. مدخل عام للتكلفة

مع تغير خريطة الاقتصاد العالمي نهاية خمسينيات القرن العشرين، شهد السوق العالمي نمو عدد كبير من الصناعات تنتمي لقطاعات عديدة (إنتاجية و/ أو خدمية)، أوجدت منافسة كبيرة جدا بين المنتجين، المصنعين ورجال التسويق.

بالتوازي مع ذلك،كان تحديد التكلفة لمختلف المنتجات وجعلها ضمن الحدود المقبولة عالميا أحد الركائز الأساسية التي تطورت بتطور الاقتصاد العالمي انطلاقا من كونها أداة مهمة لاتخاذ القرارات وتحديد الأسعار.

1.1.2. تعريف التكلفة

لقد تطور مفهوم التكلفة مع تطور احتياجات المحاسبين والاقتصاديين، وأصبح معناها يعطي معنى عاما يختلف باختلاف الغرض الذي يستخدم من أجله والمجال الذي يستخدم فيه. لذلك، أصبح من الضروري تعريفها بإضافة الصفة الدالة لها، وهذه الصفات مثل: المباشرة، المتغيرة، الأولية...وغيرها؛ فالمحاسبون ينظرون إلى التكلفة لاستنتاج الأرباح والخسائر من خلال الاستعانة بما يتوفر لديهم من بيانات وأرقام ومعلومات حول الإيرادات والتكاليف، أما الاقتصاديون، فإنهم ينظرون إلى التكلفة على أساس معرفة حجم الإنتاج، وهل تستمر المؤسسة به أم تتوقف عنه؟.[1]

وانطلاقا من هذا، تعرف التكلفة من ناحيتين: الناحية الاقتصادية والناحية المحاسبية.

1.1.1.2. من الناحية الاقتصادية

تعرف التكلفة من هذه الناحية على أنها:

1) "تضحية اختيارية بموارد اقتصادية في الماضي والحاضر والمستقبل في سبيل الحصول على أصول ثم استلامها فعلا، ومن ثم يتم الحصول على منافع منها في الحاضر والمستقبل."[2]

2) "قيمة الموارد التي تم التضحية بها من أجل الحصول على سلع أو خدمات لاستخدامها في تحقيق أهداف المؤسسة."[3]

ومن خلال التعريفين السابقين، نجد أن هناك عنصرين أساسين يحكمان التكلفة، هما: التضحية والمنافع، وهذين العنصرين يخضعان لسلطة الزمن (الحاضر و المستقبل).

2.1.1.2. من الناحية المحاسبية

تعرف التكلفة من هذه الناحية كما يلي:

1) "مجموعة الأعباء المتعلقة بمرحلة معينة أو بمنتج مادي معين، أو مجموعة منتجات أو خدمة معينة أو مجموعة خدمات مقدمة في مرحلة معينة قبل المرحلة النهائية أي قبل وصولها إلى البيع."[4]

---

[1]. طارق الحاج،حسين فليح، **الاقتصاد الإداري**، دار صفاء للنشر والتوزيع، الأردن، 2009، ص:131.

[2]. عبد المنعم مبارك صلاح الدين، عطية عبد الحي مرعى، **أنظمة التكاليف لأغراض قياس تكلفة الإنتاج والخدمات في بيئة الأعمال الحديثة**، دار المطبوعات الجامعية، مصر، 2008، ص:08.

[3]. حكمت أحمد الراوي، **نظم المعلومات المحاسبية والمنظمة–نظري مع حالات تطبيقية–**، دار الثقافة للنشر والتوزيع، مصر، 1998، ص:99.

[4]. ناصر دادي عدون، **تقنيات مراقبة التسيير**، دار البعث، الجزائر، 1988، ص:14.

2) "مجموعة الأعباء التي تتحملها المؤسسة في سبيل إنتاج منتج معين."[1]

ومن الناحية المحاسبية، يمكن أن نميز التكلفة من خلال ثلاثة معايير أساسية، وهي:

1) مجال تطبيق الحساب: ويقصد بمجال التكلفة مواضع حدوث التكلفة، وهنا يمكن التمييز بين عدة أنواع:

- التكلفة حسب الوظيفة الاقتصادية: تكاليف الشراء، الإنتاج والتوزيع؛
- التكلفة حسب وسائل الاستغلال: مخزن، مصنع، ورشة...؛
- التكلفة حسب الإنتاج (نشاط الاستغلال): مجموعة منتجات، مرحلة تصنيع المنتج...؛
- التكلفة حسب المسؤولية: الأعباء التي توكل إلى شخص ما (مدير، رئيس مصلحة)؛
- تكاليف أخرى: حسب المنطقة، أو مجموعة الزبائن...الخ.

2) من حيث المحتوى: نميز بين: تكاليف كلية، تكاليف جزئية وتكاليف معيارية.

3) من حيث وقت الحساب: نميز بين: تكاليف مؤكدة (حقيقية أو تاريخية)، تكاليف مسبقة (تكاليف معيارية).

وانطلاقا من النظرة المحاسبية والاقتصادية للتكلفة، يتم التمييز بين المصاريف، الأعباء حيث:[2]

أ) المصاريف: هي عملية خروج حقيقي لقيم جاهزة مباشرة أو بعبارة أخرى خروج النقود، والمصروف يقابله الإيراد الذي يعتبر تحصيل على النقود. ومن الوهلة الأولى يتبادر إلى الذهن، أنه بإمكان المؤسسة الحصول على نتائجها بالفرق بين المصاريف والإيرادات السائلة إلا أن هذا ليس ممكنا إلا في حالات مدة طويلة من حياة المؤسسة أو على المدى الطويل نظرا لأن المصاريف والإيرادات لا تتزامن مع النشاط الاستغلالي للمؤسسة أي هناك تحمل مصاريف نظرية قبل أو بعد دفعها نقدا أو العكس بنسبة للإيرادات.

ب) الأعباء: يتقابل العبء مع الناتج اللذان يعملان على تحديد نتيجة الدورة، ومن بين الأعباء: استهلاك البضائع والمواد واللوازم ومخصصات الإهتلاك...إلخ. ففي حين، نجد أن المصاريف تتميز بالصفة المادية، وهي سهلة الحساب وتحديد الزمن الذي تصرف فيه فإن الأعباء لها الصفة غير المادية أو بصفة أخرى فهي تجريدية وقابلة للتقييم.

2.1.2. تصنيفات التكلفة

هناك عدة معايير يعتد بها في تصنيف (أو تبويب) التكاليف، يمكن حصرها في الجوانب التالية:

1.2.1.2. التصنيف الطبيعي

تبعا لهذا التصنيف، يتم التمييز بين ثلاثة مجموعات من التكاليف:[3]

أولا: تكلفة العناصر المكونة للمنتج

تعرف بأنها:"تكلفة المواد الخام في شكلها الطبيعي، والتي تدخل في نشاط المؤسسة."

---

[1]. نفس المرجع، ص:14.

[2]. سليمة طبابيية، **دروس في المحاسبة التحليلية**،كلية العلوم الاقتصادية والتجارية وعلوم التسيير، جامعة 08 ماي 1945- قالمة-، الجزائر،2015، ص:26.

[3].نعيمة زعرور، **أساليب مثلى لترشيد تكاليف الخدمات العامة- دراسة حالة:مؤسسة اتصالات الجزائر-ولاية بسكرة-**، أطروحة دكتوراه (غير منشورة)،كلية العلوم الاقتصادية والتجارية وعلوم التسيير، جامعة محمد خيضر-بسكرة-، الجزائر، 2014، ص ص:28-29.

ويشمل عنصر المواد: مواد خام، مواد نصف مصنعة، مواد تامة الصنع...الخ.

ثانيا: عنصر الأجور

يقصد بها:"تكلفة العمل الإنساني في المؤسسة."

وتشمل:

1) الأجور النقدية: هي المبالغ والعوائد التي يتقاضها العامل نظير ما يقدمه من خدمات؛

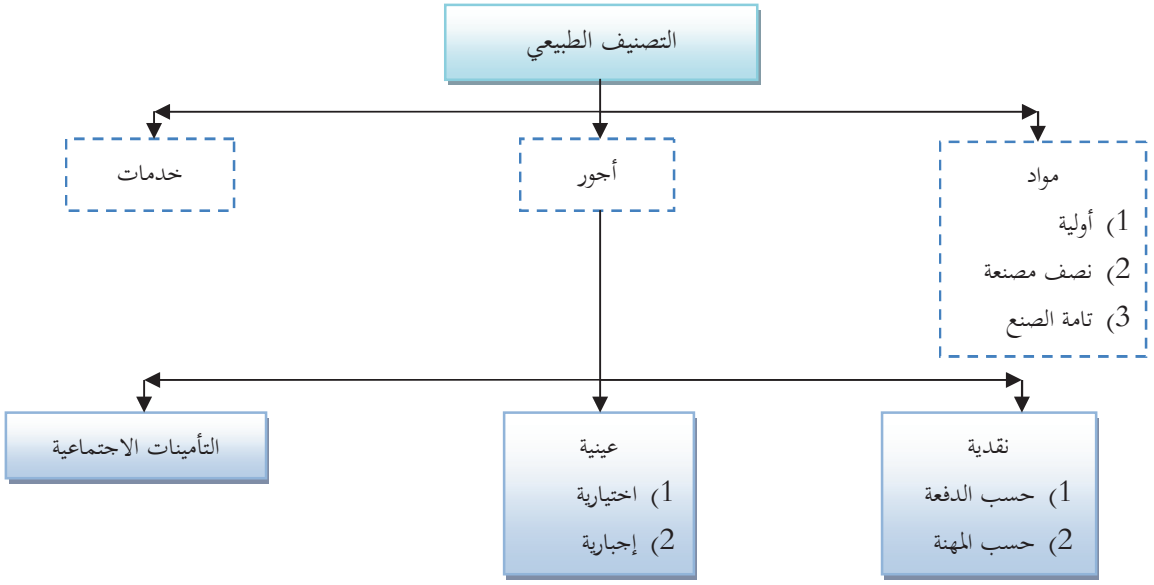
2) الأجور العينية: هي كافة المبالغ التي تدفع للعاملين بهدف تحفيزهم، فهي إما أن تكون:

- إجبارية، مثل: المساهمة في الضمان الاجتماعي والتقاعد؛
- اختيارية، مثل: النقل، السكن، الصحة...الخ؛
- التأمينات الاجتماعية: المبالغ التي تتحملها المؤسسة، وتقتطع من أجر العامل.

ثالثا: تكلفة الخدمات

هي تكلفة يتم صرفها للمساعدة على إتمام النشاط في المؤسسة، وتتمثل في: تكلفة القوى العاملة، الصيانة، الإضاءة...الخ.

الشكل رقم (1.2): التصنيف الطبيعي لعناصر التكلفة



المصدر: محمد علي الجيالي، قصي السامرائي، **محاسبة التكاليف**، دار وائل للنشر، الأردن، 2000، ص:20.

2.2.1.2. التصنيف حسب الوظيفة في المؤسسة

ضمن هذا الجانب، يتم التمييز بين:[1]

أولا: تكلفة الشراء

تشمل تكلفة البضائع، المواد الأولية واللوازم المستهلكة بالإضافة إلى تكاليف التصنيع المباشرة وغير المباشرة.

[1]. محمد سامي راضي، **مبادئ محاسبة التكاليف**، الدار الجامعية، مصر، 2003، ص:50.

ثانيا: تكلفة الإنتاج

تعبر عن مجموعة الأعباء الملحقة في عملية إنتاج منتج ما حتى المرحلة النهائية (مرحلة الدخول إلى المخازن). وتشمل سعر شراء المواد الأولية واللوازم المستهلكة بالإضافة إلى تكاليف التصنيع المباشرة وغير المباشرة.

ثالثا: تكلفة التوزيع

تشير إلى مجموعة الأعباء المرتبطة بعملية التوزيع أو عملية ما بعد الإنتاج. وتشمل المصاريف الداخلية المرتبطة بعملية البيع والمصاريف الخارجية كالنقل، الإشهار وخدمات مابعد البيع...الخ. مع الأخذ بعين الاعتبار طبيعة نشاط المؤسسة (تجارية، إنتاجية وخدمية).

3.2.1.2. التصنيف حسب العلاقة بحجم الإنتاج

ضمن هذا التصنيف، يتم التمييز بين التكاليف التالية:

أولا: التكاليف المتغيرة

هي التكاليف التي يتغير مجموعها مباشرة، وبنفس النسبة عندما يتغير حجم النشاط أو كمية أهداف التكلفة[1]. وبتعبير آخر، هي التكاليف التي تتزايد أو تنخفض مع مستوى الإنتاج. ومن هذه التكاليف مايلي:[2]

1) المواد الخام اللازمة للإنتاج؛

2) رواتب العمال والفنيين في عمليات الإنتاج؛

3) الكهرباء والوقود والمياه المرتبطة بعملية الإنتاج؛

4) المصروفات التسويقية...الخ.

ثانيا: التكاليف الثابتة

هي التكاليف التي لا يتغير مجموعها خلال فترة معينة (خلال المدى الملائم) بتغير حجم النشاط؛ فهي على عكس التكاليف المتغيرة لا تتأثر بالتغير في حجم النشاط خلال الفترة [3]. وبتعبير آخر، هي التكاليف التي لا تتغير بتغير حجم الإنتاج [4]. ومن هذه التكاليف: إيجار الأرض، رواتب الإدارة...الخ.

الجدول رقم (1.2): الفروقات الجوهرية بين التكاليف الثابتة والمتغيرة

التكلفة	في مجموعها	للوحدة
المتغيرة	إجمالي التكلفة المتغيرة يتغير تناسبيا مع التغير في حجم النشاط.	بقاء التكلفة المتغيرة للوحدة ثابتة.
الثابتة	لا تتأثر التكاليف الثابتة في مجموعها بالتغير في حجم النشاط؛ أي أن إجمالي التكلفة الثابتة يبقى على ما هو عليه حتى لو تغير حجم النشاط.	تكلفة الوحدة من التكاليف الثابتة متغيرة (تزداد بانخفاض الإنتاج وتقل بزيادته).

المصدر: خليل عواد أبو حشيش، **محاسبة التكاليف– قياس وتحليل**–، الطبعة الأولى، دار وائل للنشر، الأردن، 2005، ص:46.

---

(1). نفس المرجع، ص:42.

(2). محفوظ جودة وآخرون، **تحليل وتقييم المشاريع**، الشركة العربية المتحدة للتسويق والتوريدات، مصر،2009، ص:82

(3). محمد علي الجيالي، قصي السامرائي، مرجع سبق ذكره، ص:20.

(4). محفوظ جودة وآخرون، مرجع سبق ذكره، ص:82.

وتنقسم التكاليف الثابتة بدورها إلى:[1]

1) **تكاليف ثابتة ملزمة:** هي تكاليف ذات طبيعة طويلة الأجل، ولا يمكن تخفيضها في الأجل القصير إلى الصفر دون الإضرار بأهداف المؤسسة في الأجل الطويل؛

2) **تكاليف ثابتة اختيارية:** هي تكاليف ذات طبيعة قصيرة الأجل، ويمكن تخفيضها إلى الصفر في الأجل القصير دون الإضرار بأهداف المؤسسة في الأجل الطويل.

ثالثا: تكاليف شبة ثابتة أو شبه متغيرة (تكاليف مختلطة)

هي تكاليف تتغير مع حجم النشاط ولكن ليس بنفس النسبة، بحيث تشمل التكاليف شبه الثابتة وشبه المتغيرة وعلى جزء متغير وجزء ثابت مما يستلزم الأمر فصل التكاليف الثابتة عن المتغيرة في هذه الحالة.[2]

رابعا: تكاليف متدرجة

هي التكاليف التي تتغير مع التغير في مجموعها، وبشكل منتظم وبنفس الاتجاه مع التغير في حجم النشاط ولكن ليس بنفس التغير في حجم النشاط.[3]

4.2.1.2. التصنيف حسب العلاقة بالمنتج

ضمن هذا التصنيف، يتم التمييز بين الأعباء المباشرة والأعباء غير المباشرة:

أولا: الأعباء المباشرة

هي الأعباء التي ترتبط ارتباطا وثيقا بوحدات الإنتاج، وتتمثل في عناصر التكاليف التي يسهل تحديدها وتخصيصها لوحدات إنتاج معينة حيث أنها عناصر مباشرة صرفت خصيصا لإنتاج سلعة معينة بذاتها[4]. وتشمل هذه الأعباء:

- المواد المستعملة في الإنتاج، وتوزع إلى نوعين: مواد أولية، ومواد استهلاكية (مواد مساعدة للمواد الأولية)؛
- اليد العاملة المباشرة؛
- خدمات مباشرة...الخ.

ثانيا: الأعباء غير المباشرة

مجموعة الأعباء التي لايمكن تحميلها مباشرة للمنتج لأنها تتعلق بمجموعة معينة من المنتجات أو الوظائف أو الأقسام بمعنى تخص مجموع نشاط المؤسسة الإجمالي[5]. وتشمل:

- تكلفة المواد غير المباشرة (الزيوت، الوقود...)؛
- ساعات العمل غير المباشرة (أجور: مدير المصنع، المراقبين...)؛

---

[1]. نفس المرجع، ص:47.

[2]. سمير محمد عبد العزيز، **الاقتصاد الإداري**، الطبعة الثانية، مكتبة ومطبعة الإشعاع الفنية، مصر، 1998،ص:272.

[3]. نفس المرجع، ص:272.

[4]. نعيمة زعرور، مرجع سبق ذكره، ص:93.

[5].ناصر دادي عدون، مرجع سبق ذكره، ص: 35.

- تكلفة الإنتاج غير المباشرة (الطاقة الكهربائية، نفقات خزن ونقل المواد، تكلفة المياه لأغراض صناعية...)

وعملية حساب هذه الأعباء تتسم بالصعوبة، لذلك يتم اعتماد طريقة الأقسام المتجانسة في معالجتها.

3.1.2. طريقة الأقسام المتجانسة

ظهرت الأقسام المتجانسة (أو مراكز التحليل) من أجل تحليل الأعباء غير المباشرة وتحميلها لمختلف وحدات النشاط في المؤسسة. وتهدف هذه الطريقة إلى تحديد الكيفية التي يتم بها توزيع الأعباء غير المباشرة بين مختلف أنواع المنتجات.

أولا: تعريف القسم المتجانس

يعرف القسم المتجانس بأنه:"نظام محاسبي تجمع فيه عناصر التكاليف وأسعار التكلفة مقدما، ثم تحمل هذه العناصر على مختلف الأقسام باستخدام وحدات القياس المعنية أو نسب مئوية" [1]. أو هو" مجموعة من المصاريف يمكن أن تحمل على سعر التكلفة بواسطة وحدات عمل".[2]

ثانيا: معايير تصنيف الأقسام المتجانسة

توجد عدة معايير يتم اعتمادها لتصنيف الأقسام المتجانسة تختلف باختلاف حجم المؤسسة ونظامها الإداري. ويعتبر معيار التجانس أهمها على الإطلاق، والذي يقوم على تقسيم المؤسسة إلى نوعين من الأقسام:

1) **الأقسام الأساسية:** هي عبارة عن مراكز التحليل التي يمكن قياس نشاطها بواسطة وحدة مادية (ساعة عمل، وحدة مباعة، كمية مشتراة...الخ). وتشمل هذه الأقسام عادة: التموين، الإنتاج والتوزيع؛

2) **الأقسام الثانوية:** وتسمى بالتابعة أو المساعدة، وهي أقسام ذات نشاط يصعب قياسه. وتكمن مهمتها في تقديم خدمات للأقسام الأساسية حيث تساعدها في تأدية عمليات النشاط الاقتصادي، وتحول هذه الأعباء عند عملية التوزيع الثانوي[3]. ومن بين هذه الأقسام نجد: الصيانة، التركيب، المحاسبة...الخ.

ثالثا: تحليل الأعباء غير المباشرة

بعد تحديد الأقسام الأساسية والثانوية، يتم توزيع الأعباء غير المباشرة (على اعتبار أن الأعباء المباشرة تحمل مباشرة للمنتج). ولتحقيق هذا، يتم الاعتماد على أسلوبين:

1) **التوزيع الأولي:** يتم توزيع الأعباء غير المباشرة حسب طبيعتها (المجموعة السادسة حسب المخطط المحاسبي الوطني) إلى أعباء حسب الوظيفة (توزع على الأقسام الأساسية والثانوية). وهذا التوزيع يكون انطلاقا من مفاتيح التوزيع.

2) **التوزيع الثانوي:** توزيع للأعباء غير المباشرة من الأقسام الثانوية إلى الأقسام الأساسية، ويتم تحميل نصيب كل قسم أساسي من أعباء الأقسام الثانوية على حسب وحدة قياس معينة تختلف من مؤسسة إلى أخرى.[4]

---

[1]. بوعلام بوشاشي، **المنير في المحاسبة التحليلية**، دار هومة للطباعة والنشر والتوزيع، الجزائر، 2002، ص:17.

[2]. ناصر دادي عدون، مرجع سبق ذكره، ص:37.

[3]. محمد الخطيب نمر، **اعتماد طريقة الأقسام المتجانسة في المحاسبة التحليلية لتحديد الأسعار– دراسة حالة مؤسسة توزيع وصيانة العتاد الفلاحي والري الصغير بورقلة –**، مذكرة ماجستير غير منشورة، كلية الحقوق والعلوم الاقتصادية، جامعة قاصدي مرباح– ورقلة–، الجزائر، 2006، ص:17.

[4].أحمد نور، **في مبادئ المحاسبة المالية**، الدار الجامعية، بيروت، 1996، ص:98.

رابعا: وحدة العمل (أو القياس)

تعتبر وحدات العمل الأداة أو الوسيلة لتحميل الأعباء غير المباشرة لكل قسم من الأقسام الأساسية. وتعرف بأنها:"الوحدة التي تمكن من تحميل تكاليف مركز التحليل على حسابات تكاليف المنتجات أو الطلبيات."[1]

ويوجد نوعين من وحدات العمل، وهما:[2]

1) **وحدات العمل الحقيقية:** وهي التي تعبر عن طبيعة الأداء المقدم من قبل مراكز التحليل مثلا: ساعة عمل الآلة، ساعة يد عاملة، وحدة مخزنة...الخ؛

2) **وحدات العمل النقدية:** عبارة عن تعبير نقدي عن طبيعة ونشاط مركز التحليل، وغالبا ما تختار هذه الوحدة على مستوى قسم التوزيع وقسم التموين أحيانا.

2.2. طبيعة تكلفة تحلية مياه البحر

من البديهي، أن تكلفة أي مشروع اقتصادي هي المحدد الاستراتيجي للحكم على أداء وفعالية هذا المشروع. وبقدر ما يكون هناك تحكم في التكلفة وضبطها لتصل إلى حدود مثلى، بقدر ما تكون هذه الصناعة أو المشروع مجديا اقتصاديا. ويحقق كفاءة إن كان على المستوى الجزئي (المشروع)، أو القطاعي (الصناعة) أو الكلي (الاقتصاد القومي).

وصناعة تحلية مياه البحر من أكثر الصناعات الرائدة على المستوى العالمي في الوقت الراهن، وهي تتميز بخصوصيات منفردة عن باقي الصناعات الأخرى. وسوقها غني جدا بصناعات جزئية تعد قاعدة أساسية لنجاحها (الأغشية، الكيميائيات، المضخات، الطاقة...الخ). وهذا ما جعل تحديد تكلفتها، وتقديرها من الأمور المعقدة بشكل كبير رغم تعدد النماذج والبرامج التي خصصت لحساب هذه التكلفة.

إن طبيعة تكلفة تحلية مياه البحر مركبة نظرا لتداخل الجوانب الاقتصادية، الاجتماعية والأهم البيئية المؤثرة فيها والتي تندرج ضمن متطلبات التنمية المستدامة من منطلق خصوصية المادة الأولية المستخدمة على مستوى المحطة (مياه البحر) والمنتج النهائي (الماء المحلى). وكلاهما يرتبطان بمنظومة دائرية تضم التكلفة الاقتصادية، الاجتماعية والبيئية.

1.2.2. البعد البيئي لتكلفة تحلية مياه البحر

إن الوصول إلى ماء محلى قابل للاستهلاك الآدمي، أمر ليس باليسير إذا كان ماء البحر هو المستخدم الرئيسي في هذه العملية.كما أن اعتماد مياه البحر كمادة أولية لتغذية محطات التحلية، تتطلب كميات هائلة من استهلاك الطاقة؛ هذه الطاقة، التي لا تزال لحد اليوم طاقة أحفورية متأتية من المصادر الرئيسية (حرق الغاز الطبيعي والنفط)، والذي ينتج عنها انبعاثات مختلفة (خاصة غاز ثاني أكسيد الكربون)، وهو من الغازات المسببة للاحتباس الحراري.

---

[1].محمد سعيد أوكيل، **تقنيات المحاسبة التحليلية**، دار الآفاق، الجزائر، ص:110.

[2].محمد الخطيب نمر، مرجع سبق ذكره، ص ص:22- 23.

ويظهر البعد البيئي لتكلفة تحلية مياه البحر في جانبين أساسيين:

1.1.2.2. الانبعاثات الغازية

تنتج الانبعاثات الغازية عن استهلاك الطاقة الأحفورية (الغاز الطبيعي والنفط) بشكل رئيسي إلى جانب بعض المصادر الأخرى خاصة الكيميائيات المستخدمة أثناء المعالجة الأولية؛ ورغم أنه ليس مؤكد حتى الآن مدى التأثير البيئي لهذه الانبعاثات على الغلاف الجوي إلا أن النقطة المفصلية المتفق عليها من قبل الخبراء والمختصين في شتى المجالات، أن الطاقة المستخدمة في محطات التحلية لها تكلفة بيئية ممثلة في كمية الانبعاثات الغازية خاصة (CO_2)، وتتطلب معالجتها تبني خيارات متعددة على رأسها الطاقة المتجددة.

الجدول رقم (2.2): انبعاثات (CO_2) لمختلف تقنيات التحلية

تقنية التحلية	الطاقة الكهربائية (كيلوواط ساعي/م^3)	الطاقة الحرارية (كيلوجول/م^3)	(كغ- co_2/م^3)
MSF	05 -3.5	300 -250	25.5 -20.4
MSF (مشترك)	05 -3.5	170 -160	15.6 -13.9
MED	05 -1.5	220 -150	17.6 -11.8
MED (مشترك)	2.5 -1.5	100	8.9 -8.2
RO (مياه البحر)	09 -05	لاشيء	6.0 -3.4
RO (قليلة الملوحة)	2.5 -0.5	لاشيء	1.7-0.3

Source: Escwa(Economic and Social Commission for western Asia), **Role of desalination addressing water scarcity**, Escwa development report3,United Nations, USA ,2009, p:28.

من خلال قراءة معطيات الجدول، نلاحظ:

1) تقنيات التحلية الحرارية (MSF وMED) أحادية الغرض ذات استهلاك واسع للطاقة الحرارية، وتتراوح كمية الطاقة المستهلكة بين (150- 300)كيلوجول/م^3، فيما تنخفض الكمية قليلا بالنسبة لنفس التقنيات (ذات الإنتاج المشترك) وتتراوح بين (100-170)كيلوجول/م^3. وفي الوقت ذاته، تستهلك هذه التقنيات طاقة كهربائية تصل إلى (05)كيلوواط ساعي/م^3 لتقنية (MSF بنوعيها)، وتنخفض النسبة قليلا بالنسبة لتقنية (MED)؛

2) التقنيات الغشائية (RO لمياه البحر)، تستهلك فقط الطاقة الكهربائية وتتراوح الكمية المستهلكة بين (05-09)كيلوواط ساعي/م^3؛ فيما المياه قليلة الملوحة تتراوح بين (0.5-2.5)كيلوواط ساعي/م^3؛

3) التقنيات الحرارية أكثر إنتاجا لغاز (CO_2)، وتأتي في مقدمتها تقنية (MSF) أحادية الغرض بكمية تتراوح بين (20.4- 25.5)كغ/م^3. وتتشارك تقنيتي (MSF مشترك) و(MED مشترك) المرتبة الثانية بكمية تتراوح بين (11.8- 17.6)كغ/م^3، وتنخفض الكمية إلى أقل من (10)كغ/م^3 بالنسبة لتقنية (MED مشترك)؛

4) أما بالنسبة للتقنيات الغشائية (RO مياه البحر و قليلة الملوحة)، فإن الكمية منخفضة وتتراوح بين (3.4-6.0)كغ/ م^3 بالنسبة لمياه البحر، وتنخفض بشكل كبير للمياه قليلة الملوحة (0.3-1.7)كغ/م^3.

الجدول رقم (3.2): الإنبعاثات المحمولة في الهواء الناتجة عن منظومات التحلية المعتمدة على الوقود الأحفوري

انبعاث لكل كلم^3 من الماء منزوع الملح	MSF	MED	RO
كغ من CO_2	23.41	18.05	01.78
غ غبار	02.04	01.02	02.07
غ من (NO_x)	28.29	21.41	03.87
غ من (NMVOC)	07.90	05.85	01.10
غ من (SO_x)	27.92	26.29	10.68

Source: Raluy,R.G et al, **Life cycle assessment of desalination technologies integrated with renewable energy**, Desalination ,vol 148, n°1-3, 2005, p:81.

من خلال قراءة معطيات الجدول، نلاحظ:

1) التقنيات الحرارية (MED+MSF)، أكثر إصدارا للغازات المسببة للاحتباس الحراري (CO_2، NO_x وSO_x). وتأتي في مقدمتها تقنية (MSF) بكميات تتراوح بين (27.92) غ- (23.41) كغ/م^3، ويأتي غاز(CO_2) بأعلى كمية منتجة لكل متر مكعب من الماء المحلى بما يعادل (23.41) كغ/م^3، ثم تليها تقنية (MED) بكميات تتراوح بين (3.87) غ- (18.05) كغ/م^3؛

2) تقنية (RO)، هي أقل التقنيات إصدارا للغازات المسببة للاحتباس الحراري مقارنة بالتقنيات الحرارية حيث تنتج أقل كمية من غاز (CO_2) بما يعادل (1.78) كغ/م^3، مقابل كميات تتراوح بين (3.87-10.68) غ/م^3 بالنسبة لغازات (NO_x و SO_x).

وتشير الدراسات التي أجريت حول التأثير البيئي لمحطات تحلية مياه البحر خاصة ما ارتبط بانبعاثات غاز (CO_2) أن:[1]

1) توليد جيغاواط ساعي من الطاقة الكهربائية باستخدام النفط، ينتج عنه إصدار (700) طن من غاز (CO_2)؛

2) توليد جيغاواط ساعي من الطاقة الكهربائية باستخدام الغاز الطبيعي، ينتج عنه إصدار (450) طن من غاز (CO_2).

بحيث:(01) جيغاواط= 10^9 واط أي مليار واط.

[1].The World Bank**, Renewable energy desalination-An emerging solution to close the water gap in the Middle East and North Africa**, MENA development report, USA, 2012, p:15.

الجدول رقم (4.2): الكمية المعادلة من انبعاثات (CO_2) لمحطة (RO) نموذجية

مدخلات العملية	الغرض	الكمية المثلى (ملغ/ل)[1]	الكمية المثلى(كغ/اليوم)	طن/اليوم/Co_2-e
الطاقة	مضخات تغذية كهربائية	4.5 كيلوواط ساعي/م^3		660.15
Cl_2	معالجة أولية	50	12,234.67	14.81
$Fecl_3$	معالجة أولية	05	1,234.56	3.98
مضادات القشرة	معالجة أولية	03	740.7	5.48
NaOH	المرور الثاني- معالجة أولية-	6.34	704.4	2.27
Nylon	أغشية	4,595 عنصر	[2]30.31	2.55
Hcl	معالجة أولية	20	4,938.27	3.75

Source: UNESCO Center for membrane science and technology university of new south wals, **Emerging trends in desalination: A review**, Waterlines report series n° 9, National Commission, Australia, 2008, p:49.

(1): تركز على محطة ذات سعة(100,000م^3/اليوم).

(2): تركز على أغشية عمرها (05) سنوات.

من خلال قراءة معطيات الجدول، نلاحظ تنوع المصادر المسئولة عن انبعاثات غاز(CO_2) بالنسبة لمحطة تحلية تعمل بتقنية (RO) بين الطاقة والكيمائيات المستخدمة أساسا في المعالجة الأولية. وتأتي الطاقة أولا بكمية تتجاوز (660.15) طن/ اليوم من(CO_2) المكافئ، يليها غاز(Cl_2) بكمية (14.81) طن/اليوم من (CO_2) المكافئ. فيما تتراوح باقي الكميات بين (2.27-5.48) طن مع الإشارة إلى أن هذه الكميات مرتبطة أساسا بالكمية المستخدمة في المعالجة الأولية بالنسبة للكيميائيات والطاقة المستهلكة.

الجدول رقم (5.2): تقديرات إنبعاثات الغازات الدفيئة لكل(م^3) منتج من الماء المحلى تبعا لنوع التقنية ومصدر الطاقة

		الفحم	الغاز الطبيعي	النفط	الغاز الطبيعي (CC)	النفط (CC)	النووي
MED	الكمية لكل م^3 (غ/كيلوواط ساعي)	8,687	5,230	6,708	3,790	4,624	465
MSF		16,560	9,970	12,788	7,225	8,814	887
RO		3,266	1,966	2,522	1,425	1,738	175

Source: International Atomic Energy Agency (IAEA), **New technologies for seawater desalination using nuclear energy**, IAEA-TEC-DOC-1753,VIENNA, 2015, pp:75-76.

CC: Combined Cycle

من خلال قراءة معطيات الجدول، نلاحظ تباين كمية الانبعاثات الغازية بحسب نوع التقنية المعتمدة ومصدر الطاقة المستخدم حيث:

1) تعد تقنية (RO) أفضل تقنيات التحلية من حيث كمية الغازات الدفيئة المنتجة لكل متر مكعب منتج، وتأتي تقنية (MED) ثانيا بكمية أقل فيما تقنية (MSF) تعد أكثر تقنيات التحلية إصدارا للغازات الدفيئة؛

2) ينتج الفحم كميات كبيرة من الغازات الدفيئة بالنسبة لتقنيات التحلية الثلاثة لكن الكمية تتفاوت من تقنية لأخرى. وتأتي تقنية (MSF) بأكبر كمية (16,560) غ/كيلوواط ساعي/م^3، فيما تأتي تقنية (MED) ثانيا بكمية (8,687) غ/كيلوواط ساعي/م^3 أما تقنية (RO) فتأتي ثالثا بكمية (3,266) غ/كيلوواط ساعي/م^3؛

3) يعد الغاز الطبيعي المصدر الطاقوي الأحفوري الأقل إصدارا للغازات الدفيئة مقارنة بالنفط والفحم، وتحافظ تقنية (MSF) على المرتبة الأولى في الكمية المنتجة للمتر المكعب الواحد تليها تقنية (MED) ثم (RO). مقابل

ذلك، يعد الاعتماد على الطاقة النووية خيار جيد بالنظر لانخفاض كمية الغازات الدفيئة التي تصدرها مختلف التقنيات، وإن كانت تقنية (MSF) تصدر أكبر كمية (887) غ/كيلوواط ساعي/م^3.

وتدعم معطيات الجدول، حقيقة أن التقنيات الحرارية (وعلى رأسها تقنية MSF) هي الأكثر إصدارا للغازات الدفيئة بالنسبة لجميع مصادر الطاقة (الأحفورية والمتجددة).

الجدول رقم (6.2): التأثيرات الخارجية للتلوث الجوي الناتج عن التحلية

التأثير/التقنية	RO	MSF	ED
الضجيج	مرتفع	متوسط	منخفض
تدفق الماء	متوسط	متوسط	منخفض
العناصر الميكروية	منخفض	مرتفع	منخفض
المواد السامة	متوسط	متوسط	متوسط
التلوث الجوي	منخفض	مرتفع	متوسط
الخطر الصناعي	منخفض	مرتفع	متوسط

Source: Escwa (Economic and Social Commission for western Asia), **Role of desalination addressing water scarcity**, Escwa development report3, United Nations, USA, 2009, p:30.

من خلال قراءة معطيات الجدول، نلاحظ تباين حجم التأثيرات الخارجية للتلوث الجوي لمختلف تقنيات التحلية. وتتمايز تقنية (RO) فيما يتعلق بـ (العناصر الميكروية، التلوث الجوي والخطر الصناعي) حيث تسجل تأثيرات منخفضة. مقابل ارتفاع الضجيج الذي تصدره المحطات العاملة بهذه التقنية. أما تقنية (MSF)، فتسجل تأثيرات مرتفعة بالنسبة لـ (العناصر الميكروية، التلوث الجوي والخطر الصناعي)، فيما تظهر (ED) تأثيرات أقل لكنها تستخدم بشكل أساسي بالنسبة للمياه قليلة الملوحة.

ويرجع تباين التأثيرات الخارجية من تقنية إلى أخرى تبعا لتباين :

1) كمية الطاقة المستهلكة (التلوث الجوي)؛

2) نوع الكيميائيات المستخدمة خاصة ما ارتبط بالمعالجة الأولية (العناصر الميكروية، الخطر الصناعي)؛

3) عدد المضخات المستخدمة في المحطة (الضجيج)؛

4) نوع مأخذ مياه التغذية، مدى قرب وبعد المحطة عن البحر(تدفق الماء).

2.1.2.2. المحلول الملحي

يتمثل المنتج النهائي لمحطات تحلية مياه البحر في الماء المحلى إلى جانب المحلول الملحي المركز الذي يتم إعادته للبحر (إذا استثنينا الطاقة الكهربائية والانبعاثات الغازية باعتبارها منتجات ثانوية).

وتشير أغلب الدراسات التي قام بها باحثين في هذا الجانب، أن المحلول الملحي المعاد للبحر تركيزه من الأملاح مرتفع جدا ويصل الفرق إلى ضعف أو ضعفين مقارنة بماء البحر العادي. وهذا ما جعل البعض، يؤكد على حقيقة بيئية مهمة مفادها أن المحلول الملحي الناتج عن محطات التحلية له تأثيرات سلبية كبيرة خاصة على البيئة البحرية، وهذا ما يحمل المحطة والدولة المستضيفة تكاليف إضافية لمعالجة هذا المحلول قبل إعادته للبحر.

إن التخلص من المحلول الملحي في المسطحات المائية خاصة بالنسبة للمحطات الساحلية، يعمل على إحداث خلل في التوازن البيئي في منطقة التصريف. وما يترتب على ذلك من هلاك لبعض الكائنات المائية من نبات وحيوان وهجرة بعض الأسماك لمناطق أكثر ملائمة للحياة، وتكاثر كائنات أخرى غير مستوطنة في منطقة التصريف.

كما أن الكثافة العالية للمحلول الملحي الناتجة عن ارتفاع تركيز الأملاح، تجعله يترسب إلى قاع المسطح المائي الأمر الذي يحد من وصول الأكسجين الذائب إلى رواسب القاع، وما تحويه من كائنات مما يؤثر على استمرارية أنظمتها البيئية وتلك المعتمدة عليها.[1]

وتشير بعض التقديرات، أن حجم المحلول الملحي الذي تنتجه محطات التحلية عبر العالم يعادل (40كم^3)، وإذا استمرت العملية بنفس الوتيرة فإن إجمالي المحلول الملحي المنتج آفاق سنة 2050 سوف يقدر بما يعادل (240كم^3).[2]

ورغم غياب دراسات مستفيضة حول مدى التأثير البيئي للمحلول الملحي في البيئة البحرية إلا أن البعض حصرها في تأثيرات كيميائية، فيزيائية وبيولوجية. يمكن ذكر بعضها في النقاط الآتية:[3]

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

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

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

الجدول رقم (7.2): مقارنة بين متطلبات مدخلات (مياه البحر) ومخرجات (المحلول الملحي) المحطات الحرارية والغشائية

	MSF	MED	RO
حجم مياه التغذية لكل (م^3) منتج من الماء المحلى	4.0	3.0	2.5-2.0
حجم المحلول الملحي المنتج لكل (م^3) منتج من الماء المحلى	3.0	2.0	1.5-1.0

Source: The World Bank**, Renewable energy desalination-An emerging solution to close the water gap in the Middle East and North Africa**, MENA development report, USA, 2012, p:67.

من خلال قراءة معطيات الجدول، نلاحظ أن هناك تفاوت نسبي في كمية مدخلات (مياه التغذية) ومخرجات (المحلول الملحي) المحطات الحرارية والغشائية لكل متر مكعب منتج، حيث:

---

[1]. وليد بن محمد زاهد، **التأثيرات البيئية لصناعة التحلية**، مجلة التحلية، العدد الأول، المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة، المملكة العربية السعودية، جمادى الأولى1430هـ، ص:32.

[2].The World Bank, op.cit, p:12.

[3]. أسامة محمد الحسيني يوسف، مرجع سبق ذكره، ص ص: 478-479.

1) لإنتاج نفس الكمية من الماء المحلى(م^3)، نحتاج لكمية مضاعفة من مياه التغذية بالنسبة لتقنية (MSF) مقارنة بمحطة (RO) (4:2)، مقابل (03) لتقنية (MED)؛

2) كمية المحلول الملحي المنتج من قبل المحطات الحرارية (MSF وMED) أكبر بمرة ونصف من ذلك الذي تنتجه محطات (RO).

وإذا أخذنا بعين الاعتبار كمية المياه المحلاة المنتجة يوميا على المستوى العالمي (مياه البحر)، والتي تتجاوز(60) مليون م^3 لمختلف تقنيات التحلية سيعطينا ذلك لمحة عامة حول حجم المحلول الملحي الذي تنتجه هذه المحطات يوميا؛ هذا المحلول الذي يضم العديد من العناصر الكيميائية الناتجة عن مختلف العمليات التي تتم داخل محطات التحلية التي لها تأثيرات سلبية، على سبيل المثال:[1]

- الصرف الكيميائي اليومي لمحطات التحلية في منطقة الخليج العربي يقدر بـ : (23.7) طن متري من الكلورين؛ (64.9) طن من مضادات القشرة و(296) كغ من النحاس؛
- الصرف الكيميائي لمحطات التحلية في البحر الأحمر يقدر بـ : (5.6) طن من الكلورين؛ (20.7) طن من مضادات القشرة و(74) كغ من النحاس؛
- الصرف الكيميائي لمحطات التحلية في البحر المتوسط يقدر بـ : أكثر من (1.9) طن من الكلورين؛ (23) طن من مضادات القشرة و(18) كغ من النحاس لمحطة (MSF).

ويعد الخليج العربي المنطقة الأكثر إنتاجا للمياه المحلاة على المستوى العالمي، وقد زادت كمية الإنتاج في السنوات الأخيرة. وهذا ما يؤشر على زيادة حجم المحلول الملحي. ونفس الأمر ينطبق على البحر المتوسط والبحر الأحمر، وإن كان بوتيرة أقل نسبيا.

الجدول رقم (8.2): خصائص المتركز لمختلف تقنيات التحلية

العمليات	RO	RO	MSF/MED
ماء التغذية	مياه قليلة الملوحة	مياه البحر	مياه البحر
معدل الاسترجاع (%)	(60-85)	(30-50)	(15-50)
درجة الحرارة	Ambient	Ambient	Under Ambient
المتركز	possible	possible	Typically
التركيز النهائي	(2.5-7)	(1.25 -2.0)	1.15>

Source: Tamim Younos, **Environmental issues of desalination**, Journal of Contemporary Water Research &Education, Issue132, 2005, p:13.

يوضح الجدول بعض الخصائص التي تميز المتركز الناتج عن تقنيات التحلية الثلاثة تبعا لمصدر مياه التغذية (مياه البحر والمياه قليلة الملوحة). وتتباين هذه الخصائص تبعا لتباين نوع التقنية المعتمدة (RO،MSF وMED).

[1].Sabine Lattemann, **Development of an environmental impact assessment and decision support system for seawater desalination plants**, CRC-Press, Netherlands, 2010, pp:82-88.

يفرق البعض بين مفهومي المحلول الملحي والمتركز على اعتبار أن:

1) **المحلول الملحي**: هو عبارة عن مجموعة من المتركزات التي تنتج عن مختلف المعالجات والعمليات التي تحدث داخل محطة التحلية؛

2) **المتركز**: هو عبارة عن تدفق محلولي ناتج عن كل عملية من العمليات التي تحدث داخل محطات التحلية.

ومن ثم فإن المحلول الملحي الذي تنتجه محطات التحلية، هو مجموعة من التدفقات المتركزة التي تحتوي على مواد عديدة على غرار الكيميائيات، المواد العضوية، الأملاح، الكائنات المجهرية، البكتيريا...الخ. وهذا يعني أنه كلما زادت كميات المتركز كلما أدى ذلك لزيادة كمية المحلول الملحي.

2.2.2. البعد الاجتماعي لتكلفة تحلية مياه البحر

إن ضمان التزود بمياه الشرب، وإيصالها لجميع الأفراد يعتبر من الحقوق الإنسانية الأساسية التي ضمنتها الأعراف والمواثيق الدولية. وجعلتها الأمم المتحدة، أحد أهم أهداف الألفية الإنمائية للفترة (2000-2015)، وأيضا للفترة (2015-2030). ومثلت تحلية مياه البحر أهم الحلول الإستراتيجية بل كانت الحل الوحيد لضمان توفير مياه الشرب لدول عديدة في العالم على غرار قطر والكويت التي تصل فيهما النسبة لـ (100%).

1) يعتبر الماء المحلى الناتج عن محطات التحلية قابلا للاستهلاك الآدمي، وإن كان مصدره مياه البحر المالحة؛ إن سلسلة المعالجات التي تدخل عليه في محطة التحلية تجعله مقبولا من حيث مذاقه، لونه ورائحته. وفي هذا، تتم مطابقته مع معايير منظمة الصحة العالمية في مجال مياه الشرب (أنظر: **الملحق رقم (1.2)**).

يظهر الجانب الصحي بشكل كبير عندما يرتبط الأمر باستهلاك هذه المياه للشرب خاصة مع ارتفاع الكيميائيات المضافة أثناء المعالجة الأولية والثانوية.

وتبين أغلب التحاليل المخبرية التي تتوفر عليها جميع محطات التحلية العاملة في العالم، أن نوع المنتج النهائي(الماء المحلى) في حالة التقنيات الحرارية يكون نقيا جدا ودرجة ملوحته أقل بكثير من تلك المقبولة للاستهلاك الآدمي لذلك يجري إضافة جملة من الأملاح، لجعل الماء المحلى المنتج ملائما للاستهلاك المباشر. مقابل ذلك، تعطي التقنيات الغشائية ماء محلى أقل جودة لكنه مقبول للاستهلاك المباشر بسبب وجود أملاح ولا يتطلب الأمر تعديل ملوحته في الغالب.

الحقيقة التي لايمكن تغييرها بالمطلق، أن الماء المحلى مهما كانت درجة عذوبته فيستحيل أن يكون ماءا عذبا خالصا؛ لأن المعالجات التي يتعرض لها، تترك أثرا يلمس في مذاقه تحديدا. ورغم ذلك لم تثبت التجارب أن هذا الماء كان سببا في أمراض خطيرة أو في حدوث كوارث صحية أو اجتماعية.

الجدول رقم (9.2): تصنيف المياه تبعا لتركيز المواد الصلبة الذائبة

نوع المياه	التركيز (10^3ملغ/ل)
مياه الشرب	أقل من01
مياه قليلة الملوحة- تركيز متوسط-	(1- 5)
مياه قليلة الملوحة- تركيز معتدل-	(5- 15)
مياه قليلة الملوحة- تركيز مرتفع-	(15- 35)
متوسط ملوحة مياه البحر	**35**

Source: Foundation for Water Research, **Desalination for water supply**, A review of current knowledge, 3rd édition, United Kingdom, 2015, p:39.

إن توفير مخابر تحليل على مستوى محطات التحلية لنوعية الماء المحلى المنتج، وعملها الدءوب على فحص خصائصه باستمرار والقيام بمختلف الاختبارات التي أوصت بها منظمة الصحة العالمية تحديدا وجميع الهيئات على المستوى الدولي، هو أكبر دليل على الجانب الاجتماعي (أو الصحي)، الذي تمثله مياه البحر المحلاة وضرورة إدراجه ضمن تكلفة التحلية.

2) إن إيصال الماء المحلى (أو تزويد السكان بالماء المحلى)، يعتبر إحدى الخدمات الاجتماعية في الأساس التي تقوم بها محطات التحلية تحت إشراف مؤسسات ذات صلة بهذا الجانب. ويعتبر مد خطوط أنابيب من محطات التحلية إلى المؤسسة الموزعة للماء المحلى من الأولويات الاجتماعية التي يجب أن تتضمنها هذه المحطات.

3) تتوفر محطات التحلية (خاصة العاملة بالتناضح العكسي) على كيميائيات متنوعة نظرا لاستخدامها بشكل مكثف في عملية المعالجة الأولية على غرار (الكبريت، الكلور...الخ). وتمتاز هذه الكيميائيات بآثارها السلبية على بيئة العمل في هذه المحطات خاصة إذا كان هناك عدم إدراك للعاملين في هذه المحطات لخصائصها وللأغراض المنوطة منها.

لذلك، تعتبر معايير الصحة والسلامة المهنية ضمن المسؤولية الاجتماعية من أهم الأبعاد التي تسعى محطات التحلية لتحقيقها، وتقويمها بالطريقة المثلى. وهذا الجانب، له تأثير غير مباشر في تكلفة التحلية وإن كان لحد اليوم لم تدرج التكاليف الاجتماعية بصورة مفصلة ودقيقة في أي ميزانية لأي محطة تحلية.

3.2.2. البعد الاقتصادي لتكلفة تحلية مياه البحر

إن الهدف الاقتصادي لأي مؤسسة مهما كان نوعها، هو الوصول إلى تحقيق كفاءة وفعالية تقوم على الاستخدام الأمثل للموارد الاقتصادية المتاحة. وبالنسبة لمحطات تحلية مياه البحر، فهي تتطلب موارد اقتصادية متنوعة تحتاج لإدارة كفؤة حتى يتم الوصول إلى الغرض الحقيقي من إنشاء هذه المحطات، وهو ضمان توفير أثمن مورد حياتي وهو الماء العذب.

1) تعطي محطات التحلية المنتشرة عبر (150) دولة في العالم، صورة حقيقية عن نجاح هذه الصناعة. ويعكس ذلك، النمو السنوي في سوق التحلية من حيث حجم الاستثمارات الضخمة الموجهة لهذه الصناعة، أومن حيث حجم العوائد التي تحققها الشركات المصنعة لهذه التقنيات (الأغشية، الكيميائيات، المضخات...الخ).

إن أداء محطات التحلية في دول العالم المختلفة، متوقف على مدى وفرة الموارد الاقتصادية الضرورية لعملها (بشرية، مالية ومادية). وربما المورد البشري في مثل هذه المنشآت مهم جدا بل هو أساس نجاحها في تحقيق هدفها الرئيسي أو أهدافها الثانوية.

وبنظرة مبسطة على واقع هذا المورد في بعض الدول، نجد أن جزء كبير منها يعتمد على الكوادر البشرية الأجنبية التي تملك خبرة ومعرفة في مجال تقنيات التحلية، وكيفية استخدامها بفعالية وكفاءة. وهذا ما يطرح من الناحية الاقتصادية، عبئا اقتصاديا على الدولة المستقبلة لهذا المورد لأنه يكلفها أكثر مقارنة بالعمالة الوطنية.

هذا الجانب، له علاقة وطيدة جدا بالعقود التي يتم فيها إنشاء وملكية وعمل هذه المشاريع في العالم خاصة في الدول التي تفتقد لقدرات تقنية؛ حيث أغلب محطات التحلية تعمل وفق أحد العقود (BOO، BOOT، BOT...الخ). وهذا يمنح الأفضلية للشريك الأجنبي الذي يملك حق البناء، التشغيل وملكية المحطة على مدار سنوات عمرها الافتراضي، والذي يمتد إلى (25) سنة فأكثر بالنسبة للمحطات ذات السعات الكبيرة.

2) إن العوائد المحققة من إنشاء محطات تحلية مياه البحر، هي في حقيقة الأمر عوائد اجتماعية أكثر منها اقتصادية بالنسبة للدول المنشئة لهذه المحطات؛ أما بالنسبة للشريك الأجنبي، فهي عوائد مالية متوقفة بدرجة كبيرة على آلية الاتفاق أو العقد الذي يجمع الدولة المستقبلة لهذا الاستثمار.

وتظهر الصورة أكثر وضوحا في الدول العربية، التي رغم التكلفة الباهظة لتشييد هذه المحطات إلا أن سعر الطاقة والماء المنتج لازال مدعما بدرجة كبيرة للغاية. وهذا ما انعكس بشكل سلبي على تكلفة تحلية مياه البحر، ولم يعكس حقيقة الظروف الاقتصادية التي يتم فيها الإنتاج.

إن تقديم تكلفة مثلى لتحلية مياه البحر من الناحية الاقتصادية، تحكمه ضوابط عديدة؛ تجعل من الصعوبة، الاتفاق حول مضمون حقيقي وتقييم اقتصادي فعال وكفء للموارد المستخدمة في هذه الصناعة على الأقل على المستوى العام.

إن صناعة تحلية مياه البحر، كباقي الصناعات الأخرى من أهدافها تحقيق الربح والاستحواذ على السوق؛ وهذه الصناعة، تضم جهات مترابطة فيما بينها بدء من الشركات المصنعة والمصدرة لتقنيات التحلية ووصولا إلى الدول الفقيرة مائيا والراغبة في توطين محطات التحلية على أراضيها لمعالجة مشكلتها المائية.

ومن هنا، يظهر طرفين رئيسيين في معادلة تحلية مياه البحر؛ طرف مستفيد اقتصاديا، وطرف مستفيد اجتماعيا. وفي الحالتين، فإن البعد الاقتصادي له أثر واضح على تكلفة تحلية مياه البحر.

وتوضيحا لما تم تناوله، نصل إلى نتيجة مفادها أن طبيعة تكلفة تحلية مياه البحر مركبة من ثلاث أبعاد رئيسية:

1) **بعد اقتصادي**: يظهر من خلال المواءمة بين العائد الاقتصادي والاجتماعي للدولة المصدرة والمستوردة لتقنية تحلية مياه البحر؛

2) **بعد اجتماعي**: تعكسه طبيعة المنتج النهائي (الماء المحلى) لمحطات التحلية، ومدى ملاءمته لمعايير منظمة الصحة العالمية من جهة، ومدى مطابقة بيئة العمل لمعايير الصحة والسلامة المهنية من جهة أخرى؛

3) **بعد بيئي**: يلخصه حجم الانبعاثات الغازية الصادرة عن محطات تحلية مياه البحر نتيجة استهلاك الطاقة الأحفورية والكيميائيات المستخدمة أثناء المعالجة الأولية والثانوية من جهة، وتأثير المحلول الملحي المركز الناتج عن هذه المحطات على النظم البيئية البحرية من جهة أخرى.

2.3. محددات تحليل تكلفة تحلية مياه البحر

تعد مياه البحر هي المادة الأولية الخام لعمل محطات تحلية مياه البحر في العالم؛ هذه المادة، التي تملك خصائص معقدة ودقيقة تتطلب عملية تحليتها سلسلة من المعالجات انطلاقا من مأخذ مياه البحر وصولا إلى محطة التحلية، فمعالجة هذا الماء ثم إخراجه في شكل منتج نهائي قابل للاستهلاك الآدمي.

1.3.2. ملوحة مياه البحر

تمثل الملوحة عاملا محددا وأساسيا لنوعية مياه البحر التي تغذي محطات التحلية، ويتوقف عليها عدد مهم من العمليات التي تحدث داخل المحطة (خاصة ما ارتبط بالمعالجة الأولية).

يستخدم علماء البحار كلمة الملوحة، وهي كمية الأملاح الذائبة بالغرام في الكيلوغرام من مياه البحر في التعبير عن المحتوى الملحي. وتقاس الملوحة، عادة، بقياس درجة التوصيل الكهربائي لعينة من تلك المياه، وكلما ازدادت الملوحة، ازدادت درجة التوصيل الكهربائي.[1]

وبتعبير مبسط، ملوحة مياه البحر، هي:"إجمالي المواد الصلبة الذائبة في مياه البحر، ويعبر عنها في الغالب بوحدة (غ/ل)، أو أجزاء من المليون، حيث: (1غ=1,000جزء في المليون).[2]

ويتأثر تركيز الأملاح في الطبقة السطحية من مياه البحر بعدة عوامل أهمها:[3]

1) **معدلات التبخر**: المرتبطة بمعدلات درجات الحرارة، الإشعاع الشمسي ورطوبة الهواء في الطبقة السفلية من الغلاف الغازي. وتختلف باختلاف الموقع من دوائر العرض، واختلاف الفصول؛

2) **معدلات التساقط**: كمية المياه العذبة المتساقطة على شكل مطر أو ثلج على مياه البحر ستؤثر في ملوحة الطبقة السطحية منها؛ ومعدلات التساقط، تختلف بلا شك تبعا لدوائر العرض والقرب أو البعد من السواحل القارية؛

3) **التدفق النهري**:كميات المياه التي تلقي بها الأنهار من اليابس على الهامش القاري في مياه البحر، تؤثر في ملوحتها تأثيرا واضحا؛

4) **التيارات البحرية**: في المياه السطحية، وما ينجم عنها من نقل وخلط للمياه البحرية السطحية من عروض مختلفة.

إن نسبة (35غ/ل) من ملوحة مياه البحار ليست إلا متوسط عام، يراوح بين الزيادة والنقصان تبعا للمتغيرات المذكورة آنفا. وتنخفض الملوحة، بالاتجاه نحو القطبين في نصفي الكرة الشمالي والجنوبي نتيجة لاعتدال

---

[1]. مياه المحيطات، تاريخ التصفح:2015/08/16، متوفر على الرابط:http://faculty.ksu.edu.sa/alhawas/.../

[2]. نفس المرجع.

[3]. نفس المرجع.

درجات الحرارة وانخفاض معدلات التبخر وازدياد كمية التساقط عنها في العروض المدارية. فيما ترتفع معدلات الملوحة كثيرا في البحار المدارية، وخاصة تلك التي تتصل بالمحيطات اتصالا محدودا. ويكون نصيبها من مياه الأنهار قليلا كالبحر المتوسط، والبحر الأحمر والخليج العربي.

الجدول رقم (10.2): مكونات ماء البحر القياسي

الأيون	التركيز(جزء في المليون) (ppm)	النسبة المئوية في مجمل المكون الملحي (%)
الكلوريد (Cl^-)	19,345	55.0
الصوديوم (Na^{++})	10,752	30.6
الكبريتات (So_4^{2-})	2,701	7.6
المغنزيوم (Mg^{2+})	1,295	3.7
الكالسيوم (Ca^{2+})	416	1.2
البوتاسيوم (K^+)	390	1.1
البيكربونات (Hco_3^-)	145	0.4
البروميد (Br^-)	66	0.2
البورات (Bo_3^-)	27	0.08
السترونيوم (Sr^{2+})	13	0.04
الفلوريد (F^-)	01	0.003

المصدر: أندريا سيبولينا وآخرون، **تحلية مياه البحر– سيرورات الطاقة التقليدية والمتجددة–**، ترجمة:غازي درويش، الطبعة الأولى، مركز دراسات الوحدة العربية، لبنان، ص:20.

من خلال قراءة معطيات الجدول، نجمل الملاحظات التالية:

1) يمثل الكلوريد والصوديوم، المكونين الكيميائيين الرئيسيين لمياه البحر بنسبة (55%) و(30.6%) على التوالي، وهما مكونا الملح العادي. ويمثلان (85.6%) من إجمالي المواد الصلبة المذابة في البحار؛

2) تأتي الكبريتات والمغنزيوم ثانيا في أهم مكونات مياه البحر بنسبة (7.6%) و(3.7%) على التوالي. مقابل ذلك، باقي المكونات نسبها متغيرة وضعيفة إذا ما استثنينا الكالسيوم (1.2%) والبوتاسيوم (1.1%).

والحقيقة العلمية المعروفة، أنه فيما قد تكون ملوحة مياه البحار متغيرة حسب مناطق العالم إلا أن النسب المئوية ثابتة في الأساس في كافة أرجاء العالم (نسب المكونات الرئيسية ثابتة). وبخلاف العوامل السابقة التي تم الإشارة إليها والتي تؤثر في ملوحة مياه البحر، للممارسات الإنسانية تأثير في ذلك نتيجة التلوث الذي يسهم في تغيير العديد من الخصائص الفيزيائية لمياه البحر خاصة درجة الملوحة.

الجدول رقم (11.2): ملوحة بعض البحار حول العالم

البحر	التركيز(غ/ل)
الأبيض المتوسط	(36- 39)
الأحمر	40
البلطيق	07
الكاريبي	13
الميت	270
الخليج العربي	(40- 70)
الأسود	20

Source: Alain Maurel, **Dessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtres (et autres procédés non conventionnels d'approvisionnement en eau douce)**, 2éme édition, Lavoisier, France, 2006, p:19.

نلاحظ من خلال قراءة معطيات الجدول، تنوع ملوحة مياه بحار العالم. ويعد البحر الميت أكثر بحار العالم ملوحة بمعدل (270)غ/ل، فيما البلطيق هو أخفضها بمعدل (07)غ/ل. ويجدر التنويه، أن ملوحة أي بحر متباينة في أجزاءه تبعا لتباين عمقه وامتداده.

وللملوحة مياه البحر (المحتوى المرتفع للمواد الصلبة المذابة TDS)، تأثيرا في تباين خصائصها الترموديناميكية عن خصائص المياه العذبة. وهذا ينعكس على عمليات معالجة الماء أثناء دخوله لمحطة التحلية بشكل تلقائي.

الجدول رقم (12.2): الخواص الترموديناميكية لماء البحر(ملوحة:35غ/ل بدرجة حرارة:20م°)

الخواص (الوحدات)	القيم
الكثافة (كغ/م^3)	1,024
اللزوجة (كغ/متر ثانية)	$10\times1,024^{-3}$
الحرارة النوعية (كيلوجول/كغ درجة مئوية)	3.998
الضغط التناضحي (بار)	27
زيادة درجة الغليان (20م°)	0.32
زيادة درجة الغليان (100م°)	0.51

المصدر: أندريا سيبولينا وآخرون، **تحلية مياه البحر– سيرورات الطاقة التقليدية والمتجددة–**، ترجمة:غازي درويش، الطبعة الأولى، مركز دراسات الوحدة العربية، لبنان، ص:22.

يوضح الجدول، مختلف الخصائص التي تميز مياه البحر القياسي عند درجة حرارة (20م°) وملوحة (35غ/ل)؛ وهي الخصائص التي تؤخذ بعين الاعتبار عند اختيار مأخذ مياه التغذية ونوع التقنية المعتمدة.

تعد هذه الخصائص عامة بالنسبة لمياه البحر ذات درجة الملوحة (35غ/ل) ودرجة الحرارة (20م°)، وقد تتباين هذه الخصائص لنفس درجة الملوحة إذا انخفضت و/أو ارتفعت درجة الحرارة عن (20م°).

الجدول رقم (13.2): التحليل الفيزيو-كيميائي للمحلول الملحي

العناصر	ماء البحر(ملغ/ل)	المحلول الملحي (ملغ/ل)
الكالسيوم	440.88	833.66
المغنزيوم	1528.47	2,704.6
الصوديوم	9,500	27,000
البوتاسيوم	400	860
الكلورير	19,051.78	33,111.56
الكبريتات	2,590	5,360
البيكربونات	150.06	156.16
الحر CO_2	ND	4.74
العكورة	2.84NTU	0.77NTU
PH	8.09	6.98
الناقلية	56,000µs/cm	95,500µs /cm

Source: Henri Lugan et Kamel Fethi, **Dessalement de l'eau de mer et des Eaux saumâtres par osmose inverse: Les bonnes pratiques d'ingénierie**, Middle Est Desalination Research Center en Collaboration avec L'université Saad Dahlab de Blida, Tipaza, Algérie, 2008, p:17.

من خلال قراءة معطيات الجدول، يظهر التحليل الفيزيو-كيميائي للمحلول الملحي الناتج عن محطات التحلية ارتفاعا في تركيز العناصر الكيميائية مقارنة بمحتواها الأصلي في ماء البحر. ويتراوح هذا الارتفاع بين ضعف إلى ضعفين فأكثر، حيث نجد على سبيل المثال لا الحصر:

1) الكالسيوم: ارتفع تركيزه من (440.88) ملغ/ل في ماء البحر إلى (833.66) ملغ/ل في المحلول الملحي؛

2) الصوديوم: ارتفع تركيزه من (9,500) ملغ/ل في ماء البحر إلى (27,000) ملغ/ل في المحلول الملحي.

ونفس الأمر بالنسبة للعناصر الكيميائية الأخرى، وإن كان بدرجات متفاوتة. مقابل انخفاض قيمة (PH) للمحلول الملحي مقارنة بمياه البحر العادي إلى جانب انخفاض ناقلية المحلول الملحي مقارنة بمياه البحر.

2.3.2. مصدر الطاقة المستخدمة

تعد الطاقة المحرك الفعلي والعامل الاستراتيجي لتشغيل محطات التحلية على اختلاف سعاتها والغرض منها، سواء كانت أحادية الغرض (Stand-alone) لإنتاج الماء المحلى فقط، أو ثنائية الغرض (Co-generation) لإنتاج الماء المحلى وتوليد الطاقة الكهربائية.

الطاقة، وليس أي عنصر آخر هي المحدد الأكثر تأثيرا في سيرورات عمليات التحلية سواء كانت طاقة تقليدية (أحفورية)، أو طاقة غير تقليدية (متجددة). وجزء كبير من تكلفة تحلية مياه البحر تغطيه الطاقة التي لازال استهلاكها مرتفع جدا في عمليات التحلية، رغم كل التحسينات التي أدخلت على تقنيات التحلية بأنواعها الحرارية والغشائية.

وترتبط كمية الطاقة المستهلكة في محطات التحلية، بنوع التقنية المستخدمة ونوعية مياه التغذية (ملوحة مرتفعة و/أو منخفضة) إلى جانب عوامل أخرى لا تقل أهمية عن هذه:

1) بالنسبة للتقنيات الحرارية (MSF وMED): تعد تقنيات ذات استهلاك مرتفع للطاقة (الحرارية أساسا إلى جانب الكهربائية)؛ وأغلبية المحطات التي تعمل وفق هذه التقنيات، تعتمد على أسلوب الإنتاج المزدوج (الماء المحلى والطاقة الكهربائية). وهذا يعتبر من الناحية الاقتصادية، ميزة مهمة لهذه المحطات لأنها تسهم في توليد الطاقة الكهربائية من ناحية، وإنتاج الماء المحلى من ناحية أخرى خاصة إذا أعيد استهلاك جزء من الطاقة المنتجة من قبل نفس المحطة. ومع ذلك، لازال استهلاكها للطاقة (خاصة الأحفورية) مرتفع جدا.

2) بالنسبة للتقنيات الغشائية (RO وED): تستحوذ تقنية (RO) على جزء كبير من سوق التحلية العالمي، وتصاعدت أهميتها بسبب المزايا التي تتوفر عليها. وتعد محطات (RO) ذات استهلاك منخفض للطاقة نسبيا (الطاقة الكهربائية فقط) مقارنة بالتقنيات الحرارية. وقد زادت كفاءتها كتقنية مفضلة من الناحية الاقتصادية بعد التحسينات التي أدخلت على أنظمة استرجاع الطاقة الخاصة بها.

ومع ذلك، لازالت الطاقة تشكل الجزء الأكبر في تكاليف تشغيل محطات التحلية بأنواعها وحتى خيار اعتماد الطاقة المتجددة مازال مكلفا.

الجدول رقم (14.2): استهلاك الطاقة تبعا لتقنيات التحلية

التقنية	الطاقة الحرارية (كيلوواط ساعي/م^3)	الطاقة الكهربائية (كيلوواط ساعي/م^3)	الطاقة الكلية (كيلوواط ساعي/م^3)
MSF	7.5 -1.2	04 -2.5	16 -10
MED	07-04	02 -1.5	09 -5.5
SWRO	-	(04 -03)	04 -03
BWRO	-	2.5 -0.5	2.5 -0.5

Source: Noreddine Ghaffour et al, **Technical review and evaluation of the economics of water desalination current and future challenges for better water supply sustainability**, Desalination, n° 309, 2013, p: 201 .

من خلال قراءة معطيات الجدول، نلاحظ الاستهلاك الكبير للطاقة من قبل تقنيات التحلية وإن كان بدرجة منخفضة نسبيا بالنسبة لتقنية (RO) سواء لمياه البحر أو المياه قليلة الملوحة (طاقة كهربائية فقط). في حين، تعد التقنيات الحرارية مستهلك كبير للطاقة (الحرارية والكهربائية)، وتأتي في مقدمتها تقنية (MSF)، حيث:

1) تتراوح التكلفة الكلية للطاقة المستهلكة (الحرارية والكهربائية) في المحطات الحرارية بين (10- 16) كيلوواط ساعي/م^3 بالنسبة لتقنية (MSF). مقابل (5.5- 09) كيلوواط ساعي/م^3 بالنسبة لتقنية (MED)؛

2) تتراوح التكلفة الكلية للطاقة المستهلكة (الطاقة الكهربائية) في المحطات الغشائية بين (03- 04) كيلوواط ساعي/م^3 بالنسبة لتقنية (RO) لمياه البحر. مقابل (0.5- 2.5) كيلوواط ساعي/م^3 للمياه قليلة الملوحة.

3.3.2. نوع مأخذ مياه البحر

إن تهيئة مأخذ مياه التغذية له تأثير كبير في تكلفة تحلية مياه البحر. ويعرف بأنه الموقع من البحر، الذي تؤخذ منه المياه وتضخ عبر أنابيب إلى محطة التحلية. واختيار نوع المأخذ، يرتبط بعدد من العناصر التي يجب أن تؤخذ بعين الاعتبار؛ وهذه العناصر، تتباين من موقع إلى آخر تبعا لخصوصية موقع المحطة، والطرق التقنية المعتمدة، والغرض من إنتاج المحطة...الخ.

ويراعى عند إنشاءه، أن يكون بعيدا عن مكان (أو موقع) تصريف المحلول الملحي المركز. كما يراعى أيضا، تجنب المواقع القريبة من المصانع المختلفة (خاصة المنتجة للمعادن والطاقة) والتي تصب نفاياتها في البحر فضلا عن اختيار المواقع التي تقل فيها الاضطرابات الجوية، والتي تؤثر على تذبذب توصيل المياه إلى المحطة، وهي نفس العوامل التي تؤخذ عند تشييد محطة التحلية.[1]

وتؤثر مياه البحر على البيئة المائية عند المآخذ من خلال تغييرها لسرعة حركة المياه في منطقة السحب بسبب مضخات السحب إلا أن محطات التحلية تتأثر في المقابل بظروف وعوامل البيئة المائية في منطقة أخذ المياه؛ فالطافيات البحرية الدقيقة (نباتية وحيوانية)، تسبب الكثير من المشاكل لمحطات التحلية من حيث تراكمها في أجهزة التحلية والمضخات والأنابيب.[2]

أضف إلى ذلك، أن قوة سحب المياه قد تعمل على جذب المواد العالقة والطحالب الدقيقة إلى داخل المحطة، كما أن وجود قناديل البحر في أوقات معينة من السنة يسبب انسداد مصافي الأنابيب عند نقاط السحب. ومن المعروف أيضا، أن تلوث مياه البحر بالزيت أو ملوثات أخرى قد يعطل عمل محطات التحلية.

على سبيل المثال لا الحصر، تشير بعض الدراسات أن تكاليف المأخذ المفتوح تمثل تقريبا (0.5- 1.5) دولار أمريكي لكل مليون جالون/اليوم. وأكثر من (03) دولار أمريكي للمأخذ قريب من السطح، وتظل الآبار الشاطئية هي الأقل تكلفة.[3]

الجدول رقم (15.2): مقارنة نوعية الماء، التكلفة والموثوقية لمختلف أنواع مآخذ مياه البحر

نوع المأخذ	التكلفة النسبية	الاحتياجات النسبية للمأخذ	احتياجات المعالجة الأولية	الموثوقية
الآبار الشاطئية	منخفضة	مرتفعة	أقل انخفاضا نظريا	متغيرة
الآبار الأفقية	متوسطة	مرتفعة	أقل انخفاضا نظريا	غير معروفة
الآبار الشعاعية	متوسطة	مرتفعة	أقل انخفاضا نظريا	غير معروفة
مأخذ مفتوح مغمور	متوسطة- منخفضة	منخفضة	كبيرة	مرتفعة
مأخذ سطح مفتوح	منخفضة	منخفضة	كبيرة	مرتفعة
مأخذ موقع مشترك	منخفضة	منخفضة	كبيرة	مرتفعة

Source: Jean Bougis, **Revue des aspects maritimes du dessalement d'eau de mer**, Reviee paralia, vol6, édition Paralia CFL, France, 2013, p:08.

من خلال قراءة معطيات الجدول، نجمل الملاحظات التالية:

1) من حيث التكلفة، فإن المآخذ المفتوحة والآبار الشاطئية هي الأفضل لأنها تتميز بتكلفة منخفضة حتى على المستوى العالمي، فغالبية الدول تتبنى هذه الأنواع؛

2) فيما يتعلق بالاحتياجات (النسبية والمعالجة الأولية)، نجد أن المآخذ (الشاطئية، الأفقية والشعاعية) ذات احتياجات نسبية مرتفعة فيما تنخفض بالنسبة للمعالجة الأولية؛ أما باقي المآخذ (المفتوحة والمشتركة)، فاحتياجاتها النسبية منخفضة لكن كبيرة بالنسبة للمعالجة الأولية؛

---

(1). Ibid, 2013, p:09.

(2). وليد بن محمد زاهد، مرجع سبق ذكره، ص:32.

(3).Water reuse association, **Seawater desalination costs**, White Paper, 2011, p:02.

3) تحظى المآخذ المفتوحة والمشتركة بموثوقية عالية، وهذا ما جعلها مفضلة لدى العديد من الدول على غرار الجزائر والمملكة العربية السعودية.

وإجمالا، يمكن التأكيد على أن نوع مأخذ مياه البحر مهم جدا لا لنوعية مياه التغذية فحسب لكن أيضا بالنسبة لنوعية المنتج النهائي (الماء المحلى).

4.3.2. محددات أخرى

تعتبر المحددات السابقة، أساسية في عملية تحديد تكلفة تحلية مياه البحر؛ وهي في الوقت ذاته، متداخلة ومترابطة مع محددات أخرى حيث يصعب في بعض الأحيان الفصل بينها بالنظر لتأثير كل محدد في الآخر.

ويمكن أن نجمل بعض هذه المحددات في مجموعتين:

1.4.3.2. محددات اقتصادية

ترتبط هذه المحددات بالظروف الاقتصادية التي تسود الإقليم، الذي يحوي محطات التحلية. وأهمها على الإطلاق، والتي تؤثر في التكلفة وأحيانا تجعل تقديرها غير دقيق مايلي:

أولا: تقلبات العملة

يعد سوق التحلية العالمي، من أكثر الأسواق نموا خاصة ما ارتبط بالتقنيات المختلفة للتحلية؛ هذا السوق، الذي يسيطر عليه جزء صغير من المنتجين والمصدرين لمختلف معدات وتجهيزات محطات التحلية، والذين ينتمون لدول متقدمة بعينها (فرنسا، الولايات المتحدة الأمريكية،كوريا الجنوبية...الخ). مقابل وجود جزء كبير من المستوردين لهذه المنتجات (الذين يمثلون القسم الأكبر من الدول المنتجة للمياه المحلاة في العالم، والتي تفتقد لمصادر مائية كافية).

وبين التصدير والاستيراد، يظهر سعر الصرف محددا قويا لهذه العملية ومعيارا حقيقيا لاستمرارية سيرورة عملية الإنتاج في الدول المستوردة خاصة وأن التقلبات التي يعرفها سعر الصرف تؤثر بشكل مباشر في الدول المستوردة. إذا ما علمنا أن أغلب العملات الدولية غير قابلة للتحويل خاصة مع الاعتماد على الدولار واليورو للتقويم لكل المنتجات. وهذا ما يجعل مستقبل التحلية في الدول النامية (تحديدا العربية)، مرهون بما يستجد في قيمة عملات الدول المنتجة والمصدرة لتقنيات التحلية.

ثانيا: التضخم

هو متغير مهم ومؤثر في تكلفة تحلية مياه البحر، ويجب أن يؤخذ بعين الاعتبار في كل وقت خصوصا أن مدخلات عديدة لصناعة تحلية مياه البحر تتأثر به بشكل مباشر و/ أو غير مباشر على غرار أسعار الطاقة (وإن كانت هذه الأخيرة، تحظى بدعم لا مشروط خاصة في الدولة النفطية). وحتى إنتاج الماء المحلى أيضا يحظى بدعم كبير، وهذا ما انعكس بشكل سلبي على تكلفة تحلية مياه البحر.

ثالثا: ظروف وشروط التأسيس والتمويل

يلعب هذا الجانب دورا مؤثرا في تكلفة تحلية مياه البحر، وتتوقف عليه تكاليف جزئية مهمة لهذه التكلفة. وأغلب محطات التحلية التي تم تشييدها في العالم (كما هو الحال في بعض الدول العربية) تمت وفق عقود شراكة (BOOT، BOO...) نظرا لحجم الاستثمارات المالية الضخمة التي تتطلبها.

وتعطي هذه العقود أفضلية للشركاء في بناء، صيانة وملكية محطات التحلية. وهذا محدد قوي لتكلفة تحلية مياه البحر من عدة جوانب:

1) اختيار موقع المحطة؛

2) مصادر التمويل الضرورية وتقلبات معدل الفائدة خلال عمر المحطة، والذي يتراوح بين (25-30) سنة بالنسبة للمحطات الكبرى؛

3) اليد العاملة ومتطلباتها؛

4) الصيانة وتهيئة الموقع؛

5) عمليات التوزيع للماء المنتج...الخ.

2.4.3.2. محددات تقنية

تعد تحلية مياه البحر، صناعة تقنية بشكل كبير. وتتمثل أهم العوامل التقنية، التي تؤثر في تكلفة تحلية مياه البحر في:

1) الخصائص الفيزيائية لمياه البحر (العكورة، المواد العالقة)؛ وهذه تتطلب سلسلة من المعالجات الأولية خصوصا المحطات العاملة بتقنية (RO) التي تعتمد على الأغشية في أداءها. وتزداد الحاجة للمعالجة الأولية إذا كان الماء ملوثا، وهذا ما يزيد من التكلفة المرتبطة بعناصر المعالجة الأولية؛

2) المحتوى الكيميائي لمياه البحر، وخاصة ما ارتبط بالكبريتات والصوديوم والصلابة، وهي ذات علاقة قوية بملوحة مياه البحر؛

3) مستويات الأتمتة والمراقبة التي تتطلبها محطات التحلية، وهي عناصر مهمة جدا خاصة ما ارتبط بالضغط، درجة الحرارة، استرجاع الطاقة، أنظمة الضخ...الخ.

4.2. تحليل مكونات تكلفة تحلية مياه البحر

نظرا للمميزات والخصائص التي تميز تحلية مياه البحر عن غيرها من البدائل غير التقليدية لزيادة العرض المائي في العالم، فقد حظيت تكلفة التحلية باهتمام بالغ من قبل الباحثين والدارسين في شتى المجالات. وتبين أن مسار هذه التكلفة، قد عرف انخفاضا مستمرا منذ اعتمادها ستينيات القرن العشرين، وبدا واضحا أن التحسينات والبحوث التي أجريت على مختلف التقنيات قد أسهمت بطريقة فعالة في جعل هذه التكلفة مقبولة اقتصاديا واجتماعيا وحتى سياسيا إلى حد ما.

لقد تم تقديم تحليلا دقيقا لتكلفة تحلية مياه البحر من قبل مختصين وطورت نماذج رياضية وإحصائية لمحاكاة هذه التكلفة، ومحاولة إعطاء صيغ رياضية قادرة على تقديم حساب دقيق ومنطقي لهذه التكلفة بتحديد مختلف

العناصر الجزئية الداخلة في تكوينها. ولذلك، يتوفر اليوم عبر العالم قاعدة معطيات مهمة حول هذا الجانب. وتتباين تكلفة تحلية مياه البحر بين دول العالم يطبعها الفروقات المرتبطة باقتصاديات الدول المستضيفة من جهة، وباقتصاديات الدول المصدرة لتقنيات التحلية من جهة أخرى.

1.4.2. اتجاهات تكلفة تحلية مياه البحر خلال نصف قرن (1960– 2010)

شهدت تكلفة تحلية مياه البحر تراجعا ملحوظا على مدار(50) سنة منذ ستينيات القرن العشرين، وكان ذلك نتيجة مجموعة من العوامل (خاصة التقنية منها) التي أسهمت بدرجة كبيرة في جعل صناعة تحلية مياه البحر تنافسية أكثر ولها سوق قوي وسريع النمو.

1.1.4.2. لمحة تاريخية حول اتجاهات تكلفة تحلية مياه البحر

هناك محطات منفصلة وفارقة في تغير مستوى تكلفة تحلية مياه البحر، تزامنت مع سلسلة من التطورات الاقتصادية والاجتماعية التي عرفها العالم:[1]

1) في بداياتها الأولى، في خمسينيات القرن التاسع عشر لم تكن تكلفة تحلية المياه تحظى بأهمية لدى القائمين والمهتمين بهذا البديل بل كان التحدي الأساسي بالنسبة لهم هو إنتاج الماء العذب وتوفيره بالكمية الملائمة انطلاقا من البحر لغرض التسخين ولأغراض الشرب على ظهر السفن؛

2) مع مطلع القرن العشرين ومع التطور الاقتصادي، وسلسلة الاختراعات التي ميزت الفترة الممتدة (1940-1970)، تطورت تقنيات التحلية بدرجة كبيرة في الوقت الذي بدأت فيه التقنيات الغشائية تعرف طريقها إلى السوق. وشهد الإنتاج العالمي من الماء المحلى زيادة معتبرة عكسها نمو سعات محطات التحلية، في الوقت الذي بدأت التكلفة تأخذ طريقها كأهم تحد تواجهه هذه الصناعة في ظل ارتفاعها الكبير؛

3) مع دخول التقنيات الغشائية سوق التحلية العالمي في سبعينيات القرن العشرين، ومع الخصائص التي تميزها عن التقنيات الحرارية بدأت تكلفة تحلية مياه البحر في الانخفاض تدريجيا. وقدرت آنذاك تحديدا في سنة (1975)، بقيمة (2.10) دولار/م^3؛

4) التوسع في سوق التحلية العالمي، جذب العديد من المنظمات والشركات لتحسين تكنولوجيا التحلية وتخفيض التكاليف المرتبطة بها. وعرفت تكلفة التحلية انخفاضا متواصلا حتى وصلت إلى (0.50) دولار/م^3 في العقود الأخيرة بالنسبة لمحطات التناضح العكسي (SWRO)، وإلى أقل من (01) دولار/م^3 بالنسبة للمحطات العاملة بتقنية التقطير الومضي متعدد المراحل (MSF)؛

5) لقد أسهم نضج تقنيات التحلية والمنافسة بين الشركات المصنعة في تخفيض جميع التكاليف المرتبطة بتحلية مياه البحر في العشرين سنة الأخيرة. ومع ذلك، لازالت تحلية مياه البحر مكلفة مقارنة ببعض الطرق التقليدية للحصول على الماء العذب.

---

[1].Noreddine Ghaffour, op.cit, pp:199-200.

ولحد اليوم، تعد التقنيات الغشائية (RO تحديدا) هي الأفضل من الناحية الاقتصادية مقارنة بالتقنيات الحرارية التي لازالت تكاليفها مرتفعة جدا خاصة بالنسبة لتلك الدول التي لا تتوفر على مصادر طاقوية.

الجدول رقم (16.2): السوق التاريخي للتحلية وتنبؤات أنظمة التحلية (الوحدة: مليار دولار أمريكي)

نوع المشروع	2010 -2006	2015 -2011
SWRO	09.92	15.48
SW-MED	03.03	04.04
SW-MSF	08.39	07.07
الحرارية الصغرى	02.06	02.33
RO- قليلة الملوحة	01.43	02.18
RO- نظيفة جدا	00.21	00.30
المجموع	**25.04**	**31.40**

Source: Noreddine Ghaffour and al,**Technical review and evaluation of the economics of water desalination current and future challenges for better water supply sustainability**, Desalination, n°609, 2013, p: 201.

من خلال قراءة معطيات الجدول، نلاحظ:

1) خلال الفترة (2006-2010)، مشاريع التحلية لمياه البحر بتقنية (RO) هي التي استحوذت على السوق بقيمة (9.92) مليار دولار من مجموع (25.04) مليار دولار وبنسبة (39.62%). تليها مشاريع (MSF) بقيمة (8.39) مليار دولار وبنسبة (33.51%)، ثم مشاريع (MED) بقيمة(3.03) مليار دولار وبنسبة (12.10%)، فيما تتقاسم باقي المشاريع القيمة المتبقية؛

2) خلال الفترة (2011- 2015)، توقع مواصلة سيطرة مشاريع (RO) لمياه البحر على سوق التحلية العالمي بقيمة (15.48) مليار دولار من مجموع (32.40) مليار دولار و بنسبة (49.30%). مقابل تراجع معتبر في مشاريع (MSF) لمياه البحر بقيمة (7.07) مليار دولار بنسبة (22.52%)، فيما ستسجل مشاريع (MED) زيادة طفيفة بقيمة (04.04) مليار دولار وبنسبة (12.86%).

الجدول رقم (17.2): تغير تكلفة الطاقة في محطات التحلية تبعا لنوع التقنية المعتمدة

السنة	التقنية المعتمدة	احتياجات الطاقة (كيلوواط ساعي/م^3)
1970	MSF	22.0
1980	MSF	18.0
1985	VC	15.0
1988	VC	13.0
1990	RO	8.5
1994	RO	6.2
1996	RO	5.3
1998	RO	4.8
1999	RO	4.5
2000	RO	4.0
2001	RO	3.7

Source: Juan Cànovas Cuenca, **Report on water desalination status in the Mediterranean countries**, 1ére édition, Institute murciano de investigacion, Spain, 2012, p:47.

من خلال قراءة معطيات الجدول، يتبين تغير كمية الطاقة المستهلكة تبعا لنوع التقنية المعتمدة على مدار (30) سنة الأخيرة من القرن العشرين حيث نلاحظ:

1) الفترة (1970- 1980): شهدت تقنية (MSF) تراجعا معتبرا في استهلاك الطاقة بما يعادل (04) كيلوواط ساعي/م^3، أي من (22) كيلوواط ساعي/م^3 إلى (18) كيلوواط ساعي/م^3؛

2) الفترة (1985- 1988): انخفضت كمية الطاقة المستهلكة من قبل تقنية (VC) بما يعادل (03) كيلوواط ساعي/م^3، أي من (18) كيلوواط ساعي/م^3 إلى (15) كيلوواط ساعي/م^3؛

3) الفترة (1990-2001): شهدت كمية الطاقة المستهلكة من قبل تقنية (RO) انخفاضات متتالية (وإن كان بدرجة بطيئة نسبيا) لتبلغ (3.7) كيلوواط ساعي/م^3 سنة 2001، بعدما كانت (8.5) كيلوواط ساعي/م^3 سنة 1990.

وتظهر جميع الإحصائيات والدراسات التي أجريت خلال العقد الأول من الألفية الثالثة وبداية العقد الثاني، تراجعا متواصلا في كمية الطاقة المستهلكة ما انعكس بشكل ايجابي على تكلفة التحلية.

2.1.4.2. التطورات التكنولوجية المساهمة في تخفيض تكلفة تحلية مياه البحر

أسهمت جهود الباحثين (المهندسين والتقنيين تحديدا) على مدار العقود الماضية في تطوير تقنيات التحلية، وإدخال تحسينات كثيرة على مجال عملها. وهذا ما كان له تأثير كبير في اتجاهات التكلفة نحو الانخفاض.

أولا: التقنيات الحرارية

يظهر الجدول أدناه، أهم التحسينات التي شهدتها مختلف التقنيات الحرارية.

الجدول رقم (18.2): التحسينات الأساسية في التقنيات الحرارية (VC+MED+MSF)

الضغط البخاري (VC)	التبخير متعدد التأثير (MED)	التقطير الومضي متعدد المراحل (MSF)
1) تم إدماجها مع محطات (MED)؛ 2) تم اعتمادها للعمل في التطبيقات الصغيرة و المتوسطة الحجم؛ 3) حجم الوحدة النوعية زاد ب (05) مرات، حاليا يصل إلى (3,800) م^3/ اليوم)؛ 4) انخفاض استهلاك الطاقة إلى أقل من (06)كيلوواط ساعي/م^3؛ 5) تم إيجاد نوعين من الضغط البخاري: (MVC) و(TVC) ولكل منهما مزاياه ومنافعه الخاصة.	1) حجم الوحدة النوعية ازداد من (3,800) م^3/اليوم إلى (22,700) م^3/ اليوم)؛ 2) انخفاض المشاكل المرتبطة بالقشرة؛ 3) تحسين معاملات تحويل الحرارة؛ 4) تثبيت عملية درجة الحرارة المنخفضة، واستعمال الألمنيوم في أسطح تحويل الحرارة؛ 5) تم استعمال (TVC) مع (MED)؛ 6) تم تخفيض (TBT) إلى (70م°).	1) حجم الوحدة النوعية ازداد من (10×19^3) م^3/اليوم إلى (10×90^3) م^3/ اليوم؛ 2) زيادة تعبئة غرفة المحلول الملحي؛ 3) تحسين موثوقية المحطة، والأداء الحراري؛ 4) تحسين الجوانب البنيوية ومواد الإنشاء (تكلفة منخفضة للمواد)؛ 5) تخفيض في تكاليف الإنشاء انطلاقا من تخفيض تكلفة المواد الأولية وتكاليف اليد العاملة ؛ 6) استخدام الأنظمة الهجينة؛ وتكنولوجيا أخرى (MEE-TVC، MSF- RO، MSF- MEE)، وأنظمة تبريد الجو...الخ .

Source: Noreddine Ghaffour et al, **Technical review and evaluation of the economics of water desalination current and future challenges for better water supply sustainability**, Desalination, n°609, 2013, p:201.

ثانيا: التقنيات الغشائية

عرفت تقنية التناضح العكسي تحسينات عديدة، خاصة ما ارتبط بأداء الأغشية التي تعد العنصر الأساسي في هذه العمليات إلى جانب أنظمة استرجاع الطاقة التي تطورت كثيرا.

الجدول رقم (19.2): التحسينات المرتبطة بالتقنيات الغشائية (RO)

العنصر	العملية
1) أداء الأغشية	شهد أداء الأغشية تحسنا كبيرا خاصة مع دخول أنواع جديدة من الأغشية السوق والتي أصبحت قادرة على إنتاج ماء ذو نوعية جيدة من مصدر عالي الملوحة.كما كان هناك تحسن في مواد الأغشية والوحدات، حيث أصبحت فترة عمر الأغشية أطول وتحسنت مردودية الغشاء ما انعكس على انخفاض تكلفتها: • أسيتات السليلوز؛ • أغشية البولي أميد الأروماتي. هذه النوعية من الأغشية، حسنت كثيرا في الأداء فانخفض الإمرار الظاهر للملح إلى أقل من (01%)، وارتفعت في الوقت ذاته نفوذية الماء. وبذلك تم تخفيض ضغط التغذية لعملية (RO).
2) أنظمة استرجاع الطاقة	تحسن أداء محطات (RO)، نتيجة تطور أنظمة استرجاع الطاقة حيث وصلت نسبة الاسترجاع إلى (45%) في الوقت الحالي. مقابل نسبة لم تتجاوز (35%) تسعينيات القرن العشرين، و(25%) في ثمانينيات القرن العشرين. وفي الماضي،كانت وحدة استرجاع الطاقة الأكثر شيوعا هي "عجلة بولتون". وعرضت مؤخرا، وحدات استرجاع طاقة أعلى كفاءة تدعى"مبادلات الضغط"، أو النمائط الإيزوبارية وكفاءتها في المدى (94-96%).

3) المعالجة الأولية	• أدخلت العديد من أساليب المعالجة الأولية (الترشيح الدقيق، الترشيح الفائق...الخ)، مما ساهم في تخفيض كمية الكيميائيات الضرورية لمعالجة الماء المحلى؛ • تطوير وتصميم مآخذ جديدة، أساسا الآبار التقليدية والأفقية...الخ؛ كل هذه العوامل، ساعدت بشكل كبير على تقليل ملوحة المياه الداخلة لمحطات التحلية إلى جانب تخفيض كمية الطاقة المستهلكة مما أسهم في تخفيض التكلفة باستخدام التناضح العكسي.

المصدر: إعداد الباحثة بالاعتماد على: أندريا سيبولينا وآخرون، **تحلية مياه البحر – سيرورات الطاقة التقليدية والمتجددة** ، الطبعة الأولى، مركز دراسات الوحدة العربية، لبنان، 2011.

نلاحظ أن التطورات أعلاه ركزت على الجوانب الأكثر تأثيرا في أداء محطات التحلية الغشائية منها والحرارية على حد سواء: الأغشية، زيادة سعة وحدات التحلية، أنظمة استرجاع الطاقة...الخ. ويرجح أن هذه التطورات ستشهد نضجا أكبر في السنوات القادمة في ظل العمل المتواصل الذي تبديه الشركات المصنعة لمختلف لواحق التحلية، والتي تتركز أساسا في الدول المتقدمة.

ثالثا: التحسينات في فعالية الطاقة في تقنيات التحلية تبعا لبعض السيناريوهات

يلخص الجدول أدناه، بعض السيناريوهات المتعلقة باستهلاك كمية الطاقة تبعا لتقنيات التحلية الرئيسة (RO،MSF وMED) خلال فترات زمنية تمتد حتى سنة 2025.

الجدول رقم (20.2): التحسينات في فعالية الطاقة في تقنيات التحلية حسب بعض السيناريوهات

التقنية	الخصائص	سيناريو بازلين	سيناريو (Conservative)			سيناريو (Highest Possible)		
			2012	2013-2020	2021-2025	2012	2013-2020	2021-2025
MSF	GOR	8	8	9.5	11	10	13	18
	SEEC	4.5	4.5	4	3.5	4	3.5	3
MED	GOR	8	8	11	13	10	15	20
	SEEC	3	3	2	1.5	2.5	2	1.5
MSF/MED	PPE	3.5	35	40	50	35	45	55
SWRO	SEEC	5	5	4	3	4	3.5	2.5

Source: Hassan Fath et al, **Present and future trend in the production and energy consumption of desalinated water in GCC countries**, International Journal of Thermal Environmental Engineering, vol5, n°2, 2013, p:160.

من خلال قراءة معطيات الجدول، نلاحظ:

1) بالنسبة للمحطات الحرارية (MSF/MED)، فإنه تبعا للسيناريوهات الثلاثة نجد:

• من حيث (GOR): فإن سيناريو (Highest Possible) يعطي أفضل تقدير بالنسبة لتقنية (MED) مقارنة بتقنية (MSF) حيث في الفترة (2013-2020)، يتوقع أن يبلغ المعدل (15%) مقابل (13%) لتقنية (MSF). في حين، سيصل المعدل (20%) بالنسبة لتقنية (MED) مقابل (18%) بالنسبة لتقنية (MSF) خلال الفترة (2021-2025). مقابل ذلك، يعطي سيناريو (Conservative) أقل تقدير على غرار سيناريو بازلين؛

- من حيث (SEEC): يظهر سيناريو (Highest Possible) أكثر تفاؤلا مقارنة بباقي السيناريوهات لكن هناك تقارب بينهم جميعا. ويظهر أن تكلفة الطاقة سوف تنخفض في السنوات المقبلة، وستشهد تقنية (MED) تراجعا كبيرا في كمية الطاقة إلى (1.5)كيلوواط ساعة/م^3 خلال الفترة (2021- 2025) حسب سيناريو (Conservative) و (Highest Possible). مقابل ذلك، ستتراجع أيضا تكلفة الطاقة بالنسبة لمحطة (MSF) لكن بدرجة أقل مقارنة بتقنية (MED) لتصل (03)كيلوواط ساعة/ م^3 مقابل (3.5)كيلوواط ساعة/م^3 حسب سيناريو (Highest Possible) و (Conservative)؛

2) ونفس الأمر ينطبق على تقنية (RO)، حيث توضح السيناريوهات أن كمية الطاقة الكهربائية المستهلكة سوف تشهد تراجعا خلال السنوات القادمة بنسب متقاربة بين السيناريوهات (3- 4)كيلوواط ساعي حسب سيناريو (Conservative)، وبين (2.5- 3.5)كيلوواط ساعي بالنسبة لسيناريو (Highest Possible).

وستشهد فعالية محطة الطاقة بالنسبة لتقنيات (MED/MSF) تحسنا متزايدا تبعا للسيناريوهات الثلاثة. وستصل النسبة (55%) خلال الفترة (2021-2025) حسب سيناريو(Highest Possible) مقابل (50%) حسب سيناريو(Conservative).

3.1.4.2. فحص التكلفة الكلية لتحلية مياه البحر

قدمت العديد من الدراسات بشكل مفصل أهم المتغيرات وأكثرها تأثيرا في تكلفة التحلية. وجميعها اتفقت أن عنصر البيئة، محدد قوي للتكلفة خاصة ما ارتبط بكمية الطاقة المستهلكة والانبعاثات الغازية فضلا عن تأثيرات التخلص من المحلول الملحي في البحر.

ورغم المعرفة الشاملة بأن تحديد التكلفة لأي منتج هو حصر لجميع التكاليف الفرعية التي تحملتها المؤسسة في سبيل إنتاج المنتج النهائي. وهذا ما ينطبق على محطة تحلية مياه البحر إلا أن طبيعة تكلفة تحلية مياه البحر تضم العديد من المتغيرات تعكس طبيعة صناعة التحلية بشكل عام.

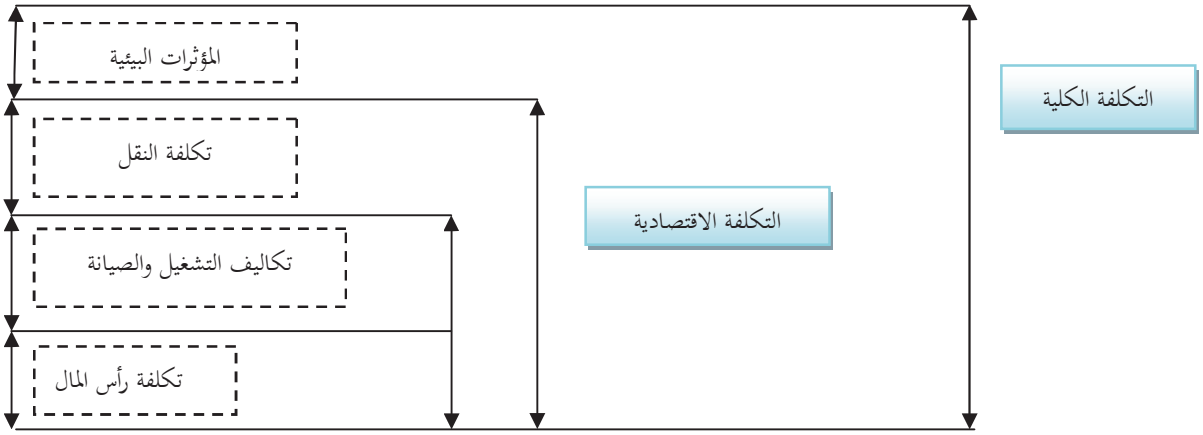
أولا: دراسة اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا – الإسكوا–

في هذا الجانب، سنستعرض تكلفة التحلية تبعا للدراسة التي قامت بها الإسكوا سنة2009؛ والتي تعد دراسة ذات أهمية خاصة مع تحديدها بدقة وموضوعية لمرتكزات تكلفة التحلية.

وقسمت الاسكوا، تكلفة تحلية مياه البحر إلى أربعة أقسام رئيسية:

(1)التكلفة الرأسمالية (2) التكلفة التشغيلية (3) تكلفة النقل (4) التكلفة البيئية (المؤثرات الخارجية)

الشكل رقم (2.2): محتويات التكلفة الكلية للتحلية



Source: Escwa (Economic and Social Commission for western Asia), **Role of Desalination Addressing Water Scarcity**, Escwa Development Report3, United Nations, 2009, USA, p: 21

من خلال قراءة الشكل، يتضح أن التكلفة الكلية لتحلية مياه البحر تضم التكلفة الاقتصادية مضافا إليها تكلفة المؤثرات البيئية، حيث:

التكلفة الاقتصادية = تكلفة العرض+ تكلفة النقل

تكلفة العرض= تكاليف التشغيل والصيانة + تكلفة رأس المال

إن تحديد تكلفة العرض (التكلفة الرأسمالية، تكاليف التشغيل والصيانة) بشكل دقيق، من الأمور الصعبة. ويعزى ذلك، إلى مجموعة من العوامل التي تعكس طبيعة هذه التكلفة والصناعة التي تحددها. ومن بين هذه العوامل:

1) نقص معايير عالمية (شاملة)، يعتد بها في وضع نموذج للتكاليف يكون أساسي، ويعتمد عليه في حساب وتقدير تكلفة التحلية.

لقد طورت نماذج عديدة لحساب وتقدير تكلفة التحلية من قبل خبراء ومختصين بالاعتماد على النمذجة الرياضية وبرامج الحاسوب تحديدا لكنها في النهاية لم تعط صورة واضحة وشاملة لكل التكاليف التي تدخل فعليا في تكلفة تحلية المياه. وربما البرنامج الذي طورته الوكالة الدولية للطاقة الذرية (DEEP: Desalination Economic Evaluating Program) أو برنامج التقييم الاقتصادي للتحلية، يعتبر من أكثر البرامج التي يمكن اعتمادها في تقدير تكلفة التحلية بالنظر لمختلف الجوانب التي يتناولها خاصة مع التحديث المستمر لهذا البرنامج من قبل الوكالة.

ففي بعض الدراسات، قدمت التكاليف بشكل مختصر جدا ولم توضح بعض العناصر الضرورية، والتي لها تأثير في تكلفة التحلية؛ كما أن البعض أهمل بعض العناصر، وركز فقط على العناصر الأكثر تأثيرا في التكلفة على غرار الطاقة، الأغشية...الخ.

2) لقد غاب عن هذه الدراسات، التي قدمت التكاليف بشكل مختصر إدراج الدعم الحكومي (المباشر) للوقود تحديدا؛ هذا الدعم، الذي ينتشر بشكل كبير في الدول النفطية، التي لازالت أسعار الطاقة والمياه تحظى بنسبة كبيرة من الدعم. وهذا ما أفرز تشوهات كبيرة في التكلفة الحقيقية للطاقة المستهلكة في محطة التحلية، ومن ثم في التكلفة الكلية للتحلية. إذا علمنا، أن أغلبية الطاقة المستخدمة في التحلية هي طاقة ذات مصدر أحفوري (غاز طبيعي ونفط).

3) لقد انخفضت تكلفة العرض لتحلية المياه بعد البحوث والتحسينات التي أدخلت على مختلف التقنيات. وخلال سنوات (1950 و1960)، كانت تكاليف العرض مرتفعة ووصلت (05) دولار/م^3 لتعرف بعد ذلك تراجعا في السبعينيات إلى ما دون (05) دولار/م^3، وبقيت محافظة على نفس الاتجاه حتى سنة (1990) أين انخفضت إلى (01) دولار/م^3.[1]

تحديد تكلفة النقل

حسب ما جاء في دراسة الاسكوا حول مدى مساهمة تكلفة النقل في التكلفة الكلية لتحلية مياه البحر واعتمادا على الدراسة التي قام بها أحد المختصين (kally1993)، وأخذ الخط (Suez-negev) كنموذج لذلك. قام بتقسيم تكلفة النقل إلى:[2]

1) تكلفة الطاقة للضخ: (0.10) دولار/م^3؛

2) تكلفة التشغيل والصيانة: (0.06) دولار/م^3؛

3) تكلفة المياه من المصدر: (0.07) دولار/م^3.

وقدرت مسافة النقل (200كلم) مع زيادة بارتفاع (75م)، التكلفة المفصلة للنقل الأفقي وتكاليف الرفع للمياه لم تكن واضحة؛ واحدة من الطرق لتفصيل التكاليف الأفقية العمودية لنقل المياه، هي حساب تكلفة رفع الماء.

والطريقة الشائعة لرفع الماء هي باستعمال الديزل لضخ الماء عبر سلسلة من الأنابيب؛ وهذا ما يعني أن تكلفة رفع الماء تضم التكلفة الرأسمالية (تكلفة شراء المضخة والأنابيب)، والتكلفة التشغيلية (وقود الديزل وصيانة المضخة).

1) بالنسبة للطاقة المطلوبة لضخ الماء، هي عبارة عن دالة في معدل التدفق، الحجم الكلي المضخوخ، حرارة الضخ وفعالية المضخة؛

2) حساب كمية الطاقة المطلوبة لرفع الماء، قدرت تقريبا بـ (0.36)كيلوواط ساعي/م^3/100م؛

3) ترجمة الطاقة المطلوبة لرفع الماء، في خطوتين هما:

- متوسط فعالية الوقود للمضخات الذي قدر بـ (0.25) ل/ كيلوواط ساعي؛
- تكلفة المتر من وقود الديزل.

---

[1].Ibid, p:04.
[2].Ibid, p:29.

الجدول رقم (21.2): التكلفة الكلية للتحلية لبعض المدن المختارة (الوحدة: دولار/م^3)

المدينة	نوع التقنية	تكلفة العرض (أ)	تكلفة النقل (ب)	التكلفة البيئية (ج)	التكلفة التامة (أ+ب+ج)
صنعاء	SWRO	1.35	2.16	0.20	3.71
عمان	SWRO	1.35	1.20	0.13	2.68
	SW-MED	1.35	1.07	0.14	2.56
الرياض	التوليد المشترك	1.35	0.90	0.20	2.45
دمشق	SWRO	1.35	0.79	0.13	2.27
مسقط	SW-MSF	1.35	0.28	0.45	1.69
غزة	SWRO	1.35	0.02	0.10	1.47

Source: Escwa (Economic and Social Commission for western Asia), **Role of desalination addressing water scarcity**, Escwa development report3, United Nations, USA, 2009, p:29.

من خلال قراءة معطيات الجدول، نلاحظ:

1) تباين تكلفة النقل بشكل كبير بين المدن الستة، وترتفع أكبر في مدينة صنعاء (2.16) دولار/م^3، تليها مدينة عمان بتكلفة (1.20) و(1.07) دولار/م^3 بالنسبة لتقنيتي (RO) و(MED) على التوالي فيما تسجل مدينة غزة أخفض تكلفة (0.02) دولار/م^3؛

2) تباين التكلفة البيئية من مدينة إلى أخرى تباينا ضئيلا وتتراوح بين (0.10-0.45) دولار/م^3، أين تسجل مدينة مسقط أعلى تكلفة (0.45) دولار/م^3 فيما تسجل مدينة غزة أخفض تكلفة (0.10) دولار/م^3؛

إن التكلفة البيئية وتكلفة النقل لهما تأثير كبير في التكلفة الكلية لتحلية مياه البحر. وهذا الجانب يرتبط بشكل رئيسي أيضا بنوع التقنية المستخدمة (MSF،RO وMED) إلى جانب مصدر مياه التغذية (مياه البحر والمياه قليلة الملوحة).

ويمكن الإشارة إلى أن القراءة الدقيقة لمدى تأثير التكلفة البيئية وتكلفة النقل في تكلفة التحلية تعتمد على مجموعة من المحددات:

1) نوع التقنية المستخدمة في التحلية؛

2) مصدر مياه التغذية (مياه البحر أو المياه قليلة الملوحة)؛

3) مصدر الطاقة المستخدمة في تشغيل محطات التحلية (أحفورية أو متجددة)؛

4) قرب محطة التحلية من مصدر مياه التغذية...الخ.

لكن إذا كانت دراسة الإسكوا قد أخذت في الاعتبار تكلفة النقل والتكلفة البيئية كأحد التكاليف الأساسية بالنسبة للتكلفة الكلية لتحلية مياه البحر، فإن واقع ذلك في جميع الدول التي تمارس هذه الصناعة يبدو مختلفا تماما. وذلك من عدة جوانب:

- هناك اختلاف في النظرة لتكلفة النقل، فهناك من يعتبر تكلفة ضخ مياه البحر ونقلها للمحطة بمثابة تكلفة نقل. في حين يرى البعض، أن تكلفة النقل تشمل نقل الماء المحلى إلى مراكز التوزيع. وفي الحالتين، تتأثر تكلفة التحلية الكلية وإن كان تأثيرها أكبر في الحالة الثانية؛

- لازالت التكلفة البيئية لتحلية مياه البحر مجرد دراسات تنظيرية أكثر منها تطبيقية رغم العديد من البحوث والتجارب التي أجريت حول التأثير البيئي السلبي لمحطات التحلية.

ثانيا: العلاقة بين تكلفة التحلية وكمية الطاقة المستهلكة

تعد تحلية مياه البحر صناعة كثيفة الاستهلاك للطاقة، وجميع تقنيات التحلية تتطلب كميات هائلة للاستخدام. وتشترك احتياجاتها الدنيا من الطاقة اللازمة لفصل المحلول الملحي، وتحويله إلى ماء نقي ومحلول مركز. وهذا مرتبط بتفضيل التقنية المطبقة، الآلية الدقيقة وعدد مراحل العملية.

وتشير التقديرات أن إنتاج متر مكعب واحد من الماء المحلى (الصالح للشرب)، يستهلك ما يزيد قليلا عن (03)كيلوواط ساعي من الطاقة في أكفأ محطات التحلية التجارية بالتناضح العكسي؛ لكن عملية التبخر في المحطات الحرارية تتطلب حوالي (10)كيلوواط ساعي لإنتاج الكمية نفسها.[1]

الجدول رقم (22.2): استهلاك الطاقة تبعا لنوع التقنية المعتمدة

التقنية	سعة الوحدة ($م^3$/اليوم)	الطاقة الكهربائية (كيلوواط ساعي/$م^3$)	الطاقة الحرارية (ميجاجول/$م^3$)	ما يعادلها من الطاقة الكهربائية (كيلوواط ساعي/$م^3$)	الاستهلاك الكلي للكهرباء (كيلوواط ساعي/$م^3$)	نوعية الماء المنتج (جزء في المليون)
MSF	$10\times(70-50)^3$	05 -2.5	282 -190	23.50 -15.83	27.25 -19.58	10~
MED	$10\times(15-5)^3$	2.5 -2.00	230 -145	19.1-12.2	21.35 -14.45	10~
MVC	3,000-100	12 -07	-	-	12 -07	10~
TVC	$10\times(30-10)^3$	1.8 -1.6	227	14.5	16.26	10~
RO	$(10\times128^3)<$	(4-6) استرجاع الطاقة	-	-	06 -04	500 -400
ED	(10×145^3)	5.5-2.64	-	-	5.5 -2.64 عند 2.5 -0.7 انخفاض (TDS)	500 -150

Source: Ali Al-Karaghouli, Lawrence L.Kazmerski, **Energy consumption and water production cost of conventional and renewable –energy -powered desalination processes,** Renewable and Sustainable Energy Reviews, n° 24, 2013, p:347.

من خلال قراءة معطيات الجدول، نجمل الملاحظات التالية:

1) التقنيات الحرارية (MSF، MED، MVC وTVC)، مستهلك كبير للطاقة بنوعيها (الحرارية والكهربائية). ويرتبط هذا الاستهلاك بسعة المحطة حيث يتراوح بين (2.5-5.5)كيلوواط ساعي/$م^3$ من الطاقة الكهربائية بالنسبة لمحطة (MSF) ذات سعات تتراوح بين (10×50^3-10×70^3) $م^3$/اليوم، وبطاقة حرارية (190-282) ميجاجول/$م^3$ على سبيل المثال لا الحصر. وتعد هذه التقنية أكثر استهلاكا للطاقة مقارنة بباقي التقنيات الحرارية الأخرى؛

[1]. كيرين شيرماير، **مياه حسب الطلب (ثمن تحلية مياه البحر)**، تحقيقات، الطبعة العربية، مجلةNature، 2014، ص:31.

2) التقنيات الغشائية (RO وED)، ذات استهلاك قليل للطاقة (تستهلك فقط الطاقة الكهربائية). كما أنها تتوفر على نظام استرجاع للطاقة جعلها من أفضل التقنيات، والتي يعول عليها في المستقبل بأن تكون التقنية المسيطرة في سوق التحلية العالمي؛

3) تعطي التقنيات الحرارية ماء محلى ذو نوعية نقية جدا تصل نقاوته (10) جزء في المليون. مقابل ذلك، تعطي التقنيات الغشائية، ماء محلى ذو نوعية أقل نقاوة لكنه قابل للاستهلاك مباشرة حيث تتراوح ملوحته بين (300-500) جزء في المليون، فيما تضاف أملاح للماء الناتج عن تقنيات التقطير.

الجدول رقم (23.2): نوع نظام عرض الطاقة وتكلفة الماء المنتج

مصدر مياه التغذية	نوع الطاقة المستعملة	التكلفة(دولار/م^3)
مياه قليلة الملوحة	تقليدية	(1.33 -0.26)
	فولتوضوئية	(12.9 -5.62)
	حرارة الأرض	2.5
مياه البحر	تقليدية	(3.37 -0.43)
	الرياح	(6.25 -1.25)
	فولتوضوئية	(11.25 -3.92)
	مستجمعات الشمس	(10 -4.37)

Source: Ioannis C-Karagiannis, Petros G.Soldatos, **Water desalination cost literature: Review and Assessment**, vol142, issues1-3, Desalination, n°223, 2008, p: 451.

من خلال قراءة معطيات الجدول، نلاحظ:

1) بمقارنة تحلية مياه البحر مع المياه قليلة الملوحة، هناك تفاوت في كمية الطاقة المستهلكة بنوعيها (التقليدية والمتجددة) والتكلفة المتحملة؛ حيث ترتفع هذه التكلفة عندما يتعلق الأمر بمياه البحر فيما تنخفض في حالة المياه قليلة الملوحة؛

2) إن استخدام الطاقة التقليدية في عملية التحلية (مياه البحر والمياه قليلة الملوحة)، أرخص بكثير من استخدام الطاقة المتجددة (مستجمعات الشمس، الرياح، حرارة الأرض والفولتوضوئية) حيث تتراوح التكلفة بين (0.43-3.37) دولار/م^3 فيما يتعلق بمياه البحر للطاقة التقليدية. مقابل تكلفة تتراوح بين (1.25-11.25) دولار/م^3 بالنسبة للطاقة المتجددة؛

واعتمادا على هذه المعطيات، نشير إلى أن استخدام الطاقة المتجددة في تحلية مياه البحر بدأت تأخذ مكان لها ضمن خريطة التحلية في العالم حتى وإن كانت تكاليفها مرتفعة حاليا. لكن الجميع، يعول عليها في المستقبل وبأنها ستكون الخيار الأنسب لجعل تحلية مياه البحر مستدامة.

2.4.2. نظرة عامة حول سيرورة تكلفة تحلية مياه البحر تبعا لمختلف التقديرات

أفرزت العديد من الدراسات معطيات هامة حول تكلفة التحلية في العالم، وتباين هذه التكلفة من موقع إلى آخر تبعا لتباين العوامل الاقتصادية تحديدا في كل بلد؛ لكن باستعراض هذه القيم، يلاحظ أن هناك تقارب كبير بين هذه التكلفة لمختلف تقنيات التحلية الحرارية منها والغشائية.

1.2.4.2. معطيات عامة لتكلفة تحلية مياه البحر تبعا لمصادر عالمية

عرفت تكلفة مختلف التقنيات انخفاضا ملحوظا على مدار العقود الماضية، حيث:[1]

1) انخفضت التكلفة باستخدام تقنية (RO) في السنوات الأخيرة خاصة مع انخفاض تكلفة الأغشية بسبب التحسينات التي أدخلت عليها لتتراوح بين (0.22- 0.28) دولار/م^3 سنة 2004، بعدما كانت تتراوح بين (1.57- 2.84) دولار/م^3 قبل بداية الألفية الثالثة. مقابل تكلفة تراوحت بين (0.50- 1.00) دولار/م^3 بالنسبة للتقنيات الحرارية لمحطات ذات سعة إنتاج تصل (500×10^3) م^3/اليوم؛

2) بالنسبة للمحطات ذات سعات إنتاج تتراوح بين (12×10^3- 60×10^3) م^3/اليوم، تظهر التكلفة تغيرات مرتفعة تتراوح بين (0.44-1.62) دولار/م^3؛ أما وحدات التحلية صغيرة الحجم (10^3- 5×10^3) م^3/اليوم فإن التكلفة تراوحت بين (0.70-3.93) دولار/م^3.

الجدول رقم (24.2): تكلفة إنتاج الماء المحلى تبعا لبعض المواقع في العالم حسب نوع التقنية وسعة المحطة

الموقع	تقنية التحلية	السعة (م^3/اليوم)	مصدر مياه التغذية	التكلفة (دولار/م^3)
مالطا	RO	15,000	ماء البحر	1.18
جزر الكناري	RO	36,000	ماء البحر	1.62
البحرين	MSF	23,000	ماء البحر	0.56
فلوريدا	RO	46,000	مياه قليلة الملوحة	0.267
العربية السعودية	RO	57,000	ماء البحر	0.48

Source: S.A.Avlonitis, **Operational water cost and productivity improvements for small-size RO desalination plants**, Desalination, n°142, 2002, p: 297.

من خلال قراءة معطيات الجدول، نلاحظ تباين التكلفة من موقع لآخر تبعا لتباين نوع التقنية المستخدمة وسعة المحطة حيث سجلت أعلى ارتفاع لها في جزر الكناري ومالطا بقيمة (1.62) دولار و(1.18) دولار على التوالي؛ في حين سجلت المملكة العربية السعودية والبحرين قيم أقل (0.48) دولار و(0.56) دولار على التوالي. مع أن التقنية المعتمدة في التحلية هي نفسها (RO) باستثناء البحرين (MSF)، ونفس مصدر مياه التغذية (مياه البحر).

وتلعب سعة المحطة دورا استراتيجيا في التأثير في تكلفة التحلية، وتزداد مع انخفاض السعة والعكس صحيح. وهي عامة سواء للتقنيات الغشائية أو الحرارية مع الأخذ في الاعتبار الخصائص المحددة لكل إقليم. من أجل ذلك، اتجهت جميع الدول (خاصة التي تتوفر على موارد مالية كبيرة) في العقدين الأخيرين نحو اعتماد محطات تحلية ذات سعات كبيرة خاصة في منطقة الخليج العربي التي تضم أكبر محطات للتحلية في العالم.

[1]. Ioannis C-Karagiannis, Petros G.Soldatos, op.cit, p:20.

الجدول رقم (25.2): ملخص لتكلفة التحلية في بعض الدول المختارة

الدولة	التكلفة (يورو/م^3)
مالطا	(0.45 -0.30)
قبرص	(0.54 -0.45)
إسرائيل	(0.94 -0.61) 0.50..محطة أشكيلون
شرق أستراليا	(0.42 -0.33)
اليونان	(0.70 -0.60)
الولايات المتحدة الأمريكية (كاليفورنيا)	0.50

Source : Konstantinos Zotalis et al, **Desalination technologies: Helenic experience**, Water Journal, n°2073-4441, 2014, p:1137.

تظهر معطيات الجدول، التقارب الملحوظ في تكلفة التحلية بين الدول وهي منخفضة في كل من مالطا وشرق أستراليا. وتتراوح بين (0.30-0.45) يورو/م^3 و(0.33-0.42) يورو/م^3 على التوالي فيما تسجل باقي الدول تكلفة تتراوح بين (0.45-0.90) يورو/م^3.

الجدول رقم (26.2): التكلفة الاستثمارية للتقنيات الحرارية والغشائية (الوحدة: دولار/م^3)

	MSF	MED-TVC	RO
تكلفة الاستثمار الرأسمالية (1998-2005)[1]	1,750-900	1,450-900	900-650
تكلفة الاستثمار الرأسمالية (2006-2008)	2,900-1,700	2,700-1,700	2,500-1,300
الدراسة الجارية[2]	n.a	1,800	2,425-1,748

Source:[1].MENA Regional Water Outlook, **Desalination using renewable energy**, Part II, Final report, Fichtner, USA ,2011,p:33
[2].The World Bank, **Renewable energy desalination: An emerging solution to close the water gap in the Middle East and North Africa**, MENA development report, USA, 2012, p:72.
n.a : not available

من خلال قراءة معطيات الجدول، نلاحظ أن هناك تباين كبير في التكلفة الاستثمارية للتحلية تبعا لتباين نوع التقنية المعتمدة؛ وخلال الفترات المقترحة، شهدت هذه التكلفة تغيرا معتبرا حيث:

1) الفترة (1998-2005)، سجلت تقنية (RO) أخفض تكلفة أين تراوحت بين (650- 900) دولار/م^3. مقابل ارتفاع ملحوظ للتقنيات الحرارية خاصة بالنسبة لتقنية (MSF) بتكلفة تراوحت بين (900- 1,750) دولار/م^3؛

2) الفترة (2006-2008)، ارتفعت التكلفة الاستثمارية للتحلية بالنسبة للتقنيات الثلاثة بشكل كبير جدا مقارنة بالفترة (1998-2005)، وسجلت جميع التقنيات تكلفة تفوق (1,300) دولار/م^3. وكان سبب هذا الارتفاع، تأثيرات الأزمة المالية التي انعكست على أسعار المواد الأولية الأساسية لعمل هذه المحطات؛

3) وتبعا لدراسة البنك الدولي، فإن التكلفة تراجعت بشكل كبير بالنسبة لتقنية (MED-TVC). مقابل ارتفاع لتقنية (RO)، والتي أرجعت حسب هذه الدراسة لاختلاف مستويات المعالجة الأولية (هذه الدراسة اعتمدت على سعة محطة:(100×10^3) م^3/اليوم).

وتضم التكاليف الرأسمالية:

1) تكلفة أنظمة مآخذ مياه البحر؛

2) تكلفة أنظمة التخلص من المحلول الملحي؛

3) تكلفة تخزين الماء والضخ؛

4) تكلفة تحضير الموقع والأشغال المدنية؛

5) تكلفة التجهيزات الميكانيكية؛

6) تكلفة الأشغال الكهربائية.

الجدول رقم (27.2): تكاليف التشغيل للتقنيات الحرارية والغشائية (الوحدة: دولار/م^3)

	MSF	MED-TVC	RO
تكاليف التشغيل (1998- 2004)	(1.10 -1.25)	(0.75 -0.85)	(0.68 -0.82)
تكاليف التشغيل (2006- 2008)	0.65	0.54	0.47
الدراسة الجارية	n.a	(0.67- 0.96)	(0.58- 0.88)

Source: The World Bank, **Renewable Energy Desalination: An emerging solution to close the water gap in the Middle East and North Africa**, MENA development report, USA, 2012, p:73.
n.a: not available.

من خلال قراءة معطيات الجدول، نلاحظ أن هناك تباين بين تكاليف التشغيل بالنسبة للتقنيات الثلاثة. وخلال الفترات المأخوذة، شهدت هذه التكاليف تغيرا معتبرا حيث:

1) الفترة (1998-2004): سجلت تقنية (MSF) أعلى تكلفة أين تراوحت بين (1.10- 1.25) دولار/م^3 متبوعة بتقنية (MED-TVC) بتكلفة تراوحت بين (0.75- 0.85) دولار/م^3، فيما سجلت تقنية (RO) أخفض تكلفة أين تراوحت (0.68- 0.82) دولار/م^3؛

2) الفترة (2006-2008): تراجعت التكلفة التشغيلية لجميع التقنيات، وسجلت تقنية (MSF) أكبر تراجع بتكلفة (0.65) دولار/م^3. مقابل تكلفة تراوحت بين (1.10-1.25) دولار/م^3 في الفترة (1998-2004) تلتها تقنية (RO) بتكلفة (0.47) دولار/م^3، مقابل تكلفة تراوحت بين (0.68-0.82) دولار/م^3 في الفترة (1998- 2004)؛

3) أما دراسة البنك الدولي، فسجلت ارتفاعا نسبيا لهذه التكاليف في سنة 2012 مقارنة بالفترة (2006-2008) حيث تراوحت بين (0.67- 0.96) دولار/ م^3 لتقنية (MED-TVC). مقابل (0.58-0.88) دولار/م^3 لتقنية (RO).

وتضم تكاليف التشغيل: اليد العاملة؛ الطاقة؛ التأمين...الخ. وتمثل تكاليف التشغيل (40%-60%) من التكلفة الكلية للماء المحلى، وترتفع هذه التكاليف تبعا لمواقع الطلب المائي.

إن مكمن الصعوبة في تحديد تكلفة تحلية مياه البحر ناتج عن التداخل الكبير بين العناصر المحددة لها، وهذا الأمر أفرز سلسلة من الدراسات التي تناولت هذه التكلفة وفصلت بشكل كبير في محتوياتها حيث نجد على سبيل المثال لا الحصر أن: تكاليف التشغيل والصيانة قسمت إلى:[1]

1) تكاليف النقل (الضخ، صيانة الأنابيب...)؛

2) تكاليف المعالجة (الطاقة، الكيميائيات، الأغشية، الفلتر، الصيانة واليد العاملة...)؛

3) التكاليف المؤسسية (على غرار تكلفة الإيجار...).

وبالنسبة لجميع الدراسات التي أجريت حول صناعة تحلية مياه البحر في مختلف أقاليم العالم توصلت إلى أن:[2]

1) تكلفة التحلية ترتبط بشكل كبير بظروف إنشاء محطات التحلية. في بعض الأقاليم مثلا بالنسبة لتقنية (MSF)، وجد أنها كثيفة رأس المال مقارنة بتقنية (RO) التي تحتاج لاستثمار رأسمالي منخفض للوحدة المنتجة من الماء تتراوح بين (700- 900) دولار/م^3. مقابل ذلك لاحظ آخرون أن التكلفة قد ترتفع لنفس التقنية لتتراوح بين (1,300-2,200) دولا/م^3؛

2) تكلفة اليد العاملة ليست مرتفعة بالنسبة لجميع تقنيات التحلية أي أن عمليات التحلية ليست كثيفة العمالة، ولا تمثل تكلفة العمالة إلا نسبة ضئيلة من تكاليف التشغيل والصيانة حوالي (08%).

الجدول رقم (28.2): المقارنة بين تكلفة التقنيات الأساسية تبعا لسعة المحطة

نوع العملية (الوحدة: 10^{3}م^3)	مصدر مياه التغذية	تكلفة الماء (دولار/م^3)
MSF (23- 528) م^3/اليوم	مياه البحر	(0.56- 1.75)
MED 1) (91- 320) م^3/اليوم؛ 2) (12- 55) م^3/اليوم؛ 3) أقل من100م^3/اليوم.	مياه البحر	(0.52-1.01) (0.95-1.5) (2.0- 8.0)
VC 1) (30) م^3/اليوم؛ 2) (01) م^3/اليوم	مياه البحر	(0.87- 0.95) (2.0- 8.0)
RO 1) (100- 320) م^3/اليوم؛ 2) (15- 60) م^3/اليوم؛ 3) (1- 4.8) م^3/اليوم .	مياه البحر	(0.45- 0.66) (0.48- 1.62) (0.7- 1.72)

Source: Ali Al-Karaghouli, Lawrence L.Kazmerski, **Energy consumption and water production cost of conventional and renewable - energy - powered desalination processes,** Renewable and Sustainable Energy Reviews, n° 24, 2013, p:348.

(1). UNESCO Center for membrane science and technology university of new south wals, **Emerging trends in desalination: A review**, Waterlines report series n° 9, National Water Commission, Australia, 2008, p: 51.
(2). Ibid, pp:55-58.

من خلال قراءة معطيات الجدول، نجمل الملاحظات التالية:

1) توجد علاقة عكسية بين سعة المحطة وتكلفة التحلية، كلما زادت سعة المحطة كلما انخفضت التكلفة والعكس صحيح حيث نلاحظ أنه لسعة أقل من (100) م^3/اليوم تتراوح التكلفة بين (2-8) دولار/م^3. مقابل (0.52-1.01) دولار/م^3 لمحطات ذات سعات إنتاج تتراوح بين (91×10^3 - 320×10^3) م^3/اليوم على سبيل المثال لا الحصر؛

2) يلاحظ أن التقنيات الحرارية (MSF، MED وVC) هي أكثر تكلفة مقارنة بالتقنيات الغشائية (RO)، حيث تتراوح تكلفة التحلية بالنسبة لمحطات (RO) بين (0.45- 1.72) دولار/ م^3 لسعات تتراوح بين (10^3- 320×10^3) م^3/اليوم. مقابل تكلفة تتراوح بين (0.52- 08) دولار/ م^3 لمحطات التقنيات الحرارية تبعا لمختلف السعات (أقل من 100- 528×10^3) م^3/ اليوم.

وتجدر الإشارة إلى أن التقنيات الحرارية هي الأكثر ملائمة وتفضيلا بالنسبة للمياه عالية الملوحة.

الجدول رقم (29.2): تكلفة التحلية والتكلفة الرأسمالية لبعض المشاريع الحديثة ذات الحجم الكبير في العالم

الموقع	البداية (start-up)	السعة (10^3م^3/اليوم)	نوع العقد	تكلفة رأس المال(دولار)	TWC (دولار/م^3)
الفجيرة(MED2)	2011	460	IWPP	(616) مليون	
Adalaide (SWRO):مرحلتين	2011	273	DBOM	(1.79) مليار	
سيدني (SWRO):مرحلتين	2010	250	DBO	(933) مليون	
Hadera (SWRO)	2010	347	BOOT	(425) مليون	0.63
الشعيبة (MSF)	2010	880 900MV	BOO	(2.4) مليار	0.95
مرافق (MED-TVC)	2009	800	IWPP	(3.4) مليار	0.83
سكيكدة (SWRO)	2008	100	BOT	(110) مليون	0.73

Source: Ioannis C-Karagiannis, Petros G.Soldatos, **Water desalination cost literature: Review and Assessment**, vol142, issues1-3, Desalination, n°223, 2008, p: 205.

من خلال قراءة معطيات الجدول، نلاحظ:

1) تراوحت تكلفة رأس المال المتحملة لانجاز المحطات التي سعاتها بين (100×10^3-800×10^3) م^3/اليوم بين (110مليون دولار- 3.4 مليار دولار). وسجلت محطات مرافق (MED-TVC) والشعيبة ذات الغرض المزدوج (ماء وكهرباء) أعلى تكلفة، حيث تراوحت بين (3.4 - 2.4) مليار دولار على التوالي؛

2) التكلفة الكلية للتحلية تتراوح بين (0.63-0.95) دولار/م^3، حيث تسجل محطة (Hadera) أخفض تكلفة (0.63) دولار/م^3، تليها محطة سكيكدة (RO) بتكلفة (0.75) دولار/م^3. مقابل ارتفاع نسبي لمحطات الشعيبة ومرافق بـ (0.95) دولار/م^3 و (0.83) دولار/م^3 على التوالي.

ما يلاحظ على هذه المشاريع هو تباين نوع التقنية المستخدمة فضلا عن سعة المحطة، وهذا ما انعكس بشكل كبير على التكلفة الرأسمالية لإنشاء هذه المحطات.

2.2.4.2. تكلفة التخلص من المحلول الملحي

تتحمل جميع الدول المنتجة لمياه البحر المحلاة في العالم، تكلفة مرتفعة جراء التخلص من المحلول الملحي الذي تنتجه محطات التحلية بنوعيها الحرارية والغشائية. وتتباين تكلفة ذلك، تبعا لتباين نوع الآلية المعتمدة في التخلص من المحلول الملحي وأيضا لنوع التقنية المعتمدة.

الجدول رقم (30.2): تحديات التخلص من المحلول الملحي

	التكلفة الرأسمالية	تكاليف التشغيل والصيانة	احتياجات الأرض	التأثير البيئي	الطاقة	احتياجات عامة	الجيولوجيا
الماء السطحي	L	L	-	H-H[f]	L[b]	H	-
الآبار العميقة	H-M	M	L	L	M	L-M	H[e]
حفر التبخير	H	L[c]	H	M[d]	L	H[d]	H
انتشار الأرض	M	L	H	M-H	L[b]	H	H
التبخير الحراري	H	H	L[d]	L[d]	L[g]	L	L
قنوات الصرف	L[a.b]	L[a.b]	-	M[d]	L[b]	L	-

Source: The World Bank, **Renewable energy desalination: An emerging solution to close the water gap in the Middle East and North Africa**, MENA development report, USA, 2012, p:120.

L: منخفض H: مرتفع M: متوسط

من خلال قراءة معطيات الجدول، نلاحظ اختلافات واضحة بين التكاليف المتحملة للتخلص من المحلول الملحي تبعا لتباين الأسلوب المعتمد حيث:

1) يسجل أسلوب الماء السطحي أخفض تكلفة رأسمالية فيما باقي الأساليب تتراوح بين متوسطة ومرتفعة على غرار التبخير الحراري؛ أما من حيث تكاليف التشغيل والصيانة، فهي تتراوح بين المنخفضة والمتوسطة بالنسبة لمعظم الأساليب باستثناء أسلوب التبخير الحراري أين تكون التكلفة مرتفعة؛

2) تتطلب معظم الأساليب كمية طاقة منخفضة (الماء السطحي، حفر التبخير، التبخير الحراري...الخ)، فيما أسلوب الآبار العميقة يتطلب كمية طاقة متوسطة؛ أما من حيث التأثير البيئي، فيكون مرتفعا بالنسبة لأسلوب الماء السطحي. ويتراوح بين المنخفض والمتوسط بالنسبة لباقي الأساليب (باستثناء انتشار الأرض الذي يمكن أن يكون مرتفعا في بعض الحالات).

الجدول رقم (31.2): دلالة (a،b،c،e،d،f)

a	تكاليف الموقع مرتفعة، تكلفة الماء السطحي أو التخلص من مياه الصرف يمكن أن تكون مرتفعة إذا كانت المسافة بين المحطة وموقع التفريغ بعيدة أين تحتاج لمنشآت ضخ وأنابيب.
b	الطاقة المستعملة للماء السطحي أو تفريغ مياه الصرف أو تطبيق الأرض، يمكن أن تكون مرتفعة إذا كانت المسافة بين محطة التحلية وتفريغ الماء، أو موقع الأرض كبيرة (أو واسعة) تحتاج لمنشآت ضخ.
c	تكاليف التشغيل والصيانة لحفر التبخير يمكن أن تكون مرتفعة إذا كان هناك احتياج لمعالجة نوعية المياه وإدارة الآبار.
d	تأثيرات بيئية وتعقيد للماء السطحي، قنوات الصرف والتبخير الحراري يمكن أن تكون مرتفعة إذا كان مياه التغذية لعملية التحلية تحتوي على ملوثات التي يمكن أن يكون تركيزها بمستويات سامة.
e	تحتاج معلومات مائية جيدة لتجنب عدوى أحواض الماء العذب.
f	التغير المناخي يمكن أن يؤثر مباشرة على تفريغ الماء السطحي عن طريق التأثير في كمية الماء السطحي المتوفر للتخفيف.
g	عموما (NAS) للطاقة مرتفعة لأن قدرات أشعة الشمس المرتفعة.

المصدر: إعداد الباحثة اعتمادا على:

The World Bank, **Renewable energy desalination: An emerging solution to close the water gap in the Middle East and North Africa**, MENA development report, USA, 2012, p:120.

الجدول رقم (32.2): مقارنة تكلفة التخلص من المحلول الملحي المركز تبعا لبعض الخيارات

خيارات التخلص من المتركز	التكلفة (دولار/م^3)	العوامل الحرجة
الماء السطحي	0.30 -0.03	الضخ، إنشاء مواقع التصريف، الأنابيب
حقن الآبار العميقة	2.64 -0.33	معدل حقن العمق والقطر، تكلفة الكيميائيات
حفر التبخير	10.04 -1.18	حجم وعمق الحفر، تركيز الأملاح، معدل التبخر، معدل التخلص، التكلفة الخطية للحفر

Source: The World Bank, **Renewable energy desalination: An emerging solution to close the water gap in the Middle East and North Africa**, MENA development report, USA, 2012, p:121.

من خلال قراءة معطيات الجدول، نلاحظ أن تكلفة التخلص من المحلول الملحي باستخدام أسلوب (الماء السطحي) هو أقل تكلفة (0.03-0.30) دولار/م^3، يليه أسلوب (حقن الآبار العميقة) بتكلفة (0.33-2.64) دولار/م^3 فيما يسجل أسلوب (حفر التبخير) تكلفة مرتفعة تتراوح بين (1.18-10.04) دولار/م^3. وتتأثر هذه الأساليب بمجموعة من العوامل كما يوضحها الجدول أعلاه.

وتجدر الإشارة إلى أن اختيار الطريقة الملائمة للتخلص من المحلول الملحي تتوقف على مجموعة من المحددات:

1) حجم المتركز أو كمية المتركز؛

2) نوعية المتركز؛

3) موقع محطة التحلية؛

4) التنظيمات البيئية؛

5) التكاليف الرأسمالية والتشغيلية...الخ.

ومن أجل فهم أكثر لمختلف العناصر التي تكون تكلفة تحلية مياه البحر تبعا لبعض تقنيات التحلية (أنظر: **الملحقين رقم (2.2) و (3.2)**).

خلاصة الفصل

لقد كان لنمو سوق التحلية العالمي، تأثير كبير في سيرورة اتجاهات تكلفة تحلية مياه البحر نحو الانخفاض خاصة مع دخول منتجين ومصدرين جدد لتقنيات التحلية، ونمو سعات محطات التحلية؛ هذه التكلفة، التي تتداخل وتتشابك العناصر المسئولة عن تحديدها في ظل الخصائص التي تميز صناعة تحلية مياه البحر عن باقي الصناعات الأخرى.

وأظهرت دراسة مختلف الجوانب المرتبطة بتكلفة تحلية مياه البحر، أنها لا تزال مرتفعة حتى بعد سلسلة الانخفاضات المتتالية التي عرفتها بفضل التحسينات والتطورات التي شهدتها مختلف تقنياتها الحرارية منها والغشائية وأنها تظل بالنسبة لبعض الدول الراغبة في توطينها عقبة أساسية يصعب تخطيها في ظل غياب قدرات مالية وطاقوية لتحقيق ذلك.

وتبين من خلال تحليل هذه التكلفة تشابك وتداخل المتغيرات المحددة لها إن كانت اقتصادية، اجتماعية أو بيئية. وتأتي في مقدمة العناصر الأكثر تأثيرا في صنع هذه التكلفة كمية الطاقة المستهلكة، التي تشكل في بعض الأقاليم ما نسبته (50%) من تكاليف التشغيل المتحملة لإنتاج الماء المحلى. ورغم أنه لا يوجد اتفاق حصري حول تكلفة مثلى لتحلية مياه البحر بين أقاليم العالم المختلفة، إلا أن هناك تقديرات تم إدراجها لمختلف التقنيات وأصبحت مرجعيات أساسية يعتد بها عند حساب تكلفة تحلية مياه البحر.

الفصل الثالث

واقع تحلية مياه البحر في الجزائر والمملكة العربية السعودية

تمهيد

رسمت الجغرافية الطبيعية للجزائر والمملكة العربية السعودية ملامح جغرافيتهما المائية، وحددت مضامين الإستراتيجية المائية الوطنية لكل بلد؛ هذه الجغرافية، التي يميزها سيادة المناخ الجاف بسبب اتساع رقعة الصحراء التي تغطي النسبة الأكبر من أراضيهما. لقد أثرت هذه الجغرافية على حجم الموارد المائية المتوفرة في البلدين حيث تعد المملكة فقيرة جدا في مصادرها المائية التقليدية، وما هو متاح منها عبارة عن مياه جوفية غير متجددة في الغالب منها وتعرضت لاستنزاف كبير. في حين، تتميز الجزائر بتنوع مصادرها المائية التقليدية وتعد أحسن مائيا مقارنة بالمملكة.

ودفعت هذه الوضعية البلدين، نحو تبني تحلية مياه البحر كأفضل بديل لحل مشكلتهما المائية التي ازدادت تفاقما مع تزايد عدد السكان والتطور الاقتصادي الذي شهده اقتصاداهما. وأسهمت المقومات الطبيعية (طول السواحل)، والمقومات المالية والطاقوية في تسهيل مهمة البلدين في إقامة صناعة تحلية مياه البحر المكلفة اقتصاديا وتقنيا.

وتمكنت الجزائر والمملكة العربية السعودية، من افتكاك المراتب الأولى في سوق التحلية العالمي حيث تحتل المملكة صدارة الدول الأكثر إنتاجا للمياه المحلاة في العالم. مقابل ذلك، تحتل الجزائر المرتبة الثامنة. وهذا ما أسهم بشكل كبير في تخفيف عجز الموازنة المائية للبلدين، ووفر موردا إضافيا كان له تأثيرا كبيرا في ضمان احتياجاتهما من مياه الشرب وخاصة بالنسبة للمملكة.

وانطلاقا من هذه الجوانب، سنتناول في هذا الفصل المباحث التالية:

- دراسة جغرافية تحلية مياه البحر في الجزائر
- دراسة جغرافية تحلية مياه البحر في المملكة العربية السعودية
- قراءة لنقاط الاختلاف والتشابه بين الجزائر والمملكة العربية السعودية تبعا للجغرافية الطبيعية والمائية

1.3.دراسة جغرافية تحلية مياه البحر في الجزائر

لعبت الوضعية المائية التي عرفتها الجزائر مع بداية الألفية الثالثة، دورا أساسيا في توجهها نحو تحلية مياه البحر كخيار إستراتيجي لزيادة العرض المائي في ظل توفر المقومات الأساسية لاعتماده، ولعدم وجود حلول أخرى يمكن أن تخفف العجز المائي خاصة مع تزايد الطلب لمختلف الاستخدامات.

1.1.3.معالم عامة حول الجغرافية المائية في الجزائر

كان للموقع الجغرافي للجزائر ضمن الحزام الجاف وشبه الجاف من العالم، تأثيرا كبيرا في مواردها المائية التقليدية (السطحية والجوفية) سواء من حيث كميتها أو توزيعها الجغرافي.

1.1.1.3.الجغرافية الطبيعية

تتنوع الجغرافية الطبيعية للجزائر من الشمال إلى الجنوب، ومن الشرق إلى الغرب تنوعا كبيرا تبعا لموقعها في حوض المتوسط من جهة، ولامتداد القسم الأكبر من أراضيها ضمن الصحراء الكبرى الأفريقية من جهة أخرى.

أولا: الموقع الجغرافي

تقع الجزائر وسط شمال غرب القارة الأفريقية، بين خطي طول(9°) غرب غرينتش و(12°) شرقا. وتقدر حدودها البحرية بـ (12) ميلا بحريا شمال الساحل كمياه إقليمية، وبين (32) إلى (52) ميلا بحريا كنطاق للصيد البحري.[1]

الجدول رقم (1.3): معطيات جغرافية حول الجزائر

المساحة (كلم^2)		2,381,741	
الامتداد الشمالي الجنوبي: (1,900)كلم		الامتداد الشرقي الغربي (الساحلي): (1,200)كلم	
حدودها الجغرافية			
شرقا: تونس وليبيا		غربا: المغرب والصحراء الغربية	
شمالا: البحر الأبيض المتوسط		جنوبا: النيجر ومالي	
الأقاليم			
	المساحة (%)	نسبة السكان (%)	نوع المناخ السائد
الإقليم الساحلي والتلي 1) طوله: (100- 150كلم) 2) التساقط: (200- 600) ملم سنويا	04	65	مناخ البحر المتوسط، الاعتدال والرطوبة شتاء والحرارة والجفاف صيفا.
إقليم الهضاب العليا 1) طوله: (300- 350 كلم) 2) التساقط: (400) ملم سنويا	09	25	الحرارة والجفاف صيفا، والبرودة وقلة الأمطار شتاء.
الإقليم الصحراوي	87	10	الجفاف طوال السنة، أمطار نادرة وفجائية.

المصدر: عبد الحق بوروز، **حالة الجزائر**، إدارة مرافق المياه (حالات دراسية من المنطقة العربية)، الجمعية العربية لمرافق المياه(ACWUA)، الأردن، 2013، ص:29.

[1]. الهادي قطش، **أطلس الجزائر والعالم**، دار الهدى، الجزائر، 2013، ص:34.

من خلال قراءة معطيات الجدول، نجمل الملاحظات التالية:

1) شساعة مساحة الجزائر وطول حدودها الساحلية (1,200كلم)،كما أن حدودها الجغرافية تتنوع تبعا لامتدادها الكبير في الصحراء الأفريقية الكبرى؛

2) يعد الإقليم الصحراوي أكبر أقاليم الجزائر مساحة (87%)، يليه إقليم الهضاب العليا (09%) ثم الإقليم الساحلي والتلي (04%)؛

3) يضم الإقليم الساحلي والتلي أعلى نسبة سكان (65%)، يليه إقليم الهضاب العليا (25%) ثم الإقليم الصحراوي (10%)؛

4) الإقليم الساحلي والتلي هما أفضل أقاليم الجزائر من حيث المناخ (مناخ البحر المتوسط) بتساقط (200-600) ملم سنويا، يليه إقليم الهضاب العليا بتساقط (400) ملم سنويا أما الإقليم الصحراوي فيسوده المناخ الجاف (نسبة التساقط تكاد تكون منعدمة).

ثانيا: التضاريس

تمتاز تضاريس الجزائر بالتنوع بين الشمال والجنوب. ويلخص الجدول أدناه، أهم التضاريس ومميزاتها الرئيسية.

الجدول رقم(2.3): تضاريس الجزائر

تضاريس الشمال	
الجبال	عبارة عن سلسلتين ممتدتين من الشرق إلى الغرب، وتميل جنوبا كلما اتجهنا غربا. وهذين السلسلتين، هما: 1) سلسلة الأطلس التلي: وتضم سلسلة السهول الساحلية المنخفضة كسهول وهران ومتيجة وعنابة، السهول الداخلية والمرتفعات كسهل تلمسان وسيدي بلعباس. ومن أهم جبال هذه السلسلة: جبال جرجرة، جبال الونشريس، جبال بابور...الخ؛ 2) سلسلة الأطلس الصحراوي: تمتد موازية للأطلس التلي لكنها تميل جنوبا كلما اتجهنا غربا، وهي كتلة مترابطة، قديمة التكوين وأقل انحدارا من السلسلة التلية.كما تعتبر الحاجز الرئيسي لرمال الصحراء المتجهة نحو الشمال،كما أنها تحد من التأثيرات البحرية التي تمكنت من اجتياز السلسلة التلية نحو الجنوب. ومن أهم جبال هذه السلسلة: جبال الأوراس، جبال القصور، جبال أولاد نايل،...الخ.
السهول	سهول الجزائر ساحلية ضيقة محصورة بين الأطلس التلي والبحر المتوسط على غرار: سهل عنابة، سهل بجاية، سهل متيجة...الخ.
الهضاب	تنقسم إلى قسمين: 1) الهضاب العليا الشرقية: تمتد من جبال الحضنة جنوبا إلى الأطلس التلي شمالا، معظمها أراضي خصبة، مثل: هضاب سطيف، برج بوعريج،...الخ. 2) الهضاب العليا الغربية: تمتد من جبال الحضنة شرقا إلى الحدود المغربية غربا على مسافة تتجاوز(700كلم)، معظمها سهوب لا تصلح للزراعة؛ لكن وجود الحشائش الرعوية، وخاصة الحلفاء جعل منها منطقة رعوية جيدة.كما توجد بها سهول داخلية خصبة، مثل: سهول تلمسان، معسكر...تتخللها بعض الشطوط، مثل: الشط الغربي والشط الشرقي.
تضاريس الجنوب	
تمتد الصحراء جنوب الأطلس الصحراوي، وتأخذ (84%) من مساحة البلاد أي حوالي (02) مليون كلم^2، وتشكل أكبر جزء من الأراضي الجزائرية، وأغلب تكويناته صخور قديمة بركانية تمتاز بالرتابة والانبساط.	
الجبال	تتمثل في كتلة الهقار والطاسيلي، وهي مرتفعات ذات منشأ بركاني صخورها صلبة، توجد بها أعلى قمم الجزائر(قمة تاهات: 2,918م).
العروق	هي كثبان رملية متحركة أكبرها العرق الشرقي الكبير والعرق الغربي الكبير، عرق الشاش...الخ. ويتراوح ارتفاعها بين (260م و(500م).
الأودية	تحوي الصحراء عدة أودية تعرف بالوديان الكاذبة، تجري عند سقوط الأمطار ثم تجف بعد ذلك لمدة طويلة، مثل: وادي جدي، وادي الزعرير...الخ.

المصدر: إعداد الباحثة بالاعتماد على: الهادي قطش، **أطلس الجزائر والعالم**، دار الهدى، الجزائر، 2013، ص:34.

ثالثا: التوزيع السكاني

تطرح قضية النمو السكاني تحديا متناميا في الجزائر في ظل الطلب المتزايد على الموارد المائية خاصة مع التركز الحضري الذي صار يميز المدن الساحلية في العقد الأخير. ويتوقع أن يزداد نمو المدن بوتيرة متسارعة في العقود المقبلة، حسب ما أوضحه صندوق الأمم المتحدة للسكان. وهذا ما سيدفع بعجلة الضغط المائي في المناطق الحضرية نحو الزيادة.

وينمو السكان في الجزائر بمعدل مرتفع نسبيا إذا ما تم مقارنته بالمعدل العالمي، وهو الحال مع جميع الدول النامية على حد سواء.

الجدول رقم (3.3): مؤشرات عامة حول السكان في الجزائر

العدد الإجمالي للسكان	(39.9) مليون نسمة
1) النسبة المئوية لمتوسط معدل التغير السنوي في السكان (2010- 2015)	(1.8%)
2) معدل الخصوبة الإجمالي لكل امرأة (2010- 2015)	(2.8%)
3) النسبة المئوية للسكان الذين تتراوح أعمارهم بين (10- 24 سنة)	(25%)
4) عدد السكان الذين تتراوح أعمارهم بين (10- 24 سنة)	(9.9) مليون نسمة
5) معدل العمر المتوقع عند الولادة بالسنوات (2010- 2015)	
أ) ذكور	(69) سنة
ب) إناث	(73) سنة

المصدر: صندوق الأمم المتحدة للسكان، **حالة سكان العالم2014**، التقرير السنوي حول السكان في العالم، الولايات المتحدة الأمريكية، 2014، ص:110.

من خلال قراءة معطيات الجدول، نلاحظ أن التعداد السكاني في الجزائر بلغ (39.9) مليون نسمة نهاية سنة 2014 مع تقديرات تشير إلى أنه وصل (40.3) مليون نسمة سنة 2015 بمعدل تغير سنوي (1.8%) مع معدل خصوبة بلغ (2.8%) لكل امرأة، هذا من ناحية. ومن ناحية أخرى، ترتفع نسبة السكان ذوي الفئة العمرية (10- 24سنة) لتصل إلى (25%) من إجمالي السكان. مقابل معدل عمر متوقع منخفض للرجال (69سنة) ومرتفع نسبيا للنساء (73%).

وتشير بعض الجهات الرسمية في الجزائر إلى أن (60%) من السكان، يقطنون المراكز الحضرية:[1]

1) (09) من أصل (10) جزائريين، يعيشون في شمال البلاد على مساحة توازي (13%)؛

2) (06) من أصل (10) جزائريين، يعيشون في (579) تجمع حضري.

وتعكس هذه الإحصائيات حجم التحديات التي ستواجهها الجزائر مستقبلا فيما يرتبط بتوزيع الموارد المائية بين السكان الحضريين (خاصة في المدن الكبرى)، أين ستشهد كثافة سكانية أكبر مما هي عليه الآن. وهذا ما سيزيد من درجة الضغط على الموارد المائية العذبة خاصة تلك الموجهة للشرب والزراعة.

[1].Abdelatif Moustiri, **Stratégie et indicateurs du secteur de l'eau en Algérie**, Egypt, 21-22/11/2011, p:11, consulté le : 01/01/2014, disponible sur le site : www.arabwatercouncil.org /AWF /Download /Sessions/Special9 /pp01-09_Algéria-water-sector-indicateur.pdf /

2.1.1.3. مصادر الموارد المائية

تصنف الجزائر ضمن (20) بلدا في العالم الذي يعاني ندرة مائية؛ هذه الندرة، يعكسها تراجع نصيب الفرد السنوي إلى أقل من (500م^3)، وهو أقل بكثير من معدل الفقر المائي العالمي الذي حدده البنك الدولي والذي يعادل (1,000) م^3/الفرد/السنة.

وكان لتوزيع مصادر الموارد المائية بين التقليدية (السطحية والجوفية)، وغير التقليدية (مياه البحر المحلاة ومياه الصرف المعالجة)، وتباينها من حيث الكمية والنوعية دورا محوريا في هذه الندرة.

أولا: المصادر المائية التقليدية

لاتوجد إحصائيات دقيقة حول حجم الموارد المائية التقليدية المتوفرة في الجزائر سواء السطحية أو الجوفية لكن النقطة الأساسية المتفق عليها، هو أن شمال البلاد يحوي أكبر كمية من المياه السطحية مقابل نسبة ضئيلة من المياه الجوفية. والعكس بالنسبة لجنوب البلاد، الذي يضم خزانات هائلة من المياه الجوفية لكنها في الغالب غير متجددة. مقابل نسبة لا تكاد تذكر من المياه السطحية التي تعكسها الوديان التي تجري لفترات محدودة جدا.

الجدول رقم (4.3): توزيع مصادر الموارد المائية التقليدية (الوحدة: مليار م^3)

	الحجم الكلي	شمال البلاد	جنوب البلاد
الموارد السطحية	12.5	10	2.5
الموارد الجوفية	7.5	2.5	05

Source: Morgan Mazas, Alexis Ghosen, **Etat des lieux du secteur de l'eau en Algérie (études et analyses)**, institut de prospectives en économique du monde Méditerranéen,2013, p:03.

وبتحليل معطيات الجدول إلى نسب مئوية نحصل على:

الجدول رقم (5.3): توزيع مصادر الموارد المائية التقليدية بالنسبة المئوية

	شمال البلاد	جنوب البلاد
نسبة الموارد السطحية إلى الحجم الكلي (%)	80	20
نسبة الموارد الجوفية إلى الحجم الكلي (%)	33.33	66.67

المصدر: إعداد الباحثة اعتمادا على معطيات الجدول رقم(4.3).

من خلال قراءة معطيات الجدول، نلاحظ أن هناك اختلافا كبيرا بين شمال البلاد وجنوبها فيما يتعلق بتوزيع الموارد المائية السطحية تحديدا حيث يستحوذ الشمال على نسبة (80%) مقابل (20%) لجنوب البلاد. أما ما يرتبط بالموارد الجوفية، فإن النسبة تتوزع إلى (66.67%) لجنوب البلاد مقابل (33.33%) لشمال البلاد.

وتعكس هذه المعطيات، حقيقة الجغرافية الطبيعية للجزائر التي تسيطر الصحراء على جنوبها. وهذا ما أدى لانعدام أنهار ووديان دائمة الجريان عكس الشمال الذي يسوده المناخ المتوسطي، والذي يوفر كمية تساقط معتبرة خاصة خلال فصلي الشتاء والربيع.

وتشير بعض الدراسات إلى أن:[1]

1) تغير المناخ كان له تأثير كبير في وضعية الموارد المائية في الجزائر، حيث كان هناك انخفاض كبير شهدته كمية التساقط على مدار العقدين الأخيرين. ويقدر أن هذا الانخفاض بلغ حاليا (20%) في الشرق، ويتوقع أن يصل إلى (40%) في المستقبل؛

2) بالنسبة للموارد المائية الجوفية، تتركز في الجنوب والاحتياطات الأكثر أهمية تتركز في النظام الحوضي الصحراوي (Le système Aquifère du Sahara Septentrional) تتقاسمه الجزائر، ليبيا وتونس. ويشار إلى أن الاحتياطات كبيرة جدا لكنها في الغالب غير متجددة، وتقع في التكوين القاري، وتقدر بأكثر من (600×10^3 كلم^3).

وتعد السدود والآبار المائية من المنشآت التي تعبأ منها الموارد المائية السطحية في الجزائر، والتي تسهم بدرجة كبيرة في ضمان احتياجات السكان من مياه الشرب:

أ) **السدود**: تعكس السدود صورة حية عن حجم الموارد المائية المعبأة في الجزائر. وقد أولت السلطات أهمية كبرى لهذه المنشآت القاعدية منذ الاستقلال وإلى يومنا هذا، ليصل عدد السدود بنهاية سنة 2014 إلى (73) سدا بطاقة تخزين إجمالية تعادل (7.7) مليارم^3. وإذا جرت عملية الإنشاء كما هو متوقع، سيصبح هذا العدد (90) سدا بحلول سنة 2019 بطاقة تخزين إجمالية تصل (8.7) مليارم^3.[2]

الجدول رقم (6.3): حصيلة انجازات الجزائر من السدود خلال الفترة (1962– 2012)

الفترة	عدد السدود	السعة الإجمالية
1) نهاية 1962	13	(454) مليون م^3
2) الفترة (1962- 1999)	31	(3.2) مليارم^3
3) الفترة (1999- 2012)	39	
	أ) (35) في الاستغلال	(3.3) مليارم^3
	ب) (10) في طور الانجاز	(843.1) مليون م^3
	ت) (04) في طريق الانطلاق	(435.5) مليون م^3

Source:Ministère des ressources en eau, **Bilan des réalisations (1962-2012) et perspectives du secteur des ressources en eau**, Sous direction de documentation et Archive, Alger, 2012, p:18.

واعتمادا على معطيات الجدول، يمكن حصر أهم المراحل التي ميزت إنشاء السدود في الجزائر فيمايلي:

- **المرحلة الأولى: نهاية سنة 1962**: ورثت الجزائر سلسلة من السدود التي أنشأتها السلطات الفرنسية، وكان عددها (13) سدا بطاقة تخزين إجمالية تعادل (454) مليون م^3. وكانت أغلبها تتركز في وسط وغرب البلاد من أجل تنمية النطاقات الكبرى للري، والتموين بماء الشرب للمدن الكبرى.

[1].Ministère des ressources en eau, **50 ans de réalisations**, Alger**,** 2012, p:08.

[2].آمال ينون،آمال كحيلة، **أثر تقييم برامج الاستثمار العامة في قطاع الموارد المائية في الجزائر**، ورقة بحثية مقدمة ضمن فعاليات:"المؤتمر الدولي حول تقييم آثار برامج الاستثمارات العامة وانعكاساتها على التشغيل والاستثمار والنمو الاقتصادي خلال الفترة (2001-2014)"، يومي12/11مارس،كلية العلوم الاقتصادية والتجارية وعلوم التسيير، جامعة سطيف1، الجزائر، 2013، ص:06.

- **المرحلة الثانية: الفترة (1962–1999)**: خلال هذه الفترة، والتي شهدت العديد من المخططات التنموية تم إنشاء (31) سدا بطاقة تخزين إجمالية تعادل (3.2) مليارم^3. وكانت إستراتيجية الدولة خلال هذه الفترة قائمة على:[1]

1) تعزيز التغذية بماء الشرب للتجمعات الحضرية في المدن الكبرى خاصة في الجزائر، وهران، قسنطينة وعنابة؛

2) تسريع إيقاع تثمين النطاقات المروية القديمة في وادي الشلف، وتوسيع الري في أودية متيجة– الغرب، قالمة وسكيكدة.

- **المرحلة الثالثة: الفترة (1999– 2012)**: تم برمجة إنشاء (39) سدا؛ القسم الأكبر منها دخل حيز الخدمة. وكانت موزعة كمايلي:[2]

1) (25) سدا في الاستغلال بطاقة تخزين إجمالية تعادل (3.3) مليار م^3؛

2) (10) سدود في طريق الانجاز بطاقة تخزين إجمالية تعادل (843.1) مليون م^3؛

3) (04) سدود في طريق الانطلاق بطاقة تخزين إجمالية تعادل (435.5) مليون م^3.

وفي المحصلة، تمكنت الجزائر من تطوير بنيتها التحتية في مجال المنشآت المائية القاعدية (السدود)، ورفعت طاقتها التخزينية من (454) مليون م^3 سنة 1962 إلى (07) مليار م^3 سنة2011.

ب) الآبار العميقة: تعطي الآبار صورة حية عن مدى استخدام المياه الجوفية المتوفرة. وقد شهدت تزايدا من سنة إلى أخرى، عكست حجم الاعتماد الكبير عليها الذي باتت تعرفه بعض المناطق في تلبية احتياجاتها لأغراض الزراعة والشرب.

الجدول رقم (7.3): معطيات عامة حول الآبار العميقة في الجزائر خلال الفترة (2002–2013)

السنوات	الحجم (هم^3)	عدد الآبار المصرح بها والتي هي قيد الاستغلال	عدد الآبار التي في الخدمة
2002	2,948	7,544	7,544
2003	2,761	7,175	7,653
2004	1,898	9,373	6,928
2005	2,126	9,336	7,153
2006	2,608	9,766	7,823
2007	2,462	9,832	8,021
2008	2,538	10,583	8,830
2009	2,629	11,047	9,314
2010	2,603	12,122	10,224
2011	2,915	14,552	11,850
2012	-	-	-
2013	-	14,762	11,379

المصدر: المديرية الفرعية للموارد المائية الجوفية– مديرية حشد الموارد المائية–، وزارة الموارد المائية والبيئة.

(1).Ministère des ressources en eau, **Bilan des réalisations (1962-2012) et perspectives du secteur des ressources en eau** op.cit,p:05.
(2).Ibid,p:05.

من خلال قراءة معطيات الجدول، نجمل الملاحظات التالية:

1) تزايد عدد الآبار العميقة، والتي هي قيد الاستغلال في الجزائر على مدى سنوات الألفية الثالثة ليرتفع إلى مرتبة (10) آلاف انطلاقا من سنة 2008 بعدد إجمالي (10,583) بئرا بعدما كان (7,544) بئرا مع بداية الألفية. وقد استمر عدد الآبار في الزيادة ليصل سنة 2013 إلى (14,762) بئرا. وتمثل هذه الآبار المصرح بها فقط؛

2) هناك تباين واضح بين عدد الآبار المصرح بها قيد الاستغلال، وتلك التي هي في الخدمة. وإذا ما استثنينا سنة 2002 أين كان العدد المصرح به يوافق عدد الآبار التي في الخدمة، نجد أنه على مدار السنوات التي تلتها من2003 وحتى2013، كان عدد الآبار التي في الخدمة أقل بكثير من تلك المصرح بها، والتي هي قيد الاستغلال؛

3) تذبذب حجم المياه المنتجة من الآبار العميقة من سنة لأخرى، وهذا مرتبط تحديدا بعدد الآبار التي هي في الخدمة وإن كان هناك انفصال جزئي بينها في بعض السنوات؛ حيث نجد مثلا أنه في سنة2009، كان عدد الآبار التي في الخدمة (9,314) بحجم يوافق (2,629 هم^3). مقابل ذلك سنة 2010،كان عدد الآبار التي في الخدمة (10,224) بحجم يوافق (2,603 هم^3).

إلى جانب الآبار المصرح بها لدى الجهات الرسمية، هناك عدد كبير من الآبار غير المصرح بها، والتي تتركز أساسا في المناطق النائية التي تشهد استغلالا غير عقلانيا لاحتياطاتها فضلا عن غياب إدارة كفؤة فيما يرتبط برصد ومراقبة نوعية هذه المياه. وهذا ما يعكس مدى مصداقية التقديرات الحقيقية لحجم المياه الجوفية.

ثانيا: المصادر المائية غير التقليدية

أصبح للمصادر المائية غير التقليدية (مياه البحر المحلاة ومياه الصرف المعالجة)، مساهمة معتبرة في الميزانية المائية للجزائر. وقد أولت السلطات، اهتماما خاصا بهذين الموردين خاصة مياه البحر المحلاة لما لها من دور في تخفيف أزمة مياه الشرب في المراكز الحضرية.

1) تحلية مياه البحر: أضحت تحلية مياه البحر من أكثر البدائل غير التقليدية أهمية ضمن الخريطة المائية في الجزائر. وقد كان التوجه لهذا البديل، ضرورة استدعتها الظروف التي عاشتها الجزائر مع نهاية الألفية الثانية وبداية الألفية الثالثة التي أثرت على حجم الموارد المائية خاصة مع تراجع مناسيب المياه الجوفية، وتناقص حجم المياه المخزنة على مستوى السدود.

وتحصي الجزائر اليوم (13) محطة كبرى (بين المنجزة والتي لم ينطلق في انجازها بعد) تم برمجتها ضمن المخطط الإستعجالي لسنة 2002، ودخلت منها الخدمة (10) محطات. وتبلغ السعة الإجمالية المقدرة لهذه المحطات (2.31) مليون م^3/اليوم إلى جانب بعض الوحدات الصغيرة التي لازالت في الخدمة[1]. وأكثر تفصيل عن هذا البديل، سيتم تناوله في المباحث اللاحقة.

[1]. مقابلة مع السيد/ محمد سيدهم، مسئول لدى المديرية الفرعية للموارد المائية غير التقليدية– وزارة الموارد المائية والبيئة–، الجزائر، بتاريخ:2016/03/29.

2) معالجة مياه الصرف: تنتج الجزائر سنويا آلاف الأطنان من مياه الصرف بأنواعها (الصناعي، الزراعي والصحي) لكن معالجتها لم تأخذ بعين الاعتبار إلا مياه الصرف الصحي نظرا لحجمها الكبير وعدم تلوثها بدرجة كبيرة مثلما هو الحال عليه بالنسبة لمياه الصرف الصناعي والزراعي.

وتحصي الجزائر العديد من محطات الصرف الصحي، تعالج ملايين الأمتار المكعبة من النفايات السائلة. وقد تطورت كمية المياه المعالجة منذ الاستقلال إلى يومنا هذا حيث:[1]

- سنة 1962: لم تكن الجزائر تتوفر إلا على محطة تنقية واحدة بعين تموشنت، عملت لبعض الوقت فقط ثم توقفت؛
- نهاية سنة1999: أحصت الجزائر(28) محطة بطاقة إنتاجية تعادل (90) مليون م^3/السنة؛
- نهاية سنة2011: نتيجة إعادة تحريك عجلة الاستثمارات بدءا من سنة 2000، تم اقتراح (138) محطة بطاقة إنتاجية تعادل (700) مليون م^3/السنة.

وقدرت المياه المعالجة والناتجة عن الصرف الصحي بـ (800) مليون م^3 مع نهاية سنة 2013، والهدف المصرح به حسب الجهات المختصة هو الوصول إلى عدد (239) محطة معالجة بطاقة إنتاجية تعادل (1.2) مليارم^3/السنة من المياه المعالجة.[2]

الجدول رقم (8.3): معطيات عامة حول مياه الصرف المعالجة

	عدد محطات التنقية في الخدمة	حجم الماء المنقى(مليون م^3/اليوم)	كمية الأوحال المنتجة (طن/اليوم)
الديوان الوطني للتطهير	96	161	106
SPA وآخرون	54	-	433
المجموع	150	-	539

Source: Ladjel Farid, Abbou Sonia, **Perspectives de valorisation agricole et énergétique des boues issues des STEP en Algérie**, SIEE Pollutec, Office National de l'Assainissement, Alger, 2014, pp:03-04.

من خلال قراءة معطيات الجدول، نلاحظ توفر الجزائر على عدد كبير من محطات المعالجة (150) محطة، بإنتاج يومي يعادل (161) مليون م^3 تنتجه فقط المحطات التابعة للديوان الوطني للتطهير مع كمية أوحال كبيرة جدا تصل (539) طن/اليوم.

إلى جانب هذه المصادر، يوجد ما يعرف بمعدنة المياه (أو تحلية مياه الآبار)، وقد تم اللجوء إليها لتغذية سكان الهضاب العليا والجنوب بمياه الشرب كأولوية منذ سنة 1999.

وتشرف الجزائرية للمياه على هذا البرنامج، وتحصي اليوم (15) محطة في الخدمة بإنتاج يومي يعادل (71,579م^3). ويتوقع أن يرتفع هذا العدد عند انجاز (14) محطة أخرى بطاقة إنتاج يومي تعادل (205,560م^3).[3]

---

(1). L'office national de l'assainissement, consulté le:16/06/2015, disponible sur le site :http://www.ona.dz.

(2). آمال ينون، آمال كحيلة، مرجع سبق ذكره، ص:06.

(3). L'Algérienne des eaux, consulté le:15/07/2015, disponible sur le site :http://www.ade.dz.

ثالثا: مؤشرات عامة حول الوضع المائي في الجزائر

مع بداية الألفية الثالثة، اتبعت الدولة مسارا دقيقا قائما على إعطاء الأولوية لقطاع الموارد المائية في ظل تزايد أهميته الإستراتيجية وترجمت هذه العملية من خلال محورين:

- المحور الأول: يقوم على تنمية المنشآت المائية في إطار البرامج الوطنية للإنعاش ودعم النمو الاقتصادية، والتي تركزت أساسا في: إنشاء السدود، ومحطات الصرف الصحي إلى جانب أنظمة التحويلات الكبرى...الخ.
- المحور الثاني: ارتبط بالإصلاحات المؤسساتية في إطار المبادرة الوطنية لتعزيز الحوكمة.

الجدول رقم (9.3): بعض المؤشرات المائية في الجزائر

المؤشرات	1999	2013	هدف2014
طاقة التعبئة بالمياه السطحية (مليار م^3)	4.2	7.4	7.7
عدد محطات تحلية مياه البحر	00	09	13
طاقة التعبئة بمياه التحلية (مليون م^3/اليوم)	00	1.40	2.31
حجم مياه الشرب المنتجة (مليار م^3/السنة)	1.25	3.1	3.6
معدل التوصيل بشبكة التغذية بماء الشرب (%)	78	95	98
التزويد اليومي للفرد (لتر)	123	175	175
شبكة التغطية بمياه الشرب (10^{3}كلم)	50	105	112
حجم المياه المستعملة المتخلص منها (مليون م^3/السنة)	600	1.2	1.4
عدد محطات التصفية وقنوات الصرف	28	138	200
الطاقة الوطنية لمعالجة المياه المستعملة (مليون م^3/السنة)	90	800	1.2
الشبكة الوطنية للصرف (10^{3}كلم)	21	43	45
المعدل الوطني للتوصيل بقنوات الصرف (%)	72	87	90
النطاقات المروية الكبرى (10^{3}هكتار)	157	228	270
النطاقات المروية الصغيرة والمتوسطة (10^{3}هكتار)	350	1,000	1,200
المحاجز المائية	304	465	581

Source:Ministère des ressources en eau, **Alimentation en eau potable (évolution des indicateurs 1999-2014)**, p:01, consulté le:30/01/2015, disponible sur le site :http://www.mre.gov.dz/baoff/fichiers/indicateures _AEP_1_ 01.pdf.

من خلال قراءة معطيات الجدول، نجمل الملاحظات التالية:

1) نمو طاقة التعبئة بالمياه السطحية من (4.2) مليارم^3 سنة 1999 إلى (7.4) مليارم^3 سنة2013. وكذلك الأمر بالنسبة لطاقة التعبئة بمياه التحلية حيث سنة1999 لم تكن هناك مياه منتجة (00 م^3/اليوم) لتصل إلى (1.40) مليون م^3/اليوم سنة 2013؛

2) تحسن جميع المؤشرات المرتبطة بمياه الشرب سواء تعلق الأمر بحجم مياه الشرب المنتج الذي ارتفع من (1.25) مليارم^{3}سنة 1999 إلى (3.1) مليار م^{3}سنة 2013.كذلك معدل التوصيل بشبكة التغذية بمياه الشرب من (78%) سنة 1999 إلى (95%) سنة 2013 إلى جانب معدل التزود اليومي للفرد من (123ل) سنة 1999 إلى (175ل) سنة 2013. وأخيرا شبكة التغطية بمياه الشرب من (50×10^{3}كلم) سنة 1999 إلى (112 ×10^{3}كلم) سنة 2013 ؛

3) شهدت مؤشرات الصرف (حجم المياه المصروفة ومحطات التنقية والمياه المعالجة)، تحسنا كبيرا حيث وصلت الطاقة الوطنية لمعالجة المياه المستعملة (800) مليون م^3 سنة 2013 مقابل (90) مليون م^3 سنة 1999.كما ارتفع عدد محطات التصفية إلى (138) محطة سنة 2013 بعدما كان (28) محطة سنة 1999 إلى جانب تحسن نسبة الاستفادة من التوصيل بقنوات الصرف، والتي عكسها طول الشبكة الوطنية للصرف التي بلغت (43 ×10^{3}كلم) سنة 2013؛

4) وكانت الأهداف المسطرة لسنة 2014، تعطي نظرة تفاؤلية لجميع المؤشرات. بيد أن جزء كبير من هذه الأهداف لم يتحقق خاصة ما ارتبط بتحلية مياه البحر (عدد محطات التحلية التي تم إنشاءها: 11 محطة فقط دخل الخدمة منها 10 محطات، وهو ما انعكس بشكل مباشر على الطاقة الإنتاجية من المياه المحلاة التي لم تتجاوز عتبة المليون و700 ألف م^3/ اليوم).

مع ذلك، فإن التوقعات التي رصدتها الجزائرية للمياه تعطي وزنا كبيرا للمياه المحلاة خصوصا، وأن مساهمتها ارتفعت إلى (14%) سنة 2015 حسب وزير الموارد المائية. وسترتفع هذه المساهمة لتبلغ (20%) آفاق 2018.[1]

وتدعم جل المؤشرات أعلاه حقيقة الاهتمام الكبير الذي أولته الجزائر لخريطتها المائية مع مطلع الألفية الثالثة، والتي توجت بتحقيق عوائد اجتماعية مهمة بالنسبة للفرد الجزائري خاصة ما ارتبط بالتزود بمياه الشرب.

رابعا: استخدامات الموارد المائية

لقد نما الوزن النسبي لكل قطاع اقتصادي في استخدام الموارد المائية في الجزائر، وظل القطاع الزراعي يحتفظ بمكانته كأكبر مستهلك للمياه يليه القطاع المنزلي ثم القطاع الصناعي.

1) القطاع الزراعي: لازالت الزراعة في الجزائر تعتمد على مياه الأمطار بشكل كبير لكن مع التغيرات المناخية التي أضحت عاملا محددا للوضعية المائية في أقاليم عديدة من البلاد. اعتمدت الجزائر على مياه الري كمخرج للتغلب على تذبذب سقوط الأمطار.

وتعكس المحاجز المائية التي أنشأتها الدولة، ونمو المساحات المروية بنوعيها (الكبيرة، المتوسطة والصغيرة) حجم الاستهلاك المائي الزراعي.

الجدول رقم (10.3): المساحة المستغلة من قبل النطاقات المروية الكبرى (الوحدة: ألف هكتار)

السنوات	1962	1999	2004	2009	2011	2012	هدف2014
عدد النطاقات المروية	07	15	17	24	28	29	36
المساحة المستغلة (هكتار)	105,500	156,250	195,400	210,052	228,787	229,907	270,000

Source: Direction de l'hydraulique agricole, **Note de synthèse sur l'hydraulique agricole2013**, Ministère des ressources en eau, 2014, p:03.

[1]. مريم سلماوي، **الجزائريون يستهلكون (20%) من مياه البحر المحلاة آفاق2018**، جريدة المحور اليومي، 24مارس2015، تاريخ التصفح:2015/07/16، متوفر على الرابط :http://elmihwar.com/ar/thumbnail.php/

من خلال قراءة معطيات الجدول، نلاحظ أن وتيرة نمو النطاقات المروية الكبرى (من حيث العدد أو المساحة المستغلة) سجلت نموا سريعا نسبيا منذ نهاية تسعينيات القرن العشرين وإلى غاية 2013، حيث ارتفع عدد النطاقات من (15) نطاقا سنة 1999 إلى (29) نطاقا سنة 2013 مع هدف 36 نطاق نهاية سنة 2014.كما نجد أن المساحة المستغلة ارتفعت من (156,250) هكتار سنة 1999 إلى (229,000) هكتار سنة 2013، وكان عدد النطاقات لا يتجاوز(07) سنة 1962 بمساحة تعادل (105,500) هكتار.

الجدول رقم (11.3): المساحة المروية (النطاقات الكبرى +النطاقات الصغرى والمتوسطة)

	المساحة المروية		المجموع
النوع	نطاقات كبرى	نطاقات صغرى ومتوسطة	
1962	120,000	44,000	164,000
1999	350,000	50,500	400,500
2004	652,860	47,588	700,448
2009	920,950	53,200	974,150
2011	923,841	82,357	1,006,198
2012	955,138	97,310	1,052,448
هدف 2014	1,200,000	270,000	1,470,000

Source: Direction de l'hydraulique agricole, **Note de synthèse sur l'hydraulique agricole2013**, Ministère des ressources en eau, 2014, p:04.

من خلال قراءة معطيات الجدول، نلاحظ:

1) شهدت المساحة المروية للنطاقات الصغيرة والمتوسطة نموا متزايدا منذ بداية الألفية الثالثة لتصل إلى (955,138) هكتار سنة 2012 بعدما كانت في نهاية سنة 1999 تعادل (350×10^3) هكتار؛ هذه المساحة التي لم تكن تتجاوز (120×10^3) هكتار غداة الاستقلال؛

2) نفس الأمر بالنسبة للنطاقات الكبرى، التي عرفت نموا متزايدا في نفس الفترة لترتفع من (505×10^3) هكتار سنة 1999 إلى (97,310) هكتار مع هدف (270×10^3) هكتار نهاية سنة2014؛ هذه المساحة التي لم تكن تتجاوز (44×10^3) هكتار غداة الاستقلال.

ركزت الجزائر ضمن إستراتيجيتها لتحقيق التنمية الزراعية على زيادة المساحة المروية مع مطلع الألفية الثالثة. وذلك في إطار رؤيتها المستقبلية نحو تدعيم سوقها الزراعي، والاعتماد على الإنتاج الوطني في تأمين احتياجات مواطنيها من المنتجات الزراعية.

2) القطاع المنزلي: تحسنت جميع المؤشرات المرتبطة بمياه الشرب على المستوى الوطني. رغم أن نصيب الفرد الجزائري من المياه العذبة أقل بكثير من معدل الفقر المائي العالمي (1,000) م^3/الفرد / السنة، حيث لا يتجاوز (500م^3/السنة). مقابل متوسط عالمي للفرد في بعض الدول يتجاوز (6,000) م^3/الفرد/السنة.

الجدول رقم (12.3): تطور مؤشرات التزود بمياه الشرب خلال الفترة (2010– 2015)

السنوات	2010	2011	2012	2013	2014	2015
حجم مياه الشرب المنتجة (مليار م^3)	2.75	2.9	3.0	3.1	3.6	3.6
معدل التزود اليومي (ل/الفرد/اليوم)	168	170	172	175	178	180
معدل التغطية بالشبكة (%)	92	94	95	95	97	*98

المصدر: المديرية العامة للتزود بمياه الشرب، وزارة الموارد المائية والبيئة.

*:معدل التغطية في الوسط الحضري(100%).

من خلال قراءة معطيات الجدول، نجمل الملاحظات التالية:

- تطور حجم مياه الشرب المنتجة على مدار الفترة الممتدة بين (2010- 2015)، ليرتفع من (2.75) مليار م^3 سنة 2010 إلى (3.6) مليار م^3 سنة 2015 محافظا على نفس الحجم المنتج سنة 2014؛
- ارتفاع نصيب الفرد اليومي من مياه الشرب بالتوازي مع ارتفاع حجم مياه الشرب المنتجة ليبلغ (180ل) سنة 2015 بعدما كان (168ل) سنة 2010؛
- تحسن معدل الربط بالشبكة ليصل سنة 2015 إلى (98%) مع معدل (100%) في الوسط الحضري، مقابل نسبة (92%) سنة 2010.

وتعكس هذه التطورات في مؤشرات مياه الشرب، مدى الاهتمام الذي أولته السلطات لهذا الجانب الحيوي خاصة مع الجهود المبذولة من قبل القائمين على المؤسسات ذات الصلة بمياه الشرب على غرار الجزائرية للمياه التي تبذل جهودا معتبرة في سبيل ضمان تزويد السكان بمياه الشرب بشكل يومي ودون انقطاع.

الجدول رقم (13.3): مؤشرات إنتاج مياه الشرب لسنة 2015

الحجم المنتج:(3.6) مليار م^3/السنة (أين (9.8) مليون م^3/اليوم) موزعة كمايلي:		
الموارد المائية السطحية (مليار م^3/السنة)	1.3	(35%)
الموارد المائية الجوفية (مليار م^3/السنة)	1.8	(51%)
المياه المحلاة (مليار م^3/السنة)	0.5	(14%)

المصدر: المديرية العامة للتزود بمياه الشرب، وزارة الموارد المائية والبيئة.

نلاحظ من خلال قراءة معطيات الجدول، أن الموارد المائية الجوفية لازالت تحظى بنسبة مساهمة مرتفعة في إنتاج مياه الشرب في الجزائر بنسبة (51%)، تليها الموارد المائية السطحية بنسبة (35%) لتأتي المياه المحلاة ثالثا بنسبة (14%).

3) القطاع الصناعي: تعد الصناعة المستهلك الثالث للموارد المائية في الجزائر كما هو حال الوضع في باقي الدول العربية؛ ورغم محدودية مساهمته في الاقتصاد الجزائري إلا أن استهلاكه عرف نموا على مدار العقود الأخيرة وإن كان بوتيرة بطيئة نسبيا.

ويشهد قطاع الطاقة، استهلاكا كبيرا للمياه إلى جانب صناعات الحديد والصلب، والاسمنت. ورغم أنه لا توجد إحصائيات يمكن الاعتداد بها لمدى مساهمة الصناعة في استهلاك المياه إلا أن المتوفر منها يشير إلى نسب تتراوح بين (03%) و(05%).[1]

2.1.3. تحلية مياه البحر في الجزائر: النشأة والدوافع

تعد تجربة الجزائر في تحلية المياه بنوعيها (الجوفية ومياه البحر)، حديثة نسبيا إذا ما استثنينا بعض التجارب المنفردة التي عرفتها في العقود الماضية من القرن العشرين. ولم تتبن الجزائر خيار تحلية مياه البحر كبديل إضافي لمواردها المائية العذبة إلا مع مطلع القرن الواحد والعشرين ضمن برنامجها الاستعجالي الذي يندرج ضمن المخططات التنموية، والذي تضمن إنشاء (13) محطة كبرى بسعة إجمالية تعادل (2.31) مليون م^3/اليوم.

1.2.1.3. النشأة والتطور

ترجع البدايات الأولى لنشاط التحلية في الجزائر إلى ستينيات القرن العشرين، ويمكن تلخيص أهم المراحل التي مرت بها تحلية المياه في الجزائر في النقاط الآتية:[2]

1) سنة1964: شهدت هذه السنة إنشاء أول محطة (وحدة صغيرة) لتحلية مياه البحر على الساحل الغربي لمدينة أرزيو- وهران بطاقة إنتاج يومي تعادل (573) م^3/اليوم. وأنشئت من قبل الشركة الفرنسية (Veolia Sidem). وكان الغرض الأساسي من إنشاءها هو تلبية احتياجات المنطقة الصناعية. ودخلت حيز الخدمة سنة 1965 باعتماد تقنية التبخير متعدد التأثير(MED)؛

2) سنة1969: شهدت هذه السنة إنشاء ثاني وحدة لتحلية مياه البحر، واحتضنتها أيضا مدينة أرزيو-وهران بطاقة إنتاج يومي تعادل (3,000) م^3، وأنشئت من قبل شركة (Weir Tchna)؛

3) بعدها، توالت عملية إنشاء محطات تحلية صغيرة الحجم بتقنيات التقطير الومضي، التضاغط البخاري لماء البحر. وباستخدام الديلزة الكهربائية والتناضح العكسي للمياه قليلة الملوحة (مياه الآبار)؛

4) سنة 1994: تم إنشاء وحدة للتحلية تعمل بتقنية التناضح العكسي في ولاية مستغانم، بطاقة إنتاج تعادل (5,200) م^3/اليوم. وكان الغرض من إنشاءها هو تلبية متطلبات صناعة الورق من المياه؛

5) سنة 1996: تم إنشاء وحدة للتحلية بمدينة عنابة تعمل بتقنية التناضح العكسي بطاقة إنتاج تعادل (5,184) م^3/ اليوم، وتم الاعتماد عليها لتوفير احتياجات شركة أسميدال من المياه؛

6) سنة 2002، وفي إطار المخطط الاستعجالي وبإشراف الحكومة تم إنشاء (21) محطة تناضح عكسي لتحلية مياه البحر. وقدرت الطاقة الإنتاجية لهذه المحطات مجتمعة (57,500) م^3/اليوم،كانت موزعة بين الشريك الجزائري والشريك الألماني؛

7) سنة2005، شهد تدشين أول محطة كبرى لتحلية مياه البحر من قبل الرئيس الجزائري؛ وهي محطة كهرامة بمدينة أرزيو-وهران بطاقة إنتاج تعادل (88.6×10^{3}م^3). ومثل التدشين آنذاك المرحلة الأولى لبرنامج طموح

---

[1]. آمال ينون، آمال كحيلة، مرجع سبق ذكره، ص:07.

[2].Mohamed Bessenasse et al, **Seawater desalination: study of three coastal stations in Algiers region**, Desalination, n°250, 2010, p:424.

لانجاز(13) محطة كبرى لتحلية مياه البحر بسعة إنتاج إجمالي (2.31) مليون م^3/اليوم ما يعادل (843) مليون م^3/السنة.

2.2.1.3. دوافع اللجوء لتحلية مياه البحر

كان لجوء الجزائر لتحلية مياه البحر نتاج مجموعة من الدوافع المرتبطة بطبيعة هذا البديل غير التقليدي من ناحية، وبالواقع المائي الجزائري من ناحية أخرى.

أولا: الدوافع المرتبطة بطبيعة تحلية مياه البحر

ترجع هذه الدوافع إلى الخصائص التي تميز صناعة تحلية مياه البحر عن غيرها من الصناعات الأخرى، والتي تعد قاسما مشتركا بين جميع الدول التي اعتمدت هذا الخيار. وتتمثل في:[1]

1) عدم خضوع صناعة التحلية للتقلبات المناخية كما أن محطات التحلية يمكن إنشاؤها بالقرب من مراكز الاستهلاك مما يقلل من تكلفة ضخ المياه الجوفية أو مد خطوط أنابيب لتوصيل المياه إلى المناطق النائية؛

2) تعتبر تكلفة تشغيل محطات التحلية مرتفعة إلا أن تكلفتها الرأسمالية تعد أقل من تكلفة تشغيل المنشآت التقليدية على غرار السدود إلى جانب عدم ثبات كميات المياه التي يتم حصادها نظرا لعدم انتظام حدوث السيول في المناطق الجافة؛

3) تحتوي محطات التحلية على معدات ميكانيكية كالمضخات التي يتم تطويرها باستمرار لاسيما ما يتعلق برفع كفاءتها وزيادة قيمتها الاقتصادية؛ وصناعة تحلية المياه تحول مياه البحر المالحة والمياه الجوفية المالحة والمختلطة إلى مياه ذات مواصفات ممتازة مما يجعلها صالحة لجميع الأغراض المنزلية؛

4) صناعة التحلية ليست عليها محاذير سياسية أو اجتماعية أو قانونية كتلك المحاذير التي تتعلق بالخزانات المائية الطبيعية أو أحواض الأنهار المشتركة. وتتوافر محطات التحلية في أحجام مختلفة كما أنها تستخدم تقنيات متنوعة مما يجعلها مناسبة لجميع الاستخدامات من المنازل الصغيرة وحتى المدن الكبرى؛

5) الاستثمار في صناعة التحلية أكثر جدوى من تمويل مشروعات المياه التقليدية كما أن الوقت المطلوب لإنشاء محطات التحلية أقصر من الوقت الذي يتطلبه مد خطوط أنابيب لتوصيل المياه إلى المناطق النائية.

ثانيا: الدوافع المرتبطة بالحالة المائية في الجزائر

مثلت المعادلة المائية في الجزائر خلال تسعينيات القرن العشرين دافعا قويا نحو تعزيز التوجه لتحلية مياه البحر وذلك بسبب:

1) موجات الجفاف التي شهدتها الجزائر على مدار العقود الماضية وخاصة في ثمانينيات وتسعينيات القرن العشرين، والتي أثرت بشكل كبير على كمية الموارد المائية سواء تلك الموجهة لتغذية الخزانات الجوفية أو تلك الموجهة لملء السدود. وربما الجفاف الذي عرفته مع بداية الألفية الثالثة كان له أكبر انعكاس على حجم الموارد المائية بنوعيها السطحية والجوفية. ولم تكن تداعيات هذا الجفاف مرتبطة بكمية المياه بل أيضا بنوعيتها، ووصلت احتياطاتها إلى مستويات حرجة، وأصبحت غير مأمونة وغير كافية من حيث التوزيع الصحيح لهذا المورد الحيوي؛

[1]. أسامة محمد الحسيني يوسف، مرجع سبق ذكره، ص ص:475- 476.

2) محدودية الموارد المائية في شمال البلاد التي تضم كثافة سكانية مرتفعة على الساحل؛ وهذا ماكان له انعكاس كبير على حجم الموارد المائية خاصة الجوفية منها التي تعرضت للضخ المفرط، ووصلت في بعض المناطق لعتبة حرجة (حدود قصوى). وأصبحت تعبئتها تشكل تهديدا كبيرا لاحتياطاتها من حيث كميتها وتبديد نوعيتها، خاصة وأن عملية حفر الآبار واستغلالها لا تخضع لقانون محدد بل هناك ملكية شبه مطلقة للآبار من قبل المواطنين حتى وإن تم التصريح بها لدى الجهات المعنية؛ فإنها لا تخضع للاستدامة في استغلالها والاستفادة من مياهها في ظل غياب تقنيات تحدد معدل التجدد ومقدار السحب غير المضر؛

3) بوادر التغير المناخي التي عرفتها بعض أقاليم البلاد خلال العقد الأخير، والتي ميزها التذبذب الكبير في كمية التساقط (المطر والثلج) من حيث توقيت سقوطها وحتى مكان سقوطها. وهذا ما كان له تأثير كبير على فرص الاستثمار في مجال الموارد المائية التقليدية؛

4) توفر الجزائر على شريط ساحلي بطول (1,200كلم)، يضم (14) ولاية تشهد تركز حضري كبير مما أدى إلى زيادة الطلب على مياه الشرب التي بات ضمانها من الموارد التقليدية غير متاح بشكل كلي؛

5) وفرة الموارد المالية والطاقوية الضرورية لتوطين صناعة تحلية مياه البحر التي تعد صناعة مكلفة جدا خاصة من حيث نوع التقنيات المستخدمة، وكمية الطاقة المستهلكة. ووجدت الجزائر في مواردها (المالية والطاقوية) التي وفرتها الطاقة الأحفورية نقطة الارتكاز الأساسية لقيام هذه الصناعة.

رغم تنوع الدوافع التي كانت وراء لجوء الجزائر لتحلية مياه البحر إلا أن حقيقة القرار لم يكن اقتصاديا فقط لكنه كان قرارا سياسيا أيضا بالنظر لكون الجزائر في تلك الفترة لم تكن بحاجة كبيرة للاستثمار في صناعة التحلية ذات التكلفة المرتفعة.

3.1.3.خريطة تحلية مياه البحر في الجزائر

تعد الجزائر واحدة من أهم دول العالم في إنتاج المياه المحلاة، وتأتي في المراتب العشرة الأولى على المستوى العالمي والثانية في حوض المتوسط بعد اسبانيا. وقد تطورت خريطة التحلية في الجزائر مع اعتماد المخطط الاستعجالي لسنة 2002 سواء من حيث سعة المحطات أو من حيث الطاقة الإنتاجية (2×10^3-500×10^3) م^3/ اليوم. وظلت التقنيات الغشائية (تقنية RO) هي المسيطرة على سوق التحلية الجزائري بنسبة تتجاوز (95%).

1.3.1.3. محطات التحلية صغيرة الحجم: (2,000– 5,500) م^3/اليوم

أنشأت الجزائر في البداية، وحدات تحلية صغيرة الحجم من النوع المتنقل. وكانت موجهة لتزويد السكان بمياه الشرب. وتراوحت طاقتها الإنتاجية بين (2,000– 5,500) م^3/اليوم. وقد تم إنشاء هذه المحطات من قبل:

- الشركة الألمانية (LINDE-KCA)؛
- الشركة الجزائرية (Hydro-Traitement).

الجدول رقم (14.3): محطات تحلية مياه البحر(Monoblocs)

المحطة	الولاية	السعة(م^3/اليوم)	الملاحظة
غزوات-1-	تلمسان	2,500	متوقفة
غزوات-2-	تلمسان	2,500	متوقفة
بوزجار	عين تموشنت	5,000	متوقفة
شط الورد	عين تموشنت	5,000	متوقفة
بوسفر	وهران	5,500	في الخدمة
الكثبان	وهران	5,000	في الخدمة
تنس	الشلف	5,000	متوقفة
بوسماعيل	تيبازة	5,000	متوقفة
زرالدة	الجزائر	5,000	متوقفة
عين البنيان	الجزائر	5,000	متوقفة
شط النخيل	الجزائر	2,500	في الخدمة
تيقزيرت	تيزي وزو	2,500	متوقفة
سكيكدة-1-	سكيكدة	5,000	متوقفة
سكيكدة-2-	سكيكدة	2,000	متوقفة
المجموع		**57,500**	

المصدر: المديرية الفرعية للموارد المائية غير التقليدية، وزارة الموارد المائية والبيئة.

تظهر معطيات الجدول، أن أغلب محطات تحلية مياه البحر(Monoblocs) توقفت عن العمل ولم يتبق منها إلا عددا قليلا جدا. ويرجع سبب ذلك حسب الجهات المعنية بالأمر إلى دخول محطات التحلية الكبرى حيز الخدمة أين تطلب الأمر ضرورة التخلي عن المحطات الصغيرة خصوصا، وأن إنتاجها ضئيل مقارنة بما ستنتجه محطات التحلية الكبرى. والأهم من ذلك، تكلفتها المرتفعة أما بالنسبة للمحطات المتبقية في الخدمة فبعضها تم تحويله لولايات أخرى في إطار تدعيم قدرات التزود بمياه الشرب خاصة في المراكز الحضرية.

وكانت الإستراتيجية في البداية نحو إنشاء وحدات تحلية صغيرة في المدن التي تضم تجمعات سكانية كبرى وتفتقر إلى موارد مائية تقليدية كافية خاصة وسط البلاد. لكن هذه الإستراتيجية تغيرت في ظل تغير المعطيات الطبيعية والسكانية التي عرفتها عديد المدن الساحلية بعد النزوح الريفي نحو هذه المدن، الأمر الذي ولد ضغطا رهيبا على الموارد المائية المتاحة.

ولمعلومات أكثر تفصيلا حول التحويلات التي عرفتها محطات تحلية مياه البحر(Monoblocs) مع إنشاء محطات التحلية الكبرى (أنظر: **الملحق رقم (1.3)**).

2.3.1.3.محطات التحلية الكبرى: الطاقة الإنتاجية: (88,600-500×10^3) م^3/اليوم

مع تصاعد أهمية المياه المحلاة في تخفيف الضغط على موارد المياه التقليدية من جهة، وتلبية احتياجات السكان من مياه شرب مأمونة من جهة أخرى. ومع نجاح التجارب الأولى لتحلية مياه البحر مع المحطات الصغيرة،كثفت

الجزائر جهودها وتوجهاتها نحو بناء قاعدة صناعية ضخمة لتحلية مياه البحر تقوم على محطات كبرى تتجاوز طاقاتها الإنتاجية (88,600) م^3/اليوم في ظل توفر كافة الإمكانات المالية والطاقوية لتحقيق ذلك.

وكان ميلاد البرنامج الوطني لتحلية مياه البحر الذي تشرف عليه شركة الطاقة الجزائرية، البداية الحقيقية للجزائر مع مياه البحر المحلاة الذي بدأ بتدشين أول محطات التحلية الكبرى"كهرامة" بولاية وهران سنة 2005 بطاقة إنتاج يومي تعادل (88,600) م^3.

الجدول رقم (15.3): محطات التحلية الكبرى في الجزائر

اسم المحطة	طاقة الإنتاج (10^{3}م^3/اليوم)[1]	رأس المال (مليون دولار)[2]	دخول الخدمة[2]	الشركاء[1]
كهرامة-وهران-	88.6	401	أوت:2005	-Black &Veatch(Afrique du sud) :05% -Algerian Energy company : 95%
الحامة-الجزائر-	200	258	فيفري:2008	- GE Ionics (Etat-unis) :70% - Algerian Energy company : 30%
سكيكدة	100	136.1	مارس:2009	- Geida (Befesa /Sadyt) Espagne : 51% - Algerian Energy company : 49%
بني صاف- عين تموشنت-	200	239.9	ديسمبر:2009	- Geida /Cobra(Espagne) :51% - Algerian Energy company : 49%
سوق الثلاثاء- تلمسان-	200	251.1	ماي:2011	-Malakoff&Hyflux (Malaisie /Singapour) :51% - Algerian Energy company : 49%
فوكة-تيبازة-	120	180.5	جويلية:2011	- Acciona/SNC Lavalin (Espagne&canada) :51% - Algerian Energy company : 49%
مستغانم	200	227.1	سبتمبر:2011	- Inima/Aqualia(Espagne) :51% - Algerian Energy company : 49%
كاب جنات- بومرداس-	100	138	أوت:2012	- Inima/Aqualia(Espagne) :51% - Algerian Energy company : 49%
المقطع-وهران-	500	491.9	في انتظار تسليم الماء المحلى	- Hyflux Group(Espagne) :51% - Algerian Energy company : 49%
تنس-الشلف-	200	263.9	جويلية:2015	- Befesa Agua(Espagne) :51% - Algerian Energy company : 49%
حنين-تلمسان-	200	291.3	جويلية:2012	- Geida (Befesa/Sadyt) Espagne :51% - Algerian Energy company : 49%
واد السبت- تيبازة-	100	لم ينطلق في إنجازها بعد		
الشط-الطارف-	100			

المصدر: إعداد الباحثة بالاعتماد على:

[1].station de dessalement d'eau de mer (benisaf Algérie:200,000m^3/j**), Récupération d'énergie dans le dessalement d'eau de mer par osmose inverse**, journée mondiale de l'eau, 19Mars2014.

[2].معطيات تم تحصيلها انطلاقا من تقرير النشاط الشهري لشركة الطاقة الجزائري لشهر فيفري2016، ص ص:03-08.

من خلال قراءة معطيات الجدول، نحمل الملاحظات التالية:

1) تتركز أغلب المحطات في غرب البلاد بعدد (07) محطات(كهرامة، بني صاف، سوق الثلاثاء، مستغانم، المقطع، تنس وحنين)؛ (04) في الوسط (فوكة، الحامة،كاب جنات وواد السبت) أما الشرق فيضم محطتين (سكيكدة، الشط)؛

2) تتراوح الطاقة الإنتاجية التصميمية للمحطات بين (88.6×10^3-500×10^3) م^3/اليوم، وتأتي محطة المقطع أولا بطاقة إنتاج يومي تعادل (500×10^3) م^3. مقابل ذلك هناك (06) محطات بطاقة إنتاج يومي تعادل (200×10^3) م^3 لكل محطة، و(04) محطات بطاقة إنتاج يومي تعادل (100×10^3) م^3 لكل محطة؛

3) تباين رأس المال المستثمر في إنشاء هذه المحطات، وتأتي محطة المقطع أولا بتكلفة استثمارية تبلغ (491.9) مليون دولار أمريكي، هذا من جهة. ومن جهة أخرى، نلاحظ أن أغلب المحطات دخلت حيز الخدمة (من مجموع (13) محطة، هناك (10) محطات دخلت الخدمة) وجميعها تقريبا في العقد الثاني من الألفية الثالثة باستثناء (كهرامة، الحامة وسكيكدة وبني صاف) التي دخلت الخدمة في العقد الأول؛

4) إنشاء هذه المحطات كان بالشراكة مع المستثمر الأجنبي ممثلا في عدة دول لكن أهمها كان الشريك الاسباني حيث نجد حضوره في (07) محطات؛ أما من جهة الشريك الجزائري، فكان ممثلا في شركة الطاقة الجزائرية. ونلاحظ أن الحصة الكبرى، ترجع للشريك الأجنبي في أغلب المحطات بنسب تتراوح بين (51%) و(70%) على التوالي إذا ما استثنينا محطة كهرامة (95% للشريك الجزائري)؛

وكمحصلة، نجد أن محطات التحلية الكبرى لم يكن بالإمكان إنشاؤها دون شراكة أجنبية نظرا لتكلفتها المالية والمادية المرتفعة من جهة، وأيضا لتكنولوجيتها الدقيقة والمعقدة التي لازالت حديثة على الجزائر من جهة أخرى. وجميع المحطات، أنشئت وفق عقد BOOT(Build,Operate,Own /Transfer) أي (ابني،شغل وأملك/حول). وهذا يعني أنها ستكون مملوكة للشريك الأجنبي كما سيكون تشغيلها وصيانتها تحت مسؤوليته إلى غاية انتهاء العمر الافتراضي للمحطة (25 سنة) حينها تصبح المحطة ملكية تامة للجزائر.

وبعيدا عن الأرقام الواردة في الجدول، يمكن التنويه أن جميع محطات التحلية الكبرى (التي دخلت حيز الخدمة) تعمل تحت متابعة شركة المشروع؛ وهي شركة ذات أسهم يتم تأسيسها بين الأطراف المستثمرة في محطة التحلية كما أن نسب المساهمة تكون نفسها بالنسبة لتلك السائدة في محطة التحلية.[1]

وضمن هذه الشركة، يتم توقيع عقدين أساسيين يتم بموجبهما استكمال إنشاء محطات التحلية:

- عقد EPC (Engineering and Procurement Contract)؛
- عقد O&M (Operating and Maintenance Contract).

ولمعرفة أهم الإجراءات التي تتخذها عملية إنشاء محطة لتحلية مياه البحر في الجزائر(أنظر: **الملحق رقم(2.3)**).

[1]. مقابلة مع السيد/سامي غزالة، مهندس لدى شركة الطاقة الجزائرية، الجزائر، بتاريخ:2016/03/28.

3.3.1.3.سيرورة عملية إنتاج الماء المحلى في الجزائر

شهد إنتاج الماء المحلى في الجزائر تطورا ملحوظا مع دخول المحطات الكبرى حيز الخدمة، والتي أسهمت بشكل كبير في زيادة الإنتاج اليومي للجزائر. ويتوقع أن تتطور كمية المياه المحلاة المنتجة بدخول المحطات المتبقية حيز الخدمة في السنوات القليلة القادمة.

أولا: تطور إنتاج الماء المحلى

مع الانطلاق الفعلي لدخول أول محطات تحلية مياه البحر الكبرى الإنتاج سنة2005، بدأ إنتاج المياه المحلاة يعرف نموا من سنة إلى أخرى خاصة مع التحسين المستمر الذي واكب عمل هذه المحطات التي تضم مخابر لتحليل ورصد نوعية المياه وجودتها. ورغم أن المحطات الكبرى لا تعمل بطاقاتها الإنتاجية التصميمية مائة في المائة إلا أن الإنتاج الفعلي تحسن بشكل كبير مع مطلع سنة2010.

الجدول رقم (16.3): تطور إنتاج الماء المحلى في الجزائر خلال الفترة (2005–2014) تبعا لمحطات التحلية الكبرى

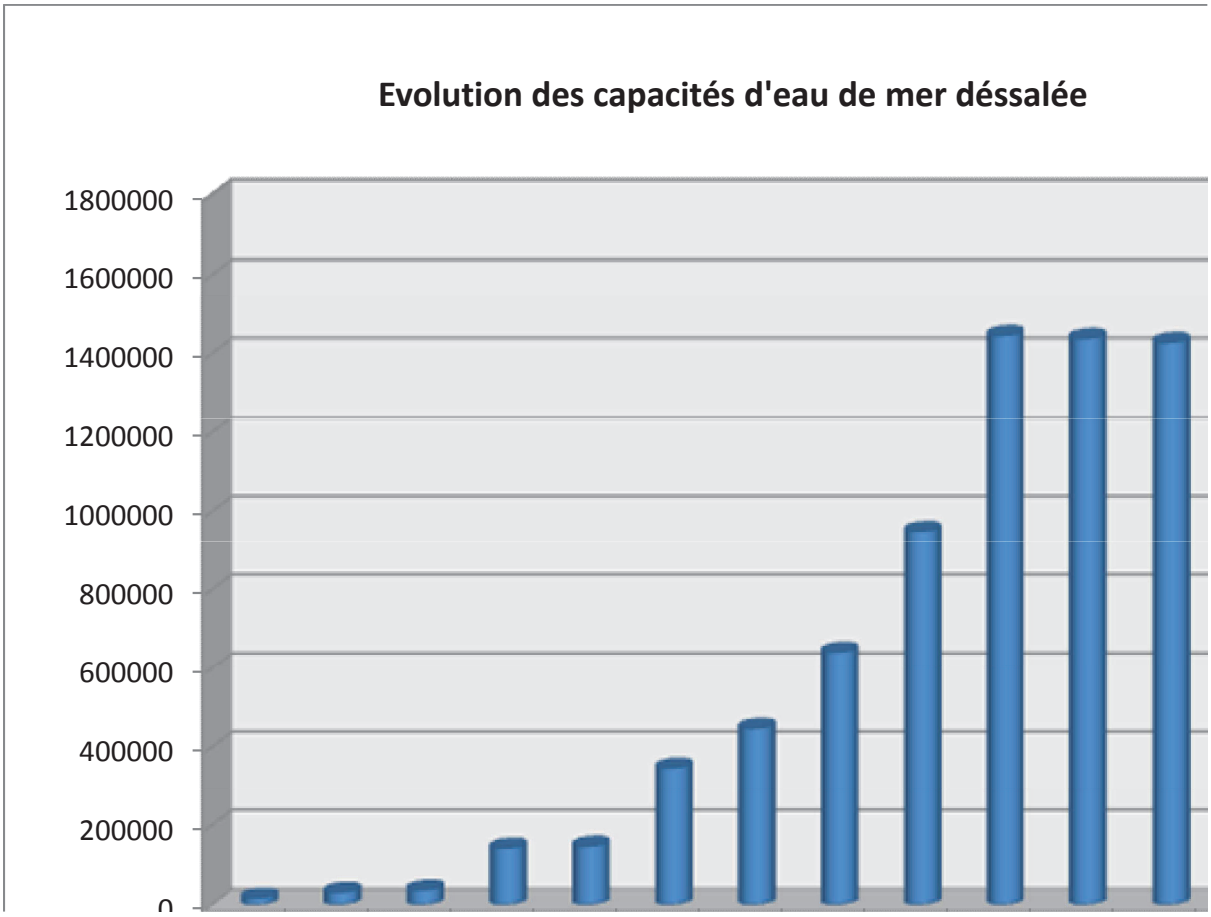
اسم المحطة	سنة بداية الإنتاج	الإنتاج الفعلي السنوي (الوحدة: م^3)
كهرامة	2005	226,303,773
الحامة	2008	390,230,784
سكيكدة	2009	170,420,990
بني صاف	2009	290,061,910
فوكة	2011	124,375,818
سوق الثلاثاء	2011	192,244,454
مستغانم	2011	174,034,660
حنين	2012	75,595,874
كاب جنات	2012	71,710,941
المجموع		**1,714,979,204**

المصدر: إعداد الباحثة بالاعتماد على: المعطيات المحصلة من شركة الطاقة الجزائرية(AEC).

نلاحظ من خلال قراءة معطيات الجدول، تطور الإنتاج السنوي من المياه المحلاة على مدار الفترة الممتدة بين (2005-2014) تبعا لكل محطة. وقد تباينت كمية الإنتاج من محطة إلى أخرى تبعا لتباين تاريخ دخولها الخدمة، وسجلت محطة الحامة أكبر إنتاج على مدار الفترة (2008-2014) بكمية تزيد عن (390×10^6) م^3، فيما سجلت محطة كاب جنات أخفض كمية (71×10^6) م^3 على مدار الفترة (2011-2012).

وعلى مدار الفترة الممتدة بين (2005-2014)، أنتجت محطات تحلية مياه البحر في الجزائر أزيد من ($1,700\times10^6$) م^3؛ وهي كمية معتبرة إذا أخذنا بعين الاعتبار تفاوت تاريخ دخول محطات التحلية حيز الخدمة فضلا عن تباين سعة الإنتاج اليومي من محطة إلى أخرى.

الشكل رقم (1.3): تطور إنتاج الماء المحلى في الجزائر خلال الفترة (2003– 2015)



المصدر: المديرية الفرعية للموارد المائية غير التقليدية، وزارة الموارد المائية والبيئة.

تؤكد معطيات الشكل، تطور الإنتاج اليومي من المياه المحلاة على مدار الفترة الممتدة بين (2003-2015)، وقد أخذت سنتي 2003 و2004 في الاعتبار عندما كانت المحطات الصغيرة في الخدمة.

إن هدف إنتاج (2.31) مليون م^3/اليوم بنهاية سنة 2016 صعب التحقيق خاصة مع عدم بداية إنتاج الماء المحلى من قبل محطة المقطع، والأهم من ذلك أن محطتي (واد السبت والشط) لم ينطلق في انجازهما بعد. حتى ولو كانت باقي المحطات تشتغل بطاقاتها الإنتاجية التصميمية، فإن الوصول إلى ذلك الهدف لن يكون ممكنا على الأقل في المدى القريب.

ويجب التنويه هنا إلى أن احتساب كمية المياه المحلاة المنتجة في محطات التحلية تأخذ بعين الاعتبار توقف هذه المحطات لأشغال الصيانة، لذلك يتم التمييز بين:

- الإنتاج المحقق فعلا: يعبر عن كمية المياه المحلاة المنتجة فعلا؛
- الإنتاج تبعا للهدف المحدد: يعبر عن كمية المياه المحلاة التي تتوقع المحطة إنتاجها؛
- الإنتاج المضمون: يعبر عن كمية المياه المحلاة المنتجة باحتساب معدل توقف المحطة عن التشغيل بغرض الصيانة خلال السنة.

ثانيا: تقنيات تحلية مياه البحر المعتمدة

1) لازالت التقنيات الغشائية (تحديدا RO)، هي المسيطرة على سوق التحلية الجزائري. وتعد محطة المقطع من أكبر محطات التحلية في العالم العاملة بتقنية التناضح العكسي؛ هذه التقنية التي فرضت نفسها على سوق التحلية الجزائري بالنظر لخصائصها التي تتواءم مع خصائص مياه البحر المتوسط من حيث انخفاض درجة الملوحة والحرارة إلى جانب استهلاكها المنخفض للطاقة الكهربائية؛

2) لا تمثل التقنيات الحرارية في السوق الجزائري إلا نسبة ضئيلة جدا ممثلة بتقنية (MSF) والتي تستخدم في محطة كهرامة– وهران – إضافة إلى بعض الوحدات الصغيرة المنتشرة عبر أقاليم البلاد (خاصة تلك التي تعتمد على مياه الآبار كمصدر لمياه التغذية).

3) لازالت الدراسات بشأن استخدام الطاقة المتجددة في تحلية مياه البحر في الجزائر في بداياتها الأولى مع غياب رؤية حقيقية لتقييم مدى نجاعة مثل هذه المشروعات التي تشير المعطيات الأولية لصعوبة تجسيدها في المدى القريب بالنظر لتكاليفها الباهظة جدا، وأيضا للظروف المناخية السائدة (الحرارة والرياح)، وعدم القدرة على ضبط معدلاتها.

وتأتي الطاقة الشمسية في مقدمة الطاقات المتجددة التي تسعى الجزائر لتشييد مشاريع تحلية تعتمد عليها في ظل وقوعها ضمن الحزام الشمسي على مدار(300) يوم (مع وجود مشاريع في الجنوب الجزائري لتحلية مياه الآبار بالطاقة الشمسية، وهي وحدات تحلية بسعات صغيرة).

الجدول رقم (17.3): ملخص معطيات إنتاج الماء المحلى في الجزائر

أولا: مصدر مياه التغذية للماء المحلى (الوحدة: نسبة مئوية)	
مياه قليلة الملوحة	8.33
مياه البحر	90.82
مياه النهر	0.84
ثانيا: توزيع الماء المحلى تبعا لأغراض الاستخدام (الوحدة: نسبة مئوية)[1]	
المنزلي	90.33
الصناعة	8.91
الطاقة	0.49
السياحة	0.23
الأغراض العسكرية	0.03
ثالثا: توزيع تقنيات التحلية (الوحدة: نسبة مئوية)[2]	
RO	90.04
MSF	6.46
MED	2.46
ED	0.81

Source: Juan Cànovas Cuenca, **Report on water desalination status in the Mediterranean countries**,1ére édition, Institute murciano de investigacion,Spain,2012, pp:83-85.

[1] و[2]: تتضمن (مياه البحر والمياه قليلة الملوحة).

من خلال قراءة معطيات الجدول، نلاحظ:

1) من حيث مصدر مياه التغذية: تعد مياه البحر المصدر الرئيسي للمياه المحلاة بنسبة (90.82%)، وتأتي المياه قليلة الملوحة ثانيا بنسبة (08.33%) فيما لا تمثل مياه النهر إلا نسبة ضئيلة جدا (0.84%)؛

2) من حيث غرض استخدام المياه المحلاة: يستحوذ الاستخدام المنزلي على نسبة (90.33%) من الماء المحلى ثم تأتي الصناعة ثانيا بنسبة (08.91%)، فيما تأتي قطاعات الطاقة، السياحة والأغراض العسكرية ثالثا بنسب ضئيلة؛

3) من حيث توزيع تقنيات التحلية: تستحوذ تقنية (RO) على سوق التحلية الجزائري بنسبة (90.04%) تليها تقنية (MSF) بنسبة (06.46 %)، فيما تتقاسم (MED) و(ED) باقي النسبة.

إن معطيات الجدول تشمل المياه قليلة الملوحة ومياه النهر، وهذا ما جعل نسب توزيع تقنيات التحلية تشمل التقنيات الأربعة ونفس الأمر ينطبق على استخدامات الماء المحلى. وتبقى هذه الإحصائيات عامة مع اختلاف المعطيات فيما يرتبط بمصدر مياه التغذية خاصة ما تعلق بمياه النهر؟

ثالثا: مساهمة المياه المحلاة في توفير مياه الشرب

تصاعدت أهمية المياه المحلاة في الجزائر في السنوات الأخيرة، وبرز وزنها كمصدر أساسي لمياه الشرب في المدن الكبرى التي عرفت كثافة سكانية مرتفعة جسدتها الهجرة الكبيرة من الريف نحو المدينة. وهذا ما أدى إلى ظهور تجمعات حضرية كبيرة في العاصمة، وهران وتلمسان. فكان لمياه البحر المحلاة دورا في تخفيف العجز الذي لازم الميزان المائي الوطني، وتحسنت حصة المواطن الجزائري من مياه الشرب فضلا على أنها أصبحت متاحة يوميا في العديد من المدن.

الجدول رقم (18.3): حصة السكان المستفيدين من المياه المحلاة تبعا لكل محطة

اسم المحطة	عدد السكان
كهرامة	540,000
الحامة	سكان العاصمة
سكيكدة	666,666
بني صاف	1, 333,330
مستغانم	1,333,320
فوكة	666,660
كاب جنات	666,660
سوق الثلاثاء	1,333,320
حنين	1,333,320
المقطع	1,333,320
الطارف	-
تنس	999,990
واد السبت	-

Source: L'Algérienne des eaux, **dessalement de l'eau de mer**, consulté le : 10/05/2015, disponible sur le site: http://www.ade.dz/dessalement/dessal.php.

من خلال قراءة معطيات الجدول، نلاحظ أن أغلب المحطات الكبرى ستزود عدد سكاني يفوق المليون نسمة كما هو الحال في محطات (بني صاف، مستغانم، سوق الثلاثاء، حنين والمقطع). وبالنسبة للحامة، فإنها ستزود سكان العاصمة الذين يتجاوز عددهم (05) مليون نسمة. وتشير التقديرات إلى أن عدد السكان المستفيدين من مياه البحر المحلاة يتجاوز (11) مليون نسمة.

الجدول رقم (19.3):مساهمة مياه البحر المحلاة في التغذية بمياه الشرب (المحطات الكبرى+ محطات Monoblocs)

معطيات متوسطة للمحطات التي في الخدمة			
الجزائر	إنتاج الماء المحلى($م^3$/اليوم)	225,000	(%20)
	الإنتاج الإجمالي($م^3$/اليوم)	1,100,000	
وهران	إنتاج الماء المحلى($م^3$/اليوم)	206,000	(%54)
	الإنتاج الإجمالي($م^3$/اليوم)	380,000	
سكيكدة	إنتاج الماء المحلى($م^3$/اليوم)	85,000	(%45)
	الإنتاج الإجمالي($م^3$/اليوم)	189,000	

المصدر: المديرية العامة للتزود بمياه الشرب(DAEP)- مديرية حشد الموارد المائية-، وزارة الموارد المائية والبيئة.

نلاحظ من خلال قراءة معطيات الجدول، تفاوت نسبة مساهمة المياه المحلاة في التغذية بمياه الشرب في الولايات الثلاثة تبعا لحجم الإنتاج الإجمالي من مياه الشرب حيث ترتفع نسبة المساهمة في ولاية وهران لتبلغ (54%)، تليها ولاية سكيكدة بنسبة (45%) فيما تأتي الجزائر ثالثا بنسبة مساهمة (20%).

وتعكس هذه النسب، حقيقة الدور الذي أصبحت تمثله المياه المحلاة ضمن الميزانية المائية المحلية لمختلف الولايات مقارنة بالمصادر التقليدية (مياه السدود) التي تراجعت في ولاية وهران بشكل كبير لتكون المياه المحلاة هي المصدر الرئيسي لمياه الشرب في الولاية.

الجدول رقم (20.3): الغرض من إنشاء محطات تحلية مياه البحر في الجزائر

اسم المحطة	الغرض من إنشاءها
كهرامة	الصناعة + مياه الشرب
الحامة	مياه الشرب
سكيكدة	الصناعة + مياه الشرب
بني صاف	مياه الشرب
سوق الثلاثاء	مياه الشرب
مستغانم	مياه الشرب+ الصناعة + السياحة
حنين	مياه الشرب
فوكة	مياه الشرب
كاب جنات	مياه الشرب + الصناعة
تنس	مياه الشرب
المقطع	مياه الشرب + الصناعة
واد السبت	مياه الشرب
الشط	مياه الشرب

المصدر: المديرية الفرعية للموارد المائية غير التقليدية، وزارة الموارد المائية والبيئة.

تظهر معطيات الجدول، أن المياه المحلاة التي تنتجها محطات التحلية موجهة بدرجة رئيسية لتزويد السكان بمياه الشرب. وتختص المحطات العاملة (الحامة، بني صاف، سوق الثلاثاء، حنين، فوكة وتنس) بإنتاج مياه موجهة للشرب فقط. مقابل ذلك، تنتج محطات (كهرامة، سكيكدة، المقطع وكاب جنات) مياه محلاة موجهة للشرب والصناعة في الوقت الذي تنتج محطة مستغانم مياه موجهة للشرب، الصناعة والسياحة.

وتبذل الجزائرية للمياه بفروعها المختلفة دورا أساسيا في إيصال هذه المياه إلى نقاط التوزيع الرئيسية، وتشرف على متابعة كل ما يرتبط بنوعية هذه المياه التي تعد منتجا مميزا بمواصفات صحية جوهرها ضمان استمرار حياة المواطن.

2.3. دراسة جغرافية تحلية مياه البحر في المملكة العربية السعودية

تعد المملكة العربية السعودية واحدة من أكثر دول العالم فقرا في مواردها المائية العذبة، وهذا ما خلق فجوة كبيرة بين العرض والطلب على هذا المورد الحيوي، وأدى إلى تفاقم المشكلة المائية خاصة مع نهاية القرن العشرين. ولم تنتظر المملكة الفرصة حتى تصل إلى وضع مائي حرج بل استبقت ذلك، واعتمدت على أفضل خيار متاح أمامها وهو تحلية مياه البحر التي تعد صناعة متقدمة جدا في المملكة، ولها مقوماتها التي أهلتها لتحتل المرتبة الأولى عالميا في إنتاج المياه المحلاة.

1.2.3. ملامح عامة حول الجغرافية المائية في المملكة العربية السعودية

تقع المملكة في شبه الجزيرة العربية ذات الطبيعة الصحراوية من منطلق موقعها العام ضمن الحزام الجاف وشبه الجاف من العالم. وهذا ماكان له تداعيات متباينة على خريطتها المائية سواء من حيث كميتها أو توزيعها الجغرافي.

1.1.2.3. الجغرافية الطبيعية

تتباين الجغرافية الطبيعية للمملكة تباينا نسبيا بين أقاليمها الأربعة (الشمال، الجنوب، الشرق والغرب). وذلك تبعا لموقعها الجغرافي في الصحراء العربية الكبرى، ولوقوعها بين مسطحين مائيين (الخليج العربي والبحر الأحمر).

أولا: الموقع الجغرافي

تقع المملكة في الجنوب الغربي من قارة آسيا، تمتد بين خطي الطول (35/34) درجة شرق غرينتش. وعند خطي العرض (34/33) درجة شمال خط الاستواء. وتحتل الجزء الأكبر من شبه الجزيرة العربية كما تتميز بموقعها الاستراتيجي بين ثلاث قارات، وسواحلها الطويلة والأشكال التضاريسية المتنوعة فيها وظروفها المناخية المتعددة.[1]

[1]. وزارة البترول والثروة المعدنية، **المملكة العربية السعودية**، تاريخ التصفح:2015/01/01، متوفر على الرابط: http://www.mopm.gov.sa/Arabic/About KSA/Pages/default.aspx

الجدول رقم (21.3): معطيات جغرافية حول المملكة العربية السعودية

1. معطيات عامة [1]	
المساحة (كلم^2)	2,000,000
طول الحدود البرية (كلم)+ طول الحدود البحرية (كلم)	البرية: (4,430)، البحرية: (2,330)
حدودها الجغرافية	**غربا:** البحر الأحمر؛ **شرقا:** الخليج العربي، البحرين، الإمارات وقطر **شمالا:** الكويت، العراق والأردن؛ **جنوبا:** اليمن وسلطنة عمان
2. مناخ المملكة[2]	
تقع المملكة في الإقليم الصحراوي المداري وشبه المداري، والرياح التي تصل إلى المملكة عموما هي رياح جافة ومساحتها تقريبا كلها جافة. ونظرا لهذا الجفاف، ومن ثم السماء الخالية من السحب، تسود حالات متطرفة بشدة من درجات الحرارة إلا أن هناك أيضا تباينات واسعة فيما بين الفصول والمناطق:	
1) المنطقة الوسطى	يسود الجو الحار والجاف في الصيف (مايو- أكتوبر)، حيث ترتفع درجة الحرارة إلى أزيد من (50°م). في حين، يسود الجو الجاف والبارد فصل الشتاء حيث تقترب درجة الحرارة ليلا من الصفر، ويمكن أن يحدث صقيع شديد بصفة عامة بل وحتى أسابيع من الثلج على الجبال.
2) المناطق الغربية والشرقية	تتميز بالطقس الحار والرطب خلال أشهر الصيف حيث تصل درجة الحرارة القصوى إلى (42°م). في حين، يكون الشتاء دافئا.
3) المناطق الشمالية	يتراوح منسوب الأمطار السنوي بين (100- 200ملم)، وينخفض هذا المنسوب عند الاتجاه صوب الجنوب باستثناء بالقرب من الساحل إلى أقل من (400) ملم غير أن الأجزاء المرتفعة من المناطق الغربية والجنوبية تتعرض لأمطار غزيرة.

المصدر: [1]. وزارة البترول والثروة المعدنية، **المملكة العربية السعودية**، تاريخ أخر تصفح:2015/05/20، متوفر على الرابط :http://www.mopm.gov.sa/ Arabic/ About /Pages / default.aspx

[2]. منظمة الأمم المتحدة للأغذية والزراعة (الفاو)،**المملكة العربية السعودية (الري في إقليم الشرق الأوسط)**، ص ص01-02،تاريخ أخر تصفح:2015/03/30،متوفر على الرابط: http://www.fao.org /nr/wateraquastat /.../SAU_cp_ara .pdf

ثانيا: التضاريس

تتنوع تضاريس المملكة، تنوعا كبيرا من الشمال إلى الجنوب ومن الشرق إلى الغرب. ونوجز أهم هذه التضاريس في الجدول أدناه.

الجدول رقم (22.3): تضاريس المملكة العربية السعودية

السهول الساحلية	يوجد في المملكة شريطان يمتدان بمحاذاة ساحلي المملكة على البحر الأحمر والخليج العربي: 1) السهل الساحلي للبحر الأحمر(سهل تهامة): ينحصر السهل الساحلي للبحر الأحمر بين ساحل البحر الأحمر من الغرب، والمرتفعات الغربية من الشرق. ويكون منطقة انتقالية ضيقة بين رف البحر الأحمر وجبال الجرف العالية، ويتسع في الجنوب حيث يصل عرضه بمحاذاة مدينة جازان إلى نحو(40كم)، ويضيق باتجاه الشمال. ويتسم هذا السهل في نصفه الشمالي بكثرة الشروم البحرية فيه؛ وهي منافذ بحرية صغيرة تتعمق في اليابسة بواسطة مجاري المياه التي تنحدر من الجبال الساحلية. في حين يتسم نصفه الجنوبي بكثرة الأخوار فيه؛ وهي نتوءات بحرية تشبه الشروم، وتختلف عنها بسعتها وقلة عمقها. 2) السهل الساحلي للخليج العربي: ينحصر السهل الساحلي للخليج العربي بين ساحل الخليج من الشرق، وهضبة الصمان من الغرب؛ وهو سهل منبسط تغطي الرمال أجزاء كبيرة منه. وتنتشر فيه المسطحات الملحية (السباخ) خاصة قرب الساحل وبمحاذاته. ويتميز هذا السهل بخلوه من الأودية وكثرة أخواره ورؤوسه

	ودوحاته.
المرتفعات الغربية	تتكون من سلسلة جبلية تمتد بمحاذاة ساحل خليج العقبة والبحر الأحمر من حدود المملكة مع الأردن شمالا إلى حدود المملكة مع اليمن جنوبا حيث يصل ارتفاع أعلى قمة فيها إلى نحو(3,015م)، والمتمثلة في جبل السودة. ويمكن تقسيم المرتفعات الغربية إلى ثلاثة أقسام رئيسية، هي: 1) جبال السروات، تمثل القسم الجنوبي من المرتفعات الغربية؛ 2) جبال الحجاز، تمثل القسم الأوسط من المرتفعات الغربية؛ 3) جبال مدين، تمثل القسم الشمالي من المرتفعات الغربية.
الهضاب	تقع الهضاب في المملكة إلى الشرق من المرتفعات الغربية، وتغطي مساحات واسعة من أراضيها. وتنحدر بشكل عام نحو الشرق والشمال الشرقي. وتنقسم حسب الموقع إلى الأقسام التالية: 1) الهضاب الغربية (هضبتا نجران وعسير، هضبة الحجاز وحسمى)؛ 2) الهضاب الوسطى (هضبة نجد)؛ 3) الهضاب الشرقية (هضبة الصمان، هضبة الحجرة، هضبة الحماد وهضبة الوديان)؛
الرمال	تغطي التجمعات الرملية نسبة كبيرة من مساحة المملكة تبلغ نحو (635,000كم^2) ما نسبته (33%) تقريبا من مساحتها. وتعد رمال الخالي، والدهناء والجافورة أكبر البحار الرملية في المملكة؛ إذ تمثل نحو (90%) من مجمل التجمعات الرملية الواقعة في المملكة. وتنتشر تلك التجمعات في العديد من مناطقها، وتتركز بشكل كبير في الرصيف العربي (الغطاء الرسوبي) في شرقي المملكة؛ والذي يمثل نحو ثلثي مساحتها حيث تشكلت عليه معظم التجمعات الرملية الكبيرة في المملكة؛ والتي منها: الربع الخالي، والنفوذ الكبير، والدهناء، والجافورة...الخ.
المجاري المائية	تنتشر على سطح المملكة مئات المجاري المائية الموسمية، التي تكونت معظمها خلال العصور المطيرة. وتتوزع على جميع مناطقها إلا أنها تقل في الجزء الجنوبي من المنطقة الشرقية، وتنعدم في الربع الخالي، وتختلف خصائصها من منطقة إلى أخرى.
مصايد المياه السطحية	ينتشر على سطح المملكة الكثير من مصايد المياه التي تتكون في المناطق المنخفضة. ويعود سبب تكوينها إلى عوامل مختلفة، منها: انحسار مياه البحر عن بعض الأراضي قرب الشواطئ حيث تتكون تلك المصايد وتكثر في المناطق الساحلية أو بقربها، أو أنها بقايا بحيرات قديمة...الخ.
الشعاب المرجانية	تتمتع المملكة بسواحل طويلة تطل على خليج العقبة والبحر الأحمر في الغرب والخليج العربي في الشرق، مما أدى إلى امتلاكها مناطق بحرية واسعة. وقد أدى ذلك إضافة إلى اتساع الجرف القاري، لانتشار مساحات كبيرة من الشعاب المرجانية بمحاذاة السواحل وحول الجزر إضافة إلى مساحات واسعة أخرى متفرقة في مناطق بعيدة عن الساحل؛ معظمها مغمورة في المياه، وتظهر أجزاء بعضها فوق سطح الماء.

المصدر: محمد بن أحمد الراشد، عبد الله بن صالح العنيزان، **المملكة العربية السعودية– حقائق وأرقام –**، الطبعة الأولى، هيئة المساحة الجيولوجية السعودية، المملكة العربية السعودية، 2012، ص: 20.

ثالثا: السكان

شهد النمو السكاني في المملكة تزايدا ملحوظا في العقدين الأخيرين، ميزه زيادة عدد السكان الأجانب الذي أصبح ظاهرة عادية في دول الخليج العربية. وهذا ما أفرز تغيرا كبيرا في أنماط الاستهلاك داخل المملكة، وانعكس بشكل آلي في الطلب على الموارد المائية لمختلف الاستخدامات.

ويمثل السكان غير السعوديين، ثلث سكان المملكة في إشارة واضحة إلى ذلك التناقض الرهيب الذي بات يميز حقيقة سكان المملكة، والذي أفضى بالمسئولين داخل المملكة إلى المناداة بسعودة اليد العاملة حتى يتم تقليص الأجانب على أراضيها.

الجدول رقم (23.3): معطيات سكانية حول المملكة العربية السعودية

العدد الإجمالي للسكان	(29.9) مليون نسمة
1) النسبة المئوية لمتوسط معدل التغير السنوي في السكان (2010- 2015)	(1.8%)
2) معدل الخصوبة الإجمالي لكل امرأة (2010-2015)	(2.7%)
3) النسبة المئوية للسكان الذين تتراوح أعمارهم بين (10- 24سنة)	(24%)
4) عدد السكان الذين تتراوح أعمارهم بين (10- 24سنة)	(7.2) مليون نسمة
5) معدل العمر المتوقع عند الولادة بالسنوات (2010- 2015)	
أ) ذكور	(74)سنة
ب) إناث	(77) سنة

المصدر: صندوق الأمم المتحدة للسكان، **سكان العالم2014**، التقرير السنوي حول السكان في العالم، الولايات المتحدة الأمريكية، 2014، ص:113.

من خلال قراءة معطيات الجدول، نلاحظ أن التعداد السكاني في المملكة بلغ (29.9) مليون نسمة نهاية سنة 2014 بمعدل تغير سنوي (1.8%) مع معدل خصوبة بلغ (2.7%) لكل امرأة هذا من ناحية. ومن ناحية أخرى، ترتفع نسبة السكان ذوي الفئة العمرية (10-24سنة) لتصل إلى (25%) من إجمالي السكان. مقابل معدل عمر متوقع منخفض للرجال (74سنة)، ومرتفع نسبيا للنساء (77سنة).

وتعتبر أقاليم (الرياض، مكة المكرمة، الشرقية، عسير والمدينة المنورة) أكثر تجمعات المملكة سكانا بتعداد يتجاوز المليون نسمة. وقد تجاوز عدد سكان المملكة (30.7) مليون نسمة مع مطلع سنة 2015 حسب الإحصائيات الصادرة عن وزارة الاقتصاد والتخطيط.[1]

2.1.2.3. مصادر الموارد المائية

كان للموقع الجغرافي للمملكة في قلب الصحراء العربية، تأثيرا كبيرا في مواردها المائية (الجوفية والسطحية). وجعلها تصنف من بين الدول التي تعاني ندرة حادة في مواردها المائية. وضمن المصادر المائية التي تحويها أراضي المملكة نميز بين:

أولا: المصادر المائية التقليدية

تعتمد المملكة بشكل أساسي في توفير معظم الاحتياجات المائية لكافة القطاعات على الخزانات الجوفية ذات المياه القديمة (الأحفورية) غير المتجددة. ولكنها أيضا، تعتمد على نسبة ضئيلة من مواردها السطحية التي ترتبط بدرجة الهطول المطري .

[1]. وزراة الاقتصاد والتخطيط، **تقرير الاقتصاد السعودي لعام2014**، المملكة العربية السعودية،2015، ص:05.

وتنقسم هذه المصادر إلى:

1) المياه الجوفية غير المتجددة: لا توجد تقديرات دقيقة عن احتياطات المياه الجوفية (غير المتجددة) في المملكة إلا أن البعض يشير إلى أنها تتراوح بين (259.1-760.6) مليارم^3، بمعدل إعادة تعبئة سنوي (886) مليون م^3.[1]

ويوجد حوضين رئيسيين للمياه الجوفية غير المتجددة في المملكة، هما: The Shallow alluvial aquiferو The Rock aquifer، يضمان أكثر من آلاف الكيلومترات المربعة من المياه الجوفية مع معدل إعادة تعبئة ضعيف. وتشير التقديرات إلى أن احتياطات المياه الجوفية تتراوح بين (405-705) مليارم^3، فيما يرى البعض أنها تصل إلى (2,185) مليارم^3.[2]

وتعد الآبار من أهم المصادر الإستراتيجية لتلبية احتياجات المملكة من المياه الجوفية، أين تسهم بما يزيد عن (41%) من إجمالي المياه بالمملكة.[3]

الجدول رقم (24.3): التطور التراكمي للآبار الحكومية (لمختلف الأغراض) حسب أنواعها

أنواع الآبار	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
آبار الشرب الأنبوبية	2,865	2,961	3,102	3,231	3,334	3,436	3,532	3,660
آبار الشرب اليدوية	2,152	2,298	2,358	2,452	2,578	2,729	2,868	3,146
آبار المراقبة	789	801	817	817	822	835	838	839
الآبار الاختبارية	356	362	372	372	380	384	389	392
الإجمالي	**6,162**	**6,422**	**6,649**	**6,872**	**7,114**	**7,384**	**7,627**	**8,037**

المصدر: وزارة المياه والكهرباء، **التقرير السنوي1435/1436هـ**، المملكة العربية السعودية، 2014، ص:44.

من خلال قراءة معطيات الجدول، نلاحظ تزايد عدد الآبار بمختلف أنواعها في المملكة على مدار الفترة الممتدة بين (2007-2014) وإن كان بوتيرة بطيئة نسبيا بمعدل (100) بئر تقريبا كل سنة حيث:

1) آبار الشرب الأنبوبية: تمثل أكثر الآبار عددا في المملكة، وتزايد عددها بشكل ملحوظ ليرتفع من(2,865) بئر سنة2007 إلى (3,660) بئر بنهاية سنة 2014؛

2) آبار الشرب اليدوية: تأتي ثانيا من حيث العدد بعد آبار الشرب الأنبوبية، وارتفع عددها من (2,152) بئر سنة 2007 ليبلغ (3,146) بئر بنهاية سنة 2014.

ويشكل هذين النوعين أكثر الآبار انتشار في المملكة بما نسبته (85%) من مجموع الآبار الحكومية فيما تأتي آبار المراقبة والآبار الاختبارية في المرتبة الثالثة والرابعة على التوالي. وشهد عددها ارتفاعا متواصلا ليبلغ (839)

(1).Shakhawat Chowdhury, Muhammed Al-Zahrani, **Characterizing water resources and trends of sector wise water consumption in Saudi Arabia**, Journal of king Saudi University-Engineering Sciences, n°27, 2015, pp:68-69.

(2) .Ibid, p:69.

(3). وزارة المياه والكهرباء، **التقرير السنوي1435/1436هـ**، المملكة العربية السعودية، 2014، ص:43.

و(392) بئر على التوالي نهاية سنة 2014 بعدما كان (789) و(356) بئر لكليهما سنة 2007. وتمثلان ما نسبته (10%) و(05%) على التوالي من مجموع الآبار الحكومية.

2) المياه السطحية والجوفية المتجددة: تعد الهطولات الفصلية هي المصدر الأساسي للمياه السطحية في المملكة، والمسئولة عن تغذية الطبقات الجوفية.

1) قدرت الخطة الخمسية السابعة في المملكة، المياه المتجددة بما يعادل (08) كلم^3/السنة أو ما يقارب (46%) نظريا من الاستهلاك السنوي للمياه المقدر بـ (17.5) كلم^3.[1]

2) قدرت موارد المياه السطحية المتجددة بمقدار (2.2) كلم^3/السنة، يتسرب معظمها لتجديد الطبقة الحاملة للمياه. وقدر مجموع موارد المياه الجوفية المتجددة بمقدار (2.2) كلم^3/السنة، والداخلية بمقدار (02) كلم^3/السنة، مما يصل بمجموع موارد المياه الداخلية المتجددة إلى (4.4) كلم^3/السنة.[2]

وفي بعض الإحصائيات الواردة عن جهات مختصة في المملكة، فإن الاحتياجات الكلية من المياه العذبة تصل تقريبا (20) مليارم^3/السنة.

وتعطي السدود صورة حية عن حجم الموارد المائية السطحية المعبأة في المملكة، وتحصي المملكة مئات السدود التي تتنوع سعاتها بين الصغيرة، المتوسطة والكبيرة.

الجدول رقم (25.3): التطور التراكمي للسدود بالمملكة (العدد، والطاقة التخزينية) (الوحدة: 1,000 م^3)

الغرض		التحكم	الري	التعويض	الشرب	الإجمالي
2009	العدد	65	02	210	25	**302**
	السعة	432,778	51,500	566,324	303,460	**1,354,062**
2010	العدد	71	02	243	35	**351**
	السعة	625,986	51,500	587,965	379,299	**1,644,750**
2011	العدد	74	02	273	45	**394**
	السعة	878,446	51,500	604,151	392,801	**1,926,899**
2012	العدد	77	02	293	50	**422**
	السعة	880,302	51,500	612,903	422,681	**1,967,386**
2013	العدد	80	02	310	57	**449**
	السعة	882,162	51,500	630,291	452,947	**2,016,900**
2014	العدد	92	02	329	59	**482**
	السعة	892,434	51,500	683,719	456,219	**2,083,872**

المصدر: وزارة المياه والكهرباء، **التقرير السنوي 1435/1436هـ**، المملكة العربية السعودية، 2014، ص:48.

[1]. سالم بن راشد المري، **نحو تشريعات أكثر فعالية لتنظيم استخدامات الموارد المائية والحفاظ عليها في المملكة العربية السعودية**، ورقة بحثية مقدمة ضمن:" فعاليات المؤتمر الهندسي العربي السادس والعشرون"، أيام:07- 2012/01/10، المملكة العربية السعودية، 2012، ص:04.

[2]. منظمة الأمم المتحدة للأغذية والزراعة (الفاو)، مرجع سبق ذكره، ص:06.

من خلال قراءة معطيات الجدول، نلاحظ تزايد عدد السدود لمختلف الأغراض (التحكم، الري، التعويض والشرب) بشكل ملحوظ على مدار الفترة الممتدة بين (2009-2014) ليصل (482) سد بنهاية سنة 2014 بسعة تخزين إجمالية تجاوزت مليارين م^3 حيث:

1) تأتي السدود المخصصة لغرض التحكم أولا من حيث سعة التخزين (892,434×10^{3}م^3) بنهاية سنة 2014 بعدما كانت (432,778×10^{3}م^3) سنة 2009 ، كما ارتفع عددها من (65) سد سنة 2009 إلى (92) سد نهاية سنة 2014؛

2) أما السدود المخصصة لغرض التعويض فتأتي ثانيا من حيث سعة التخزين بعد سدود التحكم، حيث ارتفعت سعتها التخزينية من (566,324×10^{3}م^3) سنة 2009 إلى (683,719×10^{3}م^3) نهاية سنة 2014 كما ارتفع عددها من (210) سد سنة 2009 إلى (329) سد نهاية سنة 2014؛

3) تحتل السدود المخصصة للشرب والري المرتبة الثالثة والرابعة على التوالي من حيث السعة التخزينية، حيث ارتفعت من (303,460×10^{3}م^3) سنة 2009 إلى (456,219×10^{3}م^3) نهاية سنة 2014 بالنسبة لسدود مياه الشرب. كما ارتفع عددها من (25) سد سنة 2009 إلى (59) سد بنهاية سنة 2014، أما الطاقة التخزينية لسدود الري فظلت نفسها على مدار السنوات الستة (51,500×10^{3}م^3) لنفس العدد (02) سد.

إن ضعف الطاقة التخزينية لسدود المملكة مرتبط بضعف كمية التساقط السنوية بالنظر لجغرافية المملكة التي يستحوذ المناخ الجاف على أراضيها كما سبق ورأينا. مع ذلك، ركزت المملكة على إنشاء السدود بمختلف الأحجام في إطار إستراتيجيتها للاستفادة من كل قطرة مياه تضمنها أراضيها.

ثانيا: المصادر المائية غير التقليدية

لم يكن أمام المملكة أي خيار لمواجهة عطشها المائي في ظل عجز مواردها المائية التقليدية عن تغطية كافة الاحتياجات إلا الاعتماد على المصادر غير التقليدية التي تأتي في مقدمتها تحلية المياه المالحة (مياه البحر- مياه الآبار المالحة).

1) **تحلية المياه المالحة (مياه البحر تحديدا)**: تملك المملكة قدرات هائلة في تحلية المياه المالحة (مياه البحر)، أهلتها لتحتل صدارة دول العالم الأكثر إنتاجا للمياه المحلاة. وتطور إنتاج المملكة على مدار العقود الأخيرة ليصل إنتاجها السنوي إلى (2,300) مليون م^3 نهاية سنة 2014 [1]، مقابل كمية لم تتجاوز(7.05) مليون م^3 سنة1981.

وتعتمد المملكة على تحلية مياه البحر في توفير أكثر من (59%) من المياه المنتجة سنويا. وتمتلك المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة (18) محطة تحلية كبرى إضافة إلى (10) محطات صغيرة حيث أسهم القطاع الخاص بنسبة (34.5%) من إجمالي إنتاج المياه المحلاة خلال سنة 2014.[2](أكثر تفصيل عن هذا الجانب لاحقا).

---

[1].Shakhawat Chowdhury, Muhammad Al-Zahrani, op.cit, p:68.

[2]. وزارة المياه والكهرباء، مرجع سبق ذكره، ص:54.

2) **معالجة مياه الصرف:** وجدت المملكة في معالجة مياه الصرف (خاصة الصحي منها)، بديلا آخر للتغلب على بعض جوانب العجز المائي. وتحوي جميع أقاليم المملكة محطات لمعالجة مياه الصرف الصحي، وهي موجهة بالأساس للاستخدام الزراعي والصناعي وري المسطحات الخضراء.

وبلغ إجمالي مياه الصرف المعالجة نهاية سنة 2014 كمية (1,475) مليون م^3 تم إعادة استخدام ما مقداره (226) مليون م^3 من إجمالي هذه المياه.[1]

الجدول رقم (26.3): تطور إجمالي كميات مياه الصرف المعالجة والمعاد استخدامها خلال الفترة(2006–2014) (الوحدة: مليون م^3/السنة)

السنة	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
كمية مياه الصرف المعالجة	657	735	803	875	1,022	1,125	1,254	1,261	1,475
الكمية المعاد استخدامها	123	140	150	185	219	225	194	181	226

المصدر: وزارة المياه والكهرباء، **التقرير السنوي1435/1436هـ**، المملكة العربية السعودية، 2014، ص:67.

من خلال قراءة معطيات الجدول، نلاحظ تطور كمية مياه الصرف المعالجة وتزايدها من سنة إلى أخرى على مدار الفترة الممتدة بين (2006–2014) بالتوازي مع تطور الكمية المعاد استخدامها أيضا. وسجلت نهاية سنة 2014 كمية (1,475) مليون م^3 مياه صرف معالجة مع كمية معاد استخدامها (226) مليون م^3، بعدما كانت (657) مليون م^3 سنة 2006 لكمية معاد استخدامها (123) مليون م^3.

كما تعتمد المملكة على تنقية المياه (للشرب)، وبلغ عدد محطات تنقية المياه العاملة بنهاية سنة 2014 (186) محطة رئيسية ومصغرة وبإجمالي طاقة إنتاجية مقدارها (1.95) مليون م^3. بزيادة قدرها (30) محطة مصغرة خلال سنة 2014، لتضيف طاقة إنتاجية مقدارها (15×10^{3}م^3) يوميا.[2]

ويجري العمل على إنشاء محطات تنقية على السدود، وذلك بهدف الاستفادة من المياه المخزنة خلف السدود الكبيرة وتحويلها إلى مياه صالحة للشرب وفق المواصفات العالمية والمواصفات القياسية السعودية. وقدرت الطاقة الإنتاجية لمحطات تنقية المياه العاملة على السدود بـ (338×10^{3}م^3).[3]

رابعا: مؤشرات عامة حول الوضع المائي في المملكة

أولت السلطات في المملكة أهمية قصوى لمواردها المائية، واعتبرت توفير مياه مأمونة وكافية لمختلف القطاعات الاقتصادية بمثابة التحدي الأول للمسئولين على شؤون القطاع المائي بشكل خاص. وتظهر مختلف الإحصائيات والمعلومات الصادرة عن مختلف الوزارات (الكهرباء والمياه، التخطيط والاقتصاد...الخ)، تحسنا كبيرا في جميع المؤشرات المرتبطة بتوفير المياه بالكمية والنوعية المطلوبة.

[1]. نفس المرجع، ص:66.
[2]. نفس المرجع، ص:50.
[3]. نفس المرجع، ص:50.

الجدول رقم (27.3): معطيات عامة (إنتاج، استهلاك وتوزيع) مياه الشرب في المملكة العربية السعودية سنة 2010

إجمالي إنتاج المملكة من مياه الشرب	نسبة الزيادة السنوية في إنتاج المياه	نسبة الزيادة السنوية في كمية مياه التحلية	نسبة الزيادة السنوية في كمية المياه المستخرجة من الآبار
(2.35) مليارم^3	(%17)	(%29)	(%05)
نسبة السكان المعتمدين على مياه التحلية بصورة رئيسية		نسبة السكان المعتمدين على المياه الجوفية بصورة رئيسية	نسبة السكان المعتمدين على كلا المصدرين
(%47)		(%18)	(%35)
متوسط نصيب الفرد اليومي من المياه على مستوى المملكة خلال سنة 2010		الزيادة في متوسط نصيب الفرد من المياه على مستوى المملكة خلال سنة 2010	
(231) ل/اليوم/الفرد		(%1.8)	

المصدر: وزارة المياه والكهرباء، **تقرير الأداء السنوي للعام المالي (2010/2009)**، الجزء الأول، المملكة العربية السعودية، 2010، ص ص:20- 23.

من خلال قراءة معطيات الجدول، نلاحظ:

1) ارتفاع نسبة مساهمة المياه المحلاة في تغطية احتياجات المملكة المائية مقارنة بالمياه الجوفية، حيث وصلت النسبة (47%) للمياه المحلاة و(18%) للمياه الجوفية؛

2) ارتفاع متوسط نصيب الفرد اليومي من المياه المستهلكة في المملكة، حيث وصل (231) ل/الفرد/اليوم بزيادة سنوية (1.8%).

الجدول رقم (28.3): تطور كميات المياه الموزعة بحسب المصادر الرئيسية (الوحدة: مليون م^3)

السنة	مياه التحلية	المياه الجوفية ومياه السدود	الإجمالي	نسب المشاركة (%)		معدل النمو السنوي (%)
				مياه التحلية	المياه الجوفية ومياه السدود	
2007	1,067	910	1,977	54	46	-
2008	1,063	942	2,005	53	47	1.40
2009	1,145	978	1,123	54	46	5.90
2010	1,258	1,025	2,283	55	45	7.50
2011	1,476	947	2,423	61	39	6.10
2012	1,546	981	2,527	61	39	4.30
2013	1,594	1,137	2,731	58	42	8.10
2014	1,685	1,189	2,874	59	41	5.2

المصدر: وزارة المياه والكهرباء، **التقرير السنوي1436/1435هـ**، مرجع سبق ذكره، ص:59.

من خلال قراءة معطيات الجدول، نلاحظ أن مساهمة المياه المحلاة في كمية المياه الموزعة تأتي أولا فيما تحتل المياه الجوفية ومياه السدود المرتبة الثانية، وقد شهدت نسب المساهمة تذبذبا ملحوظا خلال الفترة الممتدة بين (2007-2014) حيث:

1) تباينت نسبة مساهمة المياه المحلاة في كمية المياه الموزعة، وتراوحت النسبة بين (53%) و(61%) خلال الفترة (2007-2014). وسجلت سنة 2008 أخفض نسبة (53%) لترتفع إلى (61%) سنة 2012، لتتراجع بعدها إلى (58%) و(59%) سنتي 2013 و2014 على التوالي؛

2) وبنفس الوتيرة تباينت مساهمة المياه الجوفية ومياه السدود ارتفاعا وانخفاضا بالتوازي مع المياه المحلاة، لتشهد سنتي 2011 و2012 أخفض نسبة (39%). مقابل (47%) سنة 2008 لتتراجع النسبة إلى (42%) و(41%) سنتي 2013 و 2014 على التوالي.

وتشير أخر إحصائيات وزارة المياه والكهرباء إلى أن متوسط نصيب الفرد اليومي من المياه على مستوى المملكة خلال سنة 2014 وصل إلى (253ل)[1]، بعدما كان لا يتجاوز (231 ل) سنة 2010 كما سبق ورأينا.

ورغم الاعتماد الكبير للمملكة على المياه المحلاة في تلبية احتياجات السكان من مياه الشرب تحديدا إلا أن مساهمة المياه الجوفية ومياه السدود لازالت مرتفعة بشكل كبير في دلالة واضحة لأهمية هذين المصدرين بالنسبة للمملكة.

ولمعلومات أوفى حول متوسط نصيب الفرد في أقاليم المملكة المختلفة من مياه الشرب (أنظر:**الملحق رقم(3.3)**).

رابعا: استخدامات الموارد المائية

أسهمت خطط التنمية التسعة التي اعتمدتها المملكة منذ سبعينيات القرن الماضي(خطة التنمية الأولى) في إعادة توجيه استخدامات الموارد المائية بشكل مؤسس تبعا للاحتياجات الرئيسية لكل قطاع.

واستحوذ القطاع الزراعي على النسبة الأكبر من كمية المياه المستهلكة يليه القطاع المنزلي ليكون القطاع الصناعي هو الأضعف استهلاكا.

الجدول رقم (29.3): كميات الطلب السنوية على المياه خلال الفترة (2007– 2014) (الوحدة: مليون م^3)

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
البلدية	1,978	2,007	2,123	2,284	2,423	2,527	2,731	2,874
الصناعية	683	698	714	753	800	843	890	930
الزراعية	15,480	15,083	14,747	14,410	15,970	17,514	18,639	19,612
الإجمالي	**18,081**	**17,788**	**17,584**	**17,447**	**19,193**	**20,884**	**22,260**	**23,416**

المصدر: وزارة المياه والكهرباء، **التقرير السنوي1435/1436هـ**، المملكة العربية السعودية، 2014، ص:31.

من خلال قراءة معطيات الجدول، نجمل الملاحظات التالية:

1) **الطلب السنوي على المياه البلدية:** يأتي القطاع البلدي ثانيا في المملكة من حيث استهلاك المياه، وشهد نموا متواصلا على مدار الفترة الممتدة بين (2007- 2014) بنفس المعدل تقريبا (100) مليون م^3 باستثناء الفترة الممتدة بين (2012- 2013) التي سجلت كمية تزيد عن (200) مليون م^3 ليصل الطلب بنهاية سنة 2014 إلى (2,874) مليون م^3؛

[1]. نفس المرجع، ص:63.

ويعكس هذا النمو من ناحية، ارتفاع نصيب الفرد كما سبق ورأينا إلى (253) ل/اليوم سنة 2014 بعدما كان لا يتجاوز(231) ل/اليوم سنة 2010.

نلاحظ أنه في الوقت الذي تسعى فيه المملكة العربية السعودية لدعم قدراتها المائية خاصة من مياه البحر المحلاة، لازال متوسط الفرد السعودي من أعلى المعدلات على المستوى العالمي. وهذا ما يجعل المفارقة أكثر وضوحا في الوقت الذي تفتقر المملكة لموارد مائية تقليدية.

إن تفسير هذه المفارقة منوط بمجموعة من العوامل الداخلية:

- ارتفاع إنتاج المملكة من مياه الشرب سنويا (2.35) مليار م^3 مع تعداد سكاني لا يتجاوز(31) مليون نسمة؛
- تزايد إنتاج محطات التحلية من مياه البحر المحلاة خاصة بعد دخول محطات جديدة حيز الخدمة ذات سعات كبيرة، وهذا ما دعم الخريطة المائية للمملكة.

2) **الطلب السنوي على المياه الصناعية:** يأتي القطاع الصناعي ثالثا في استهلاك المياه في المملكة. وعلى مدار الفترة الممتدة بين (2007- 2014)، شهد الطلب السنوي نموا متواصلا وإن كان بوتيرة بطيئة جدا (أقل من 100 مليون م^3). ووصل الطلب نهاية سنة 2014 إلى (930) مليون م^3 بعدما كان لا يتجاوز (683) مليون م^3 سنة 2007؛

ويمثل قطاع الطاقة مستهلك رئيسي للمياه في المملكة خاصة مع ارتفاع وتيرة الإنتاج اليومي التي جعلت المملكة أكبر مصدر ومنتج للنفط في العالم.كما شهدت بعض الصناعات المستهلكة للمياه نموا مستمرا على غرار صناعة المعادن والصناعات الغذائية...الخ.

3) **الطلب السنوي على المياه الزراعية:** يعد القطاع الزراعي المستهلك الرئيسي للمياه في المملكة، وقد شهد الطلب السنوي على مدار الفترة الممتدة بين (2007- 2014) تذبذبات متباينة. وسجلت سنوات (2008- 2009- 2010) انخفاضات متواصلة بكميات (15,083-14,747-14,410) مليون م^3 على التوالي بعدما كانت (15,420) مليون م^3 سنة 2007. لكن الطلب عاود الارتفاع من جديد ابتداء من سنة 2011 لينخفض مجددا سنة 2012، ليعاود الارتفاع مرة أخرى سنتي 2013 و2014.

لقد أخذت التنمية الزراعية حيزا مهما ضمن أجندة الجهات الرسمية في المملكة، وشهدت العديد من الزراعات نموا مستمرا خاصة المرتبطة باحتياجات السكان على غرار الفواكه، التمور وإنتاج الخضروات التي تستهلك كمية مرتفعة من المياه.كما أن المملكة توجهت في الفترة الأخيرة للتركيز على المنتجات الزراعية الموجهة للعلف ذات الاستهلاك الواسع للمياه على غرار الذرة.

2.2.3. تحلية مياه البحر في المملكة العربية السعودية: النشأة والدوافع

حرصت المملكة العربية السعودية منذ تأسيسها على الاهتمام بالمورد المائي وتوفيره بالكمية والنوعية المطلوبة، وترشيد استخدامه وخاصة في ظل الظروف التي تميزه داخل المملكة، والوضع الذي يجابهه في أقاليم العالم المترامية.

ولأن المورد المائي في المملكة محدود أصلا، فقد بدا خيار تحلية مياه البحر هو الأصلح لمعالجة اختلال الميزان المائي للمملكة في ظل توافر المقومات الطبيعية لذلك (الخليج العربي والبحر الأحمر)، ولمواجهة الطلب المتزايد على مياه الشرب تحديدا.

1.2.2.3. نشأة التحلية في المملكة العربية السعودية

يمكن تلخيص أهم المراحل التي مرت بها قصة التحلية في المملكة العربية السعودية، في النقاط الآتية:

أولا: الفترة الممتدة (1907–1969)

شملت هذه الفترة البدايات الأولى لتحلية المياه المالحة في المملكة، وأهم ما ميزها:[1]

1) ظهور الكنداسة (1907): أدركت الحكومة العثمانية، أن الحجيج لا يحصلون على ما يكفي من المياه. ولأن ذلك العصر تزامن مع اختراع ماكينات تقطر الماء العذب من الماء المالح، فقد أخذت الحكومة العثمانية بهذا المبدأ، وطبقته في مدينة جدة تحديدا لأنها تعد الموطن الأول لاستقبال الحجاج كما كانت آنذاك مرتع لأغلب قناصل الدول الأجنبية.

وبالفعل أحضرت هذه الآلة المقطرة الماء لمدينة جدة سنة1907، وتسمى بالتركية (الكنداسة). وبنت لها محطة في الموقع الذي يحدد اليوم بغرب شارع الملك عبد العزيز؛ لكن إنتاج الكنداسة من الماء العذب لم يكن وفيرا، وغير قادر على تغطية احتياجات سكان جدة والوافدين إليها من الماء إذ لم يكن يتجاوز(300) طن.

2) المرحلة (1910–1927): شهدت الكنداسة حالات متعددة من العطب المتكرر، والذي كان ناتجا عن غياب عمليات الصيانة المنتظمة. وربما ما تعرضت له سنة 1910،كان الأسوأ على الإطلاق حيث تم تخريبها آنذاك؛ ولكن تم إصلاحها لاحقا، واستمرت في العمل بتقطع حتى سنة1927.

ويرجع السبب في ذلك أساسا إلى انقطاع الفحم الحجري الذي أجبر سكان المملكة آنذاك على استخدام الكنداسة، وصاروا يوقدون عليها بالحطب مما أدى إلى خرابها نهائيا بنهاية سنة1927. وفي نفس السنة، ولتدارك ذلك الفراغ الذي تركته الكنداسة وفشل كل محاولات إصلاحها، قامت الحكومة السعودية باستيراد آلتين كبيرتين لتقوما بمهمة تقطير الماء.

3) سنة (1965): اعتبرت هذه السنة بمثابة الانطلاقة الحقيقية نحو الاهتمام بتحلية المياه المالحة في المملكة العربية السعودية. ومع تزايد عدد السكان والحجاج الوافدين لمدينة جدة لم تتمكن العيون المتوفرة من تلبية كافة احتياجات السكان خاصة مع النقص الذي تعاني منه كافة مناطق المملكة. وكانت من المفارقات التي سجلت حينها أن الملك عبد العزيز آل سعود استقدم شركات وخبراء أجانب للبحث عن منابع الماء، فكان أن وجدوا البترول لا الماء.

---

[1]. المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة، **قصة التحلية في المملكة (النشأة، والتطور والازدهار)**، العدد الأول، إصدار المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة، المملكة العربية السعودية، 2006، ص ص:19-21.

لقد تم في هذه السنة، إنشاء إدارة للتحلية تابعة لوزارة الزراعة والمياه وذلك لغرض دراسة الجدوى الاقتصادية والخطوات التمهيدية لإنشاء محطات لتحلية المياه المالحة. ورغم إنشاء هذا المكتب إلا أن الرؤية حول تحلية المياه المالحة لم تكن قد اتخذت لها موقعا مهما ضمن الخريطة المائية للمملكة، وظل البحث مستمرا عن بدائل أخرى لتغطية النقص الحاصل في المياه العذبة.

3) سنة (1966): تم إجراء دراسات مستفيضة من قبل المملكة حول مصادر المياه المحيطة لتحديد أي منها الأفضل لتزويد المملكة بالمياه العذبة. ومن أجل ذلك، أجريت دراسات حول:

- نهر النيل، وإمكانية مد قنوات منه عبر البحر الأحمر؛
- نهر السند، وإمكانية الاعتماد على مياهه في تغذية المملكة؛
- شط العرب خصوصا نهر الفرات؛

إلى جانب أفكار أخرى حول جر المياه في السفن ومن تركيا إلا أن كل الدراسات أثبتت أنها مكلفة ولن تكون مضمونة النتائج. وكانت فكرة الاعتماد على المياه الجوفية مستبعدة جزئيا لأنها كانت معرضة للنضوب خاصة مع تجاوز معدل السحب منها معدل التجدد.

وربما الخطر الأكبر كان حول النتائج التي ستترتب عن نضوب هذه المياه الإستراتيجية، والتي يأتي على رأسها الانهيارات والزلازل الأرضية.

5) سنة (1969): بعد دراسة كافة الخيارات التي تم التفكير فيها تم التوصل إلى نتيجة مفادها، أن جميع الحلول التي تم اقتراحها تتميز بتكلفة اقتصادية مرتفعة إضافة إلى التكلفة السياسية التي تتمثل في اعتماد المملكة على الخارج في تأمين أهم مورد حياتي لسكانها إلى جانب الاتفاق على أن بعض الأفكار لم تكن عملية ويصعب تجسيدها على أرض الواقع (تفجير حفرة في الربع الخالي لسحب مياه بحر العرب...) ليتم التوصل أو الإقرار بأن التحلية هي أنسب بديل وأفضله للحالة المائية في المملكة.

واحتضنت مدينة الوجه أول مشروع لتحلية المياه المالحة سنة 1969 على الساحل الغربي للبحر الأحمر، وهذا المشروع كان بالتعاون مع وزارة الداخلية الأمريكية. وقدرت طاقتها التصديرية آنذاك (198م^3/اليوم)، وكانت أحادية الغرض وتعمل بطريقة التبخير الوميضي، وتقتصر مياهها على تزويد سكان مدينة الوجه فقط. وفي نفس السنة، تم البدء في إنشاء محطة تحلية ثانية بمدينة ضبا نظرا لما كانت تعانيه من نقص في المياه، وكان موقعها بالساحل الغربي على البحر الأحمر أيضا.

ويمكن التنويه، أن أعمال إنشاء محطتي"الوجه"و"ضبا" قد بدأت في سنة 1967، وكانت بداية التشغيل والإنتاج في أوائل سنة 1969 لوحدتين صغيرتين. وتم استيراد وحدات التحلية للمحطتين من شركة صناعة أكواكيم الأمريكية.

ثانيا: الفترة الممتدة (1970-1983)

أهم التطورات التي ميزت هذه الفترة، تمثلت في:

1) سنة (1970): تم إنشاء محطة جدة- المرحلة الأولى-، والتي دخلت حيز الخدمة سنة 1970؛ وكانت هذه المحطة تجسيد وتطبيق لتقنية جديدة آنذاك تم تطويرها من قبل الولايات المتحدة الأمريكية، والتقطت المملكة هذه التقنية عن طريق توقيع عقد مع الحكومة الأمريكية يقضي بتطوير وتنفيذ التقنية (التبخر السريع متعدد المراحل). وقدر إنتاج المحطة (05) مليون جالون/اليوم.

2) سنة (1972): خلال هذه السنة، تم تطوير إدارة التحلية وإسناد مهامها إلى وكالة الوزارة لشؤون تحلية المياه المالحة. وكان السبب وراء اتخاذ هذا الإجراء هو توسع أعمال المشاريع الجديدة وأعمال التشغيل والصيانة للمحطات القائمة، وذلك بهدف الإشراف المباشر على دراسة تصاميم المحطات وتشغيلها وصيانتها.

3) سنة (1973): بدأ العمل في تنفيذ المرحلة الأولى لمحطة الخبر (لإنتاج المياه فقط)، وقدرت طاقتها الإنتاجية بـ (7.5) مليون جالون/ اليوم. وكانت موجهة لتغذية العديد من المدن بالمياه المحلاة (الخبر، الدمام، سيهات، صفوي، القطيف، رحمة ومطار الظهران).

4) سنة (1974): بعد سنة من إنشاء محطة الخبر الأولى، ورغبة من وكالة الوزارة في تسهيل أعمالها وتطوير أنظمتها لمواكبة متطلبات الخطة الخمسية الأولى بإنشاء مزيد من المحطات. قامت بالعديد من المكاتبات مع اللجنة العليا للإصلاح الإداري ورئاسة مجلس الوزراء بخصوص الموافقة على تحويل الوكالة إلى مؤسسة عامة.

وبالفعل تم إنشاء المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة سنة 1974، لتكون المؤسسة ذات الأهمية الإستراتيجية في الإشراف على برنامج التحلية في المملكة.

لقد بدا دور المؤسسة العامة واضحا للغاية إبان السيول التي اجتاحت شمال جدة، وأثرت على أنابيب نقل المياه؛ فما كان على المؤسسة إلا جلب (03) وحدات تحلية حرارية صغيرة من شركة كروب الألمانية سنة 1975، وتم تركيبها في موقع بمحطة جدة.

وبدأ نشاط المؤسسة يأخذ مجراه خاصة مع تعاقدها على جلب وحدات تحلية جاهزة للتركيب تعمل بالتناضح العكسي وبمولدات الديزل. واعتبرت أكبر وحدات تناضح عكسي لتحلية مياه البحر، والأولى من نوعها في العالم في ذلك الوقت.

لقد تم إنشاء فرع للمؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة بالساحل الشرقي جنوب مدينة الخبر. وساهم ذلك في التوسع في إنشاء المحطات على الساحل الشرقي، وكانت محطة الخفجي هي الثانية على ساحل البحر الأحمر ثم توالت عملية الإنشاء لمحطات أملج، جدة (المرحلة الأولى والثانية) وتنوعت التقنيات التي اعتمد عليها.

وتعتبر محطة جدة (المرحلة الثانية)، هي أول مشروع للمؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة بعدما أسند إليها أعمال التشغيل والصيانة.

5) سنة (1978): تم تشغيل أول محطة تعمل بتقنية التناضح العكسي في جدة بجوار محطة جدة المرحلة الأولى. وبدأ إنتاجها في نفس السنة، وكانت محطة أحادية الغرض (إنتاج المياه العذبة فقط). ووصلت سعة هذه المحطة التصديرية إلى (12,120م^3) من المياه العذبة يوميا.

ثم تبع ذلك، إنشاء محطات أخرى: الوجه (المرحلة الثانية)؛ ضبا (المرحلة الثانية)؛ محطة فرسان؛ جدة (المرحلة الثانية)؛ حقل1؛ ينبع- المدينة المنورة؛ رابغ...الخ.

6) سنة (1982): تم افتتاح محطة الجبيل- المرحلة الأولى-، وهي المرحلة التاسعة عشر في الترتيب بالنسبة لبرنامج المؤسسة لإنشاء محطات تحلية المياه المالحة. وقد بدأ تشغيل وإنتاج هذه المحطة سنة 1982، وكانت محطة مزدوجة الغرض لإنتاج المياه العذبة وتوليد الطاقة الكهربائية.

في نفس السنة، قامت المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة بتأسيس مركزين للتدريب، أحدهما في الجبيل والآخر في جدة. وقد تم دمج نشاط المركزين بمركز التدريب الجبيل سنة 1987.

وكان الهدف من وراء إنشاء مثل هذه المراكز، هو تشغيل وصيانة محطات التحلية بأيد وطنية متمكنة لذلك كان لا بد من التأهيل والتدريب والتطوير لهذه الكوادر.

7) سنة (1983): تم افتتاح محطة الجبيل- المرحلة الثانية-، وذلك لإمداد مدينة الرياض بالمياه المحلاة، وتشمل (40) وحدة. السعة التصديرية لكل منها (20,379.6م^3) من المياه العذبة يوميا؛ وهي محطة مزدوجة الغرض (لإنتاج المياه العذبة وتوليد الطاقة الكهربائية)، وتعمل بطريقة التبخير الومضي متعدد المراحل ذي التدوير للمحلول الملحي.

ثالثا: الفترة الممتدة منذ نهاية ثمانينيات القرن العشرين إلى يومنا هذا

توالى إنشاء محطات أخرى لتكون المملكة واحدة من أكثر الدول في العالم توطينا لصناعة تحلية مياه البحر. وتضم في جنباتها العديد من المحطات الكبرى التي تعمل على إنتاج المياه المحلاة وتوليد الطاقة الكهربائية في الوقت ذاته.

لقد ساهمت المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة في تحقيق أهداف إستراتيجية للمملكة في ظل الرؤية الحصيفة التي انتهجتها خاصة مع تبنيها لخيار الاعتماد على الكوادر السعودية في تشغيل وصيانة محطات التحلية.

وتحصي المملكة اليوم أكثر من (30) محطة لتحلية مياه البحر تنتشر على ساحلي البحر الأحمر والخليج العربي. وتنتج كمية مياه تصل إلى أكثر من (05) مليون م^3/اليوم إلى جانب توليد الطاقة الكهربائية. ويتوقع أن يتزايد إنتاج المملكة في العقود المقبلة خاصة مع المواكبة الدقيقة التي تقوم بها المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة لمختلف التطورات في تقنيات التحلية، وسلسلة البحوث والدراسات التي تجريها المعاهد التابعة لها.

2.2.2.3. دوافع اللجوء لتحلية مياه البحر

لم يكن لجوء المملكة لتحلية المياه المالحة في أوائل القرن العشرين، مجرد تجربة لمعرفة خفايا هذه التقنية واكتشاف معالمها. لكنه كان توجه فرضته جملة من الدوافع المرتبطة بالجغرافية المائية للمملكة من جهة، وبطبيعة وخصائص صناعة التحلية من جهة أخرى.

وبالنسبة لدوافع صناعة التحلية، فهي دوافع مشتركة بين جميع الدول التي اعتمدت هذا البديل غير التقليدي كما هو الحال في الجزائر تحديدا (تم التطرق لها في حالة الجزائر في المبحث الأول)؛ أما ما تعلق بالدوافع المرتبطة بالجغرافية المائية للمملكة، فيمكن حصرها في الجوانب التالية:

أولا: الامتداد الكبير للصحراء

تعد المملكة بلدا صحراويا جافا نظرا لموقعها ضمن الحزام الجاف وشبه الجاف من العالم؛ هذه الصحراء التي رسمت ملامح الخريطة الطبيعية للمملكة، ومن ثم جغرافيتها المائية. ويظهر تأثير سيادة الطابع الصحراوي أراضي المملكة في مواردها المائية من جانبين:

1) المناخ: انعكست الأرض الصحراوية للمملكة على مناخها العام ليسود المناخ الصحراوي جل أقاليم المملكة في جميع الفصول. وهذا ما جعل الحرارة والجفاف أكثر مميزات هذا المناخ، مقابل قلة الهطول المطري بل وانعدامه في بعض أقاليم المملكة.

الأمطار التي تغذي المجاري المائية السطحية (الوديان والأنهار) من ناحية، وتسهم في تعبئة المياه الجوفية (المتجددة وغير المتجددة) من ناحية أخرى. لذلك تفتقر المملكة إلى مجاري مائية سطحية دائمة، والموجود منها هي مجاري متقطعة وكاذبة.

2) استنزاف وملوحة المياه الجوفية: كان للمناخ الصحراوي وقلة الهطول المطري، أثرا سلبيا على المياه الجوفية المتجددة وغير المتجددة في المملكة. كما نعلم أن القسم الأكبر من المياه التي تزود المملكة بما تحتاجه هي مياه جوفية، وخاصة غير المتجددة منها.

وشهدت العقود الأخيرة استهلاكا مفرطا لهذه الموارد دون مراعاة لخصائصها الجيولوجية (مدة تجددها). وكان السحب جائرا ومفرطا لدرجة أثر كثيرا في كمية ونوعية هذه الموارد التي تمثل المخزون الاستراتيجي بالنسبة للمملكة.

لم تراع الجهات المستغلة لآلاف الآبار في أقاليم المملكة لخصائصها في ظل غياب قوانين رادعة تضبط حفرها والاستفادة منها. لذلك، تشير بعض الإحصائيات الواردة عن جهات ذات صلة أن عددا كبيرا جدا من الآبار استنزفت تماما وما لم تتخذ الإجراءات اللازمة حيال ذلك، سوف تشهد باقي الآبار نفس النهاية المأساوية.

وترتبط بهذا الجانب، أيضا نوعية مياه الآبار حيث الضخ الجائر أثر على نوعيتها ورفع من درجة ملوحتها مما جعل المتوفر منها في جزء كبير من أقاليم المملكة غير قابل للاستهلاك الآدمي، وهذا ما استدعى تعديل ملوحتها عن طريق تحليتها.

ثانيا: طول سواحل المملكة

كان لسواحل المملكة الممتدة على طول (2,330كلم)؛ الساحل الغربي (البحر الأحمر) والساحل الشرقي (الخليج العربي)، دافعا قويا لتبني خيار تحلية مياه البحر؛ هذا المورد الطبيعي (الساحل)، الذي يعد المحدد الأساسي لتوطين صناعة التحلية في أي بلد، وقد أسهم بدرجة كبيرة في نجاح تجربة المملكة كدولة رائدة عالميا.

ثالثا: مصادر الطاقة والتمويل

تعد الطاقة أحد المدخلات الرئيسية لقيام صناعة تحلية مياه البحر، وتمثل نسبة كبيرة من تكاليف التشغيل؛ والمملكة دولة نفطية وغازية مائة في المائة، وتتوفر على كميات هائلة من الاحتياطات النفطية (الأولى عالميا)، والاحتياطات الغازية (الثالثة عالميا). وما يميز مواردها النفطية تحديدا أنها سهلة الاستخراج وذات تكاليف منخفضة لقربها من السطح، وهذا ما يميز جودة النفط السعودي.

وتستخدم محطات التحلية في المملكة الطاقة الأحفورية بشكل كلي لإنتاج المياه المحلاة وتوليد الطاقة الكهربائية في الوقت ذاته. بدءا من ضح ماء البحر وصولا إلى توزيع الماء المحلى لأقاليم المملكة عبر سلسلة من خطوط الأنابيب المتوفرة.

وتعد الصادرات النفطية في المملكة، المصدر الأساسي للعوائد المالية والمحرك الرئيسي لاقتصادها. وهذا ماكان له دورا محوريا في توفير الأموال الضرورية لقيام صناعة التحلية التي تتطلب رأس مال مستثمر ضخم لتشييد محطات التحلية، واستيراد تقنياتها بكافة تجهيزاتها التي لا تزال حكرا على دول متقدمة بعينها (الولايات المتحدة الأمريكية، اليابان، كوريا الجنوبية...الخ).

رابعا: تغير أنماط الاستهلاك

على غرار باقي الدول العربية، يتزايد السكان في المملكة بمعدل سنوي (1.8%)؛ وهو معدل مرتفع نسبيا إذا ما قورن بالمعدلات السائدة في الدول المتقدمة. وما يميز التوزيع السكاني في المملكة، أن نسبة كبيرة من السكان هم أجانب. وهذا ما خلق اختلاف في احتياجاتهم المائية انطلاقا من أنماط استهلاكهم خصوصا الأغذية. مقابل ذلك، انتقلت بعض الطباع لسكان المملكة كما هو حال دول الخليج العربي التي يقبل أفرادها على استهلاك المنتجات الحيوانية (اللحوم، الأجبان...الخ) ذات الاستهلاك الواسع للمياه.

إلى جانب الممارسات اللامسؤولة للسكان في ظل حياة الرفاهية التي أضحت تميز بعض أقاليم المملكة، والتي نتج عنها استخدام مفرط للمياه دون مراعاة لكميتها وخاصة ما ارتبط بري الحدائق وغسيل السيارات التي أصبحت عادة لدى الكثيرين.

وقد كان للدعم المرتفع الذي تقدمه المملكة لخدمات التزود بمياه الشرب والطاقة، الأثر السلبي في توجهات المستهلكين وعدم تقيدهم واحترام قيمة الماء كسلعة اجتماعية قبل أن تكون سلعة اقتصادية (هذا المفهوم غائب في القواميس الاقتصادية العربية).

خامسا: نمو قطاع الخدمات (السياحة تحديدا)

عرف قطاع الخدمات في المملكة، نموا معتبرا خلال العقدين الأخيرين في إطار الإستراتيجية الوطنية للمملكة القائمة على تنويع مصادر الدخل القومي بدل الاعتماد على القطاع النفطي الذي سينضب أكيد ذات يوم. ويعد قطاع السياحة من القطاعات الخدمية الرائدة في المملكة، والتي باتت صناعة جاذبة للعديد من المستثمرين الأجانب في ظل التسهيلات التي منحتها المملكة.

وتستهلك السياحة كميات هائلة من المياه، تظهر بشكل كبير في الفنادق والمنتجعات السياحية التي تتوفر على أحواض السباحة إلى جانب المرافق الترفيهية التي صارت سمة بارزة في دول الخليج العربي بما فيها المملكة. وربما السياحة الدينية في المملكة، واحدة من أنجح وأهم أنواع السياحة التي تدر دخلا مهما للمملكة. وفي الوقت ذاته، تتطلب توفير كميات هائلة من الموارد المائية لتلبية متطلبات السياح (الحجاج والمعتمرين خصوصا).

ورغم أنه لا توجد إحصائيات دقيقة حول الاستخدام السياحي للمياه في المملكة إلا أن المؤكد أن هذه النسبة ترتفع يوما بعد يوم في الوقت الذي تتراوح فيه النسبة على المستوى العالمي بين (02%) و(03%).[1]

3.2.3. خريطة تحلية مياه البحر في المملكة العربية السعودية

على مدار نصف قرن من الزمن، تمكنت المملكة من توسيع خبرتها في تحلية المياه المالحة (مياه البحر ومياه الآبار المالحة). وأسست لصناعة قائمة بذاتها، تتوفر على مقومات هائلة جعلت خريطة تحليتها تضم أكبر محطات التحلية في العالم؛ هذه المحطات، التي تستخدم التقنيات الحرارية والغشائية على حد سواء، وتنتج كميات هائلة من المياه المحلاة والطاقة الكهربائية.

وتعد المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة، المسئول الرئيسي عن برنامج التحلية في المملكة؛ والقسم الأكبر من إنتاج المملكة (أكثر من 04 مليون م^3/ اليوم)، يأتي من المحطات التابعة للمؤسسة؛ فيما النسبة الباقية (أكثر من01 مليون م^3/ اليوم)، تأتي من المحطات التابعة لوزارة المياه والكهرباء.

الجدول رقم (30.3): محطات التحلية التابعة للمؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة

اسم المحطة	نوع التقنية	السعة (م^3/اليوم)	اسم المحطة	نوع التقنية	السعة (م^3/اليوم)
الجبيل1	MSF	118,447	جدة3	MSF	75,987
الجبيل2	MSF	815,185	جدة4	MSF	190,555
الجبيل تناضح عكسي	RO	78,182	جدة تناضح 1	RO	48,848
مرافق الجبيل	MSF	00	جدة تناضح 2	RO	48,848
الخبر2	MSF	191,780	ينبع1	MSF	94,625
الخبر3	MSF	240,800	ينبع2	MSF	120,096
الخفجي	MSF	19,682	ينبع تناضح عكسي	RO	106,904
حقل	RO	3,784	الشعيبة 1	MSF	191,780
ضبا	RO	3,784	الشعيبة 2	MSF	390,909
الوجه 3	RO	7,740	الشعيبة 3	MSF	880,000
أملج 2	MED	3,784	توسعة الشعيبة 3	RO	150,000
أملج 3	RO	7,740	الشقيق 1	MSF	83,432
رابغ 2	MED	15,480	الشقيق 2	RO	212,000
العزيزية	MSF	3,870	فرسان 2	MED	7,740
البرك	MED	1,950	القنفذة1	MED	7,740
المجموع		**4,129,414**	الليث1	MED	7,740

المصدر: لجنة الموارد المائية (مجلس التعاون لدول الخليج العربي)، **تحلية المياه المالحة في دول مجلس التعاون لدول الخليج العربية–تاريخها وحاضرها ومستقبلها–**، الإصدار الثاني، المملكة العربية السعودية، 2014، ص:18.

[1]. الرئاسة العامة للأرصاد وحماية البيئة، **تقرير حالة البيئة في المملكة العربية السعودية 1434هـ/2013م**، مسودة أولى، المملكة العربية السعودية، 2013، ص:183.

من خلال قراءة معطيات الجدول، نجمل الملاحظات التالية:

1) تسيطر تقنية (MSF) على نسبة (48.39%) من التقنيات المعتمدة في محطات التحلية التابعة للمؤسسة بإنتاج يومي يعادل (3,428,758م^3)، تليها تقنية (RO) بنسبة (32.26%) وبإنتاج يومي يعادل (658,086م^3). وأخيرا تقنية (MED) بنسبة (16.13%) وبإنتاج يومي يعادل (42,570م^3)؛

2) تستحوذ محطات الجبيل (2،1 تناضح عكسي) والشعيبة (3،2،1توسعة الشعيبة) على أكبر حصة إنتاج من المياه المحلاة بمجموع (1,011,814م^3) و(1,612,689م^3) على التوالي من إنتاج المؤسسة؛

3) تستخدم تقنية (MED) في المحطات الصغيرة والمتوسطة الحجم التي تتراوح سعاتها الإنتاجية بين (1,950م^3) و(15,480م^3) في اليوم.

الجدول رقم (31.3): محطات التحلية التابعة لوزارة الكهرباء والمياه

المنطقة	نوع التقنية	السعة (م^3/اليوم)
الرياض	RO	1,042,777
مكة المكرمة	RO	44,000
المدينة المنورة	RO	20,800
القصيم	RO	296,439
المنطقة الشرقية	RO	45,320
عسير	RO	13,050
تبوك	RO	-
حائل	RO	60,100
الحدود الشمالية	RO	34,500
جازان	RO	25,000
نجران	RO	2,600
الساحة	RO	12,000
الجوف	RO	124,300
الإجمالي	**-**	**1,720,886**

المصدر: لجنة الموارد المائية (مجلس التعاون لدول الخليج العربية)، **تحلية المياه المالحة في دول مجلس التعاون لدول الخليج العربية-تاريخها وحاضرها ومستقبلها-**، الإصدار الثاني، المملكة العربية السعودية، 2014، ص ص:17-18.

من خلال قراءة معطيات الجدول، نلاحظ أن جميع المحطات التابعة لوزارة المياه والكهرباء والموزعة عبر أقاليم المملكة تستخدم تقنية (RO). وتسجل منطقة الرياض أعلى نسبة (60.60%) بإنتاج يومي يعادل (1,042,777 م^3) تليها منطقة القصيم بنسبة (17.23%) وبإنتاج يومي يعادل (296,439 م^3) ثم الجوف بنسبة (7.22%) وبإنتاج يومي يعادل (124,300 م^3)، فيما تتقاسم باقي المناطق النسبة المتبقية (مع الإشارة إلى أن المحطات التابعة لوزارة المياه والكهرباء تشمل حتى المياه قليلة الملوحة).

وتشير أحدث الإحصائيات الصادرة عن الجهات الرسمية في المملكة (المتحدث الرسمي للمؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة)، أن المملكة لا زالت تتبوأ مركز الريادة حيث تنتج (6.6) مليون م^3 مياه محلاة يوميا وبنسبة (22%) عالميا، و(54%) خليجيا حسب إحصائيات سنة2015.[1]

وتمتلك المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة (28) محطة كما تمت الإشارة إليه سابقا، فيما هناك محطات تابعة للقطاع الخاص. ويتوقع دخول العديد من المحطات حيز الخدمة في السنوات القادمة.

الجدول رقم (32.3): تواريخ التشغيل المتوقعة لمشاريع محطات التحلية خلال الفترة (2017–2030)

اسم المحطة	الطاقة التصميمية (10^3م^3/اليوم)	التقنية المعتمدة	السنة
الجبيل(3)	1,500مياه 3,000كهرباء	RO+MSF	2020
رابغ(3)	600	RO	2020
ينبع(3)	450	RO	2020
أملج(4)	15	RO	2019
جدة(4)	400	RO	2019
العقير	10	RO	2018
ضبا(4)	09	RO	2017
حقل(3)	09	RO	2017
الوجه(4)	09	RO	2017
المشاريع المستقبلية خلال الفترة (2020- 2030)			
الشعيبة(4)	850	ضبا(5)	12
الشقيق(3)	325	حقل(4)	7.5
الخبر(4)	775	جدة(5)	400
رابغ(4)	600	رأس الخير(2)	1,000
ينبع(5)	400		

المصدر: عثمان أحمد حمد، **تحلية مياه البحر بالطاقة الشمسية**، العدد 67، مجلة التحلية، المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة، المملكة العربية السعودية، 2015، ص:95.

من خلال قراءة معطيات الجدول، نلاحظ أن هناك محطات ذات سعات كبيرة تم برمجة انجازها في السنوات القادمة، وهي متنوعة من حيث سعة الانتاج. وهذا ما سيمنح المملكة فرصة لزيادة إنتاجها والمحافظة على ريادتها على المستوى العالمي، وستكون محطتي الجبيل(3) و رأس الخير(2) أكبر المحطات سعة كما أن أغلب المحطات ستعمل وفق تقنية (RO).

4.2.3. سيرورة عملية إنتاج الماء المحلى في المملكة العربية السعودية

تنتج المملكة ملايين الأمتار المكعبة من المياه المحلاة يوميا أهلتها لتكون أول منتج لهذه المياه على المستوى العالمي، وتستخدم تقنيات التحلية بنوعيها الحرارية والغشائية.

[1]. عثمان أحمد حمد، **تحلية مياه البحر بالطاقة الشمسية**، مجلة التحلية، العدد 67، المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة، المملكة العربية السعودية، 2015، ص:11.

وما يميز تجربة المملكة في هذا الجانب، هو تنوع الشركات المرخص لها بإنتاج المياه المحلاة فضلا عن دخول القطاع الخاص حلبة المنافسة على هذه الصناعة.

1.4.2.3. قدرات إنتاج المياه المحلاة في المملكة العربية السعودية

يوضح الجدول أدناه، إنتاج المياه المحلاة في المملكة للفترة الممتدة بين (2004- 2013).

الجدول رقم (33.3): كمية المياه المحلاة حسب محطات التحلية خلال الفترة (2004– 2013) (الوحدة:1,000م^3/اليوم)

	الجبيل	الخبر	ينبع	جدة	الخفجي	الشعيبة	الشقيق	المحطات الأخرى	المجموع
2004	399,195	192,930	114,743	146,234	7,052	227,154	38,632	9,463	1,085,403
2005	370,197	147,189	117,359	136, 377	7,114	234,268	37,536	9,444	1,059,484
2006	387,170	152,190	114,581	140,352	7,449	230,774	37,152	9,322	1,078,990
2007	385,879	159,643	115,420	148,896	7,675	229,284	36,693	9,453	1,092,943
2008	398,949	146,878	119,493	151,231	7,630	232,071	36,403	9,62	1,102,117
2009	404,723	148,687	119,115	135,377	7,168	148,779	41,909	16,451	1,022,209
2010	334,432	152,139	118,408	132,734	7,819	100,177	150,000	23,045	883,754
2011	375,884	141,855	113,242	136,237	7,750	131,737	2,208	23,809	932,722
2012	380,990	144,514	122,765	132,226	8,023	170,274	15,134	23,307	997,233
2013	388,028	129,703	136,185	163,639	8,032	176,699	28,576	24,297	1,055,159

المصدر: مصلحة الإحصاءات والمعلومات،**كمية المياه المحلاة حسب محطات التحلية (2004–2013)**، فصل:الطاقة والمياه، الكتاب الإحصائي السنوي، العدد50، المملكة العربية السعودية، 2014، ص:01.

من خلال قراءة معطيات الجدول، نجمل الملاحظات التالية:

1) خلال الفترة (2004- 2009)، عرف إنتاج المملكة من المياه المحلاة تذبذبا واضحا (انخفاضا وارتفاعا) لكنه ظل عند سقف (المليار م^3) وأكثر. وسجلت سنة 2008، أعلى إنتاج بكمية تجاوزت (مليار و100ألف م^3) من الماء المحلى حيث انخفض الإنتاج سنتي (2005) و(2006) ليعاود الارتفاع سنتي (2007) و(2008) على التوالي؛

2) خلال الفترة (2010- 2013)، انخفض الإنتاج في المملكة إلى مادون (المليار م^3) إذا ما استثنينا سنة 2013 حيث انخفض الإنتاج إلى (800 مليون و200 ألف م^3). ويرجع سبب الانخفاض خلال هذه الفترة إلى إيقاف وتخفيض إنتاج بعض الوحدات في محطات (الشعيبة ، الشقيق و الجبيل)؛

3) تحتل محطة الجبيل المرتبة الأولى في إنتاج المياه المحلاة في المملكة حيث سجلت سنة 2009 أكبر حصة إنتاج سنوي (404,723×10^{6}م^3)، وظلت المحطة محافظة على ريادتها على مدار السنوات رغم التذبذب الذي شهده الإنتاج من سنة إلى أخرى ارتفاعا وانخفاضا. تليها محطات الشعيبة، الخبر، جدة وينبع التي تجاوز إنتاجها السنوي (100×10^{6}م^3) لكل واحدة منها، وكانت محطة الشعيبة قد تجاوزت عتبة (200 ×10^{6}م^3) خلال الفترة (2004- 2008) ليشهد الإنتاج السنوي تراجعا خلال السنوات اللاحقة؛

4) سجلت محطتي الخفجي والشقيق مستويات إنتاج سنوي أقل مقارنة بباقي المحطات؛ والخفجي هي أقل إنتاجا على مدار الفترة (2004- 2013)، حيث لم يتجاوز الإنتاج عتبة ($8,032\times10^3$ م^3) الذي سجل سنة 2013. مقابل ذلك، سجلت المحطات الأخرى حجم إنتاج ضئيل نسبيا.

الجدول رقم (34.3): قدرات إنتاج المياه المحلاة للكيانات المرخص لها بنشاط تحلية المياه والإنتاج المزدوج

الكيان المرخص له	عدد المحطات	قدرة إنتاج المياه المحلاة (م^3/اليوم)
المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة	16	3,667,854
شركة الجبيل للمياه والكهرباء	01	805,464
شركة الشعيبة للمياه والكهرباء	01	888,000
شركة تهامة لتوليد الطاقة المحدودة	04	-
شركة مرافق الكهرباء والمياه بالجبيل وينبع	01	201,360
شركة الشقيق للمياه والكهرباء	01	212,000
شركة الزيت العربية السعودية(أرامكو/السعودية)	01	-
شركة رابغ العربية للمياه والكهرباء	06	192,000
شركة الجبيل للطاقة	01	-
شركة مشروع توسعة الشعيبة	01	150,000
شركة بوارج الدولية لتحلية المياه المعدودة	02	50,000
المجموع	**35**	**6,166,678**

المصدر: هيئة تنظيم الكهرباء والإنتاج المزدوج، **نشاطات الهيئة وانجازاتها خلال السنة المالية (1435/1434هـ)**، المملكة العربية السعودية، 2014، ص:96.

من خلال قراءة معطيات الجدول، نجمل الملاحظات التالية:

1) تنوع الكيانات المرخص لها بنشاط تحلية المياه والإنتاج المزدوج، وتأتي المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة كأفضل كيان من حيث عدد محطات الإنتاج (16محطة) بطاقة إنتاج يومي تعادل (3,667,854 م^3)؛

2) تأتي شركة الشعيبة للمياه والكهرباء، وشركة الجبيل للمياه والكهرباء في المرتبة الثانية والثالثة من حيث كمية الإنتاج بـ (888,000 م^3) و(805,464 م^3) على التوالي، وكل منهما تضم محطة واحدة؛

3) لا تتوفر بيانات عن شركات (تهامة لتوليد الطاقة المحدودة) التي تضم (04) محطات، وشركة أرامكو السعودية وشركة الجبيل للطاقة بمحطة واحدة لكيليهما؛ وهذا ما يعني أن قدرة إنتاجهما للمياه المحلاة سوف تسهم في زيادة الكمية اليومية المنتجة في المملكة مقارنة بالحالية (6,166,678 م^3)؛

وحسب هيئة تنظيم الكهرباء والإنتاج المزدوج، فإن كمية المياه المحلاة التي تم إنتاجها من قبل الكيانات المرخص لها للسنة المالية (2014/2013) بلغت (1,775) مليون م^3.

إن إنتاج المياه المحلاة في المملكة لم يعد حكرا على المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة بل تجاوز ذلك لفتح المجال للقطاع الخاص. وهذا ما كان له تأثير ايجابي في دعم قدرات التحلية في المملكة خاصة مع تنوع الشركاء وامتلاكهم لمؤهلات تقنية وبشرية معتبرة. ومع ذلك، تبقى المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة أهم منتج وموزع للمياه المحلاة، والمشرف الرئيسي على صناعة التحلية في المملكة.

الجدول رقم (35.3): الإنتاج المزدوج (المياه المحلاة وتوليد الكهرباء)

الجهة المرخص لها	الموقع	سعة الإنتاج		
		كهرباء (ميجاواط)	مياه ($م^3$/يوم)	بخار (طن/ساعة)
المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة	جميع أنحاء المملكة	5,018	2,991,577	
شركة الجبيل للطاقة	الجبيل الصناعية	250		510
شركة تهامة لتوليد الطاقة	رأس تنورة والعثمانية وشدقم والجغيمة	16,431		6,775
شركة الشعيبة للمياه والكهرباء	الشعيبة	1,191	888,000	
شركة الشقيق للمياه والكهرباء	الشقيق	1,020	212,000	
شركة الجبيل للمياه والكهرباء	الجبيل	2,875	805,464	
شركة رابغ العربية للمياه والكهرباء	رابغ	600	192,000	4,230
أرامكو السعودية	الرياض- بقيق- القطيف- الخرسانية- بري- ينبع	1,189		2,859
شركة مرافق الكهرباء والمياه بالجبيل وينبع (مرافق)	ينبع	1,589	150,960	

المصدر: هيئة تنظيم الكهرباء والإنتاج المزدوج، **نشاطات الهيئة وانجازاتها خلال السنة المالية (1435/1434هـ)**، المملكة العربية السعودية، 2014، ص:108.

من خلال قراءة معطيات الجدول، نلاحظ أنه من مجموع (09)كيانات مرخص لها بالإنتاج المزدوج (06) منها فقط تنتج المياه المحلاة وتولد الكهرباء. وتأتي في مقدمتها، المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة بإنتاج يومي للمياه والكهرباء يعادل (2,991,577م^3) و(5,018) ميجاواط ساعي على التوالي تليها شركة الشعيبة للمياه والكهرباء ثم شركة الجبيل للمياه والكهرباء. فيما شركة أرامكو السعودية، وشركة الجبيل للطاقة وشركة تهامة لتوليد الطاقة تقوم بإنتاج الكهرباء والبخار.

كما نلاحظ أن المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة تستهدف جميع أقاليم المملكة. مقابل ذلك، يقتصر إنتاج الشركاء الآخرين على بعض أقاليم المملكة. وهذا ما يجعل المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة تحافظ على ريادتها كأهم هيكل مؤسسي لقطاع التحلية في المملكة.

ويجدر التنويه، أن خاصية الإنتاج المزدوج (الماء المحلى والطاقة الكهربائية) تختص بها فقط المحطات الحرارية، وهي الخاصية الملازمة لعدد من المحطات التابعة للمؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة وعدد آخر من محطات الشركاء الآخرين.

أما بالنسبة للكيانات المرخص لها إنتاج المياه المحلاة، فتتوزع كمايلي:

الجدول رقم (36.3): الكيانات المرخص لها تحلية مياه البحر

	الجهة المرخص لها	الموقع	سعة الإنتاج (م^3/اليوم)
01	شركة مشروع توسعة الشعيبة	الشعيبة	150,000
02	بوارج الدولية لتحلية المياه المحدودة	الشعيبة	50,000
03	المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة	عدد من المواقع الساحلية	983,777
04	شركة مرافق الكهرباء والمياه بالجبيل وينبع (مرافق)	ينبع	299,200
05	شركة الفتح العالمية لمزاولة نشاط تحلية مياه البحر	الجبيل	75,000
06	شركة كنداسة لخدمات المياه	جدة	63,000

المصدر: هيئة تنظيم الكهرباء والإنتاج المزدوج، **نشاطات الهيئة وانجازاتها خلال السنة المالية (1435/1436هـ)**، المملكة العربية السعودية، 2014، ص:136.

من خلال قراءة معطيات الجدول، نلاحظ أن المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة تنتج أكبر كمية من المياه المحلاة بـ (983,777) م^3/اليوم، تليها شركة مرافق الكهرباء والمياه بالجبيل وينبع بـ (299,200) م^3/اليوم فيما تتراوح الكمية بالنسبة لباقي الكيانات بين (50,000م^3/اليوم) و(150,000م^3/اليوم).

وتتولى عدة جهات نقل الكهرباء ومياه البحر المحلاة وتوزيعها لمناطق المملكة.

الجدول رقم (37.3): نقل الكهرباء ومياه البحر المحلاة

	الجهة المرخص لها	الموقع	النوع
01	شركة مشروع توسعة الشعيبة	جميع أنحاء المملكة	نقل الكهرباء
02	شركة مرافق الكهرباء والمياه بالجبيل وينبع (مرافق)	الجبيل وينبع	نقل الكهرباء
03	المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة	جميع أنحاء المملكة	نقل مياه البحر المحلاة

المصدر: هيئة تنظيم الكهرباء والإنتاج المزدوج، **نشاطات الهيئة وانجازاتها خلال السنة المالية (1435/1436هـ)**، المملكة العربية السعودية، 2014، ص:136.

من خلال قراءة معطيات الجدول، نلاحظ أن المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة هي المسئولة عن نقل مياه البحر المحلاة لجميع أنحاء المملكة انطلاقا من محطات الإنتاج إلى نقاط التوزيع حيث تتولى مديريات المياه والصرف الصحي (التابعة لوزارة المياه والكهرباء)، وشركة المياه الوطنية توزيعها على المستهلكين في مختلف المدن والقرى. فيما تتولى شركة مشروع توسعة الشعيبة، نقل الكهرباء لجميع أنحاء المملكة فيما يقتصر نشاط شركة مرافق نقل الكهرباء لمدينتي الجبيل وينبع.

الجدول رقم (38.3): التصدير الفعلي من المياه المحلاة للجهات المستفيدة

محطات الساحل الغربي		
	الكمية (مليون م^3)	الجهة المستفيدة
محطات الشعيبة	177	مكة المكرمة، جدة والطائف
محطات جدة	186.4	جدة
محطات ينبع	139.4	المدينة المنورة، ينبع والمحافظات الواقعة على مسار خط الأنابيب
محطة الشقيق	30	عسير وجازان
المحطات الصغيرة	243	المحافظات التي تقع فيها هذه المحطات
محطات الساحل الشرقي		
محطات الجبيل	370.4	الرياض، القصيم والجبيل
محطات الخبر	118	المنطقة الشرقية والأحساء
محطة رأس الخير	7.7	الخفجي
	54.1 (الجزء المستغل منها)	الرياض في الوقت الحالي

المصدر: المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة، **التقرير السنوي (1435/1436هـ)** ، المملكة العربية السعودية، 2014، ص:20.

من خلال قراءة معطيات الجدول، نلاحظ:

1) تعد محطات الساحل الغربي أكثر المحطات تصديرا للمياه المحلاة لمحافظات المملكة. وتأتي محطات جدة والشعيبة أولا بكمية (186.4) و(177) مليون م^3 على التوالي، إذا استثنينا المحطات الصغيرة التي يصل إنتاجها مجتمعة (243) مليون م^3؛

2) تأتي محطات الجبيل أولا في المياه المحلاة المصدرة بالنسبة لمحطات الساحل الشرقي بكمية (370.4) مليون م^3، ثم محطات الخبر بكمية (118) مليون م^3.

2.4.2.3. تقنيات التحلية المستخدمة في المملكة العربية السعودية

لازالت التقنيات الحرارية تحظى بالنصيب الأكبر في سوق التحلية في المملكة كما هو الحال في دول مجلس التعاون الخليجي جميعها. لكن هذا السوق، شهد دخول التقنيات الغشائية (خاصة RO) التي أضحت من التقنيات المنافسة لتقنية (MSF) أساسا.

1) تعتمد المملكة على التقنيات الحرارية في تحلية مياه البحر في جزء كبير من محطاتها العاملة (الساحل الشرقي والغربي)، وقسم كبير من محطاتها يستخدم أسلوب الإنتاج المزدوج.

لقد كان لوفرة موارد الطاقة (الرخيصة)، ولطبيعة مياه الخليج العربي والبحر الأحمر(ذات الملوحة المرتفعة نسبيا)، الدور الأساسي في تركيز المملكة على هذه التقنيات التي تتطلب كميات هائلة من الطاقة. وفي المقابل، تعطي مياه نقية جدا.

وتقنية (MSF)، هي التقنية الرائدة في المملكة من بين التقنيات الحرارية وتضم أراضي المملكة أكبر المحطات العاملة بهذه التقنية في العالم مقارنة بتقنية (MED) التي تستخدم في تحلية المياه قليلة الملوحة (مياه الآبار المالحة) بشكل أساسي.

وباعتماد هذه التقنيات، تمكنت المملكة من المواءمة بين محطات (MSF، RO ومحطة طاقة). وهذا ما أسهم في تحقيق منافع اقتصادية مهمة للمملكة كان أكثرها توليد الطاقة الكهربائية، وتعويض جزء من تلك المستهلكة.

2) لقد دخلت التقنيات الغشائية سوق التحلية في المملكة، وأصبحت منافسا قويا للتقنيات الحرارية وخاصة (RO) التي باتت تقنية مطلوبة ومرغوبة في المملكة، وتأتي ثانيا بعد (MSF).

وقد تمكنت المملكة من اعتماد هذه التقنية في جزء كبير من محطاتها العاملة، التي تتجاوز سعاتها اليومية ($100\times10^3 م^3$). ليكون سوق التحلية السعودي من أغنى الأسواق العالمية في مجال تنوع التقنيات المعتمدة وسعة الإنتاج اليومي.

لقد صار واضحا، أن التقنيات الغشائية أصبحت خيارا مفضلا لدى المملكة كما هو الحال في العالم أين تستحوذ تقنية (RO) على أكثر من (50%) من السوق. وكان لخصائص هذه التقنية والتحسينات المتلاحقة التي عرفتها دورا أساسيا في زيادة الإقبال عليها تحديدا في الدول التي تفتقد لموارد طاقوية كما هو الحال في بعض دول المتوسط إلى جانب التأثيرات البيئية لتقنيات التقطير واستهلاكها الكبير للطاقة الأحفورية في المملكة. رغم أن التقديرات، تشير إلى أن احتياطي المملكة من النفط يكفي لمائة عام قادمة وأكثر.

3) وبدأت التحلية المتجددة (باستخدام الطاقة المتجددة)، تأخذ حيزا لها على خريطة التحلية في المملكة في ظل توفر مقوماتها الطبيعية (الطاقة الشمسية) لتكون البداية مع محطة الخفجي.

وسطرت المملكة برنامجا طموحا لتحلية مياه البحر بالاعتماد على الطاقة الشمسية يمكن أن يسهم في تحقيق منافع اقتصادية وبيئية هامة للمملكة، إذا ما تم تنفيذ ومتابعة الإستراتيجية المخطط لها على الوجه الذي يراد له خاصة مع توفر الموارد المالية الضرورية لاستيراد هذه التقنية وتطويرها من ناحية، وتطور الأبحاث والدراسات المرتبطة بهذا الجانب في المملكة مع وجود معاهد متخصصة في هذا المجال من ناحية أخرى. والذي مكن المملكة من تكوين كوادر وطنية قادرة على تحريك عجلة التطور التقني، وتحسين مضامين البحوث التقنية مع وجود المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة، والدعم الذي تقدمه المملكة من أجل سعودة الوظائف.

3.3. قراءة لنقاط الاختلاف والتشابه بين الجزائر والمملكة العربية السعودية تبعا للجغرافية الطبيعية والمائية

تلتقي الجزائر والمملكة في نقاط عديدة فيما يرتبط بجغرافيتهما الطبيعية والمائية، سنستعرض في هذا الجانب أهم نقاط الاختلاف والتشابه بين البلدين معتمدين على المبحثين السابقين.

1.3.3. الجغرافية الطبيعية

تقع الجزائر والمملكة العربية السعودية، ضمن الحزام الجاف وشبه الجاف من العالم (باعتبارهما جزء من الوطن العربي) وتشتركان في عدة نقاط فيما يخص جغرافيتهما الطبيعية.

الجدول رقم (39.3): ملامح الجغرافية الطبيعية والسكانية للجزائر والمملكة العربية السعودية

	المملكة العربية السعودية	الجزائر
1) المساحة (كلم^2)	2,000,000	2,381,741
2) المناخ	صحراوي في أغلب مناطق المملكة.	صحراوي في (84%) من مساحة البلد، والباقي متوسطي.
3) التضاريس	جبال، تلال وكثبان رملية ومناطق ساحلية...الخ.	جبال، سهول، هضاب وأودية...الخ.
4) السكان (مليون نسمة)	30.7	40.9
5) طول السواحل (كلم)	2,330	1,200

المصدر: إعداد الباحثة بالاعتماد على محتوى المبحثين الأول والثاني.

من خلال قراءة معطيات الجدول، نجمل الملاحظات التالية:

1) تتقارب مساحة البلدين مع أفضلية نسبية للجزائر، والفارق بينهما لا يتعدى (400×10^3كلم) هذا من ناحية. ومن ناحية أخرى، اتساع هذه المساحة التي يميزها سيطرة الصحراء على القسم الأكبر ؛ (84%) فأكثر؛

2) يسود المناخ الصحراوي القسم الأكبر من مساحة البلدين، وهو في المملكة أشد حيث يكاد يغطي كل أراضيها طوال فصول السنة. مقابل ذلك، يسيطر هذا المناخ على القسم الجنوبي من أراضي الجزائر فيما يسيطر المناخ المتوسطي على القسم الشمالي؛

3) هناك تنوع في تضاريس البلدين، حيث تظهر المعطيات السابقة أن الجبال والسهول تغطي قسما لا بأس به من مساحة الجزائر خاصة في القسم الشمالي مقابل جبال وكثبان رملية في الجنوب؛ أما المملكة، فتتنوع تضاريسها لكن في غالبيتها صحراء وكثبان رملية، وتفتقر إلى سهول ووديان دائمة الجريان كما هو الحال في الجزائر؛

4) تمتد المملكة العربية السعودية على ساحلين: الساحل الغربي (البحر الأحمر) والساحل الشرقي (الخليج العربي) بطول (2,330كلم). مقابل ذلك، تمتد الجزائر على ساحل البحر المتوسط بطول (1,200كلم)؛ وهذا يبين أن سواحل المملكة أطول من سواحل الجزائر ؛ (2,130كلم)؛

5) بالنسبة لمؤشر عدد السكان، تشهد الجزائر نموا سكانيا أكبر مما هو عليه في المملكة العربية السعودية بأكثر من (10) ملايين نسمة، حسب آخر الإحصائيات المتوفرة.

وبالمحصلة، تتشابه الجغرافية الطبيعية للبلدين تشابها كبيرا خاصة من حيث سيطرة الصحراء على أراضيهما، وهذا ما كان له تأثير بين في مواردهما المائية العذبة بنوعيها الجوفية والسطحية.

2.3.3. الجغرافية المائية

سبق ووقفنا على جغرافية الموارد المائية في البلدين، ونحاول هنا تقديم مقاربة للواقع المائي لهما بشكل أكثر وضوحا أخذين بعين الاعتبار أهم المؤشرات المحددة له.

الجدول رقم (40.3): معطيات عامة للجغرافية المائية في الجزائر والمملكة العربية السعودية

مؤشرات عامة	المملكة العربية السعودية	الجزائر
الموارد المائية السطحية	1) لا توجد أنهار دائمة الجريان وأودية في المملكة، والموجود منها لا يجري إلا لفترة قصيرة؛	2) تحصي الجزائر عدة أودية وأنهار دائمة الجريان خاصة في شمال البلاد، وما هو موجود منها في القسم الجنوبي كاذب ويجري لفترات قصيرة جدا؛
	3) تتوفر المملكة على عدد كبير من السدود لكن سعاتها صغيرة ولا تخزن إلا ما يعادل (2.08) مليارم^3 وأزيد بقليل. ونظر لقلة الهطول في المملكة. فقد انعكس ذلك على طاقتها التخزينية؛	4) تتوفر الجزائر على عشرات السدود، تصل طاقتها التخزينية الحالية (7.3) مليارم^3. ويتوقع ارتفاع هذه الطاقة إلى (8.4) مليارم^3 عند انجاز السدود المخطط لها، وتتركز في شمال البلاد التي تشهد كمية هطول مرتفعة نسبيا التي انعكست على طاقتها التخزينية.
الموارد الجوفية	1) تتوفر المملكة على كميات هائلة من المياه الجوفية (بنوعيها المتجددة وغير المتجددة). وتعتمد عليها بشكل كبير في تغطية احتياجاتها المائية (الشرب والري). وتشير جل الدراسات أن الجزء الكبير من المياه الجوفية في المملكة قد تم استنفاذه، وما بقي منها غير متجددة وعلى أعماق بعيدة تتطلب تكاليف مرتفعة لاستغلالها؛	2) تعتمد الجزائر على المياه الجوفية بشكل أساسي في الجنوب. وقد شهدت أحواضها استنزافا كبيرا، وبعضها انتهت قيمته. لكن في شمال البلاد أيضا، هناك استغلال مفرط لهذا المورد الذي بات مهدد أكثر من أي وقت مضى في ظل غياب تشريعات صارمة لضبط ورصد كيفية استخدامها؛
	3) تراجع مناسيب المياه الجوفية بشكل كبير. وهذا راجع إلى: الضخ الجائر لها دون مراعاة معدل تجددها؛ تراجع الهطول الذي يسهم في تغذية أحواضها.	4) تراجع مناسيب المياه الجوفية كما هو حاصل في المملكة، وذلك بسبب: الاستغلال المفرط لهذه المياه خاصة في الجنوب، من أجل ضمان مياه الشرب وري المزارع؛ تذبذب الهطول، الذي صار ظاهرة متكررة في الجزائر.
	أثرت التغيرات المناخية التي عرفتها المملكة والجزائر في العقد الأخير في كمية المياه المتوفرة في البلدين بنوعيها (الجوفية والسطحية). وكان لدورات الجفاف التي ميزت البلدين أشد الأثر في تراجع كميتها فضلا عن نوعيتها كما لايمكن إهمال التطرفات المناخية (الفيضانات تحديدا) في غير أوقاتها، وما انجر عنها من مشاكل خاصة توحل السدود.	
مياه الصرف الصحي	1) تحصي المملكة عشرات المحطات لمعالجة مياه الصرف الصحي، والتي يستفاد منها في عملية ري الحدائق وغسل السيارات...الخ. وتشهد كمية المياه المعالجة ارتفاعا من سنة إلى أخرى، وتعكس خطط التنمية التسعة ذلك التوجه الذي سلكته المملكة.	2) على غرار المملكة، تتوفر الجزائر على عدد كبير من محطات الصرف الصحي. وتشهد كمية المياه المعالجة ارتفاعا من سنة إلى أخرى خاصة مع اعتماد البرامج التنموية التي اعتمدتها الجزائر مطلع الألفية الثالثة.
مياه البحر المحلاة	3) تعتمد المملكة على مياه البحر المحلاة في تغطية عجزها المائي (وتعد التحلية، من أهم المصادر غير التقليدية)، ولها دورا محوريا في توفير مياه الشرب لسكان المملكة خاصة بعد تراجع مناسيب المياه الجوفية. وتحصي المملكة عشرات المحطات الكبرى التي أهلتها لتكون المنتج الأول للمياه المحلاة في العالم، وبمساهمة (60%) في الميزان المائي الوطني.	4) لجأت الجزائر لتحلية مياه البحر، وأسست لذلك بداية لاعتماد هذا الأسلوب لتخفيض العجز المائي الذي بدا واضحا مع تزايد عدد السكان. وتتوفر الجزائر على (10) محطات في الخدمة (في انتظار دخول محطة المقطع حيز الخدمة وانطلاق انجاز محطتين). وتسهم المياه المحلاة في تغذية جزء كبير من الطلب على مياه الشرب بما نسبته (14%).
استخدامات الموارد المائية		
أولا: الطلب الزراعي: تستحوذ الزراعة على النصيب الأكبر من استخدام الموارد المائية في البلدين، وتكاد تتماثل النسبة بشكل كبير وتصل إلى		

أكثر من (70%) من حجم المياه الموجودة. 1) بالنسبة للمملكة، تراجعت في وقت معين عن زراعة بعض المحاصيل (القمح) ذات الاستهلاك الواسع للمياه لكنها اتجهت لزراعة الذرة من أجل توفير العلف للحيوانات، ذات الاستهلاك الكبير للمياه. وهذا ما يطرح تناقض. 2) تعد الجزائر منتج رئيسي لبعض المنتجات الغذائية، وقد زاد عدد النطاقات المروية بأنواعها (الصغيرة، المتوسطة والكبيرة) ليرتفع معها الطلب على المياه الزراعية بشكل كبير.
ثانيا: الطلب المنزلي: مع تزايد السكان في البلدين، تزايد الطلب على المياه للأغراض المنزلية (مياه الشرب)، وتمكنت كل من المملكة والجزائر من تحسين جميع المؤشرات المرتبطة بالتغذية بمياه الشرب. وتصل نسبة التغذية في بعض أقاليم البلدين إلى (100%)، لكن يظل متوسط نصيب الفرد في المملكة هو الأفضل على الإطلاق (253 ل/الفرد/اليوم) مقابل (180 ل/الفرد/اليوم) بالنسبة للجزائر.
ثالثا: الطلب الصناعي: تعد الصناعة المستهلك الأضعف للمياه في الجزائر والمملكة العربية السعودية، وتتراوح نسبتها بين (03%) و(05%) من إجمالي الاستخدامات. ويتوقع أن يزداد الطلب على المياه لهذا الغرض خاصة مع التوجهات الصناعية التي ميزت إستراتيجية البلدين في العقد الأخير مع تصاعد موجة الحفاظ على موارد النفط.

المصدر: إعداد الباحثة بالاعتماد على المعلومات التي تضمنها المبحثين الأول والثاني من هذا الفصل.

3.3.3. تحلية مياه البحر: النشأة، نوع التقنية والإنتاج

تظهر جميع المعطيات التي تم تناولها في المبحثين الأول والثاني إلى جانب المعلومات والإحصائيات العامة الصادرة عن جميع الجهات ذات الصلة ، تمايز تجربة البلدين في مجال تحلية مياه البحر وتبعا لعدة أبعاد.

1.3.3.3. تاريخ التحلية: الانطلاق والهدف

أولا: تجربة المملكة العربية السعودية قديمة جدا في مجال تحلية مياه البحر بنوعيها (مياه البحر ومياه الآبار المالحة)، وترجع إلى ستينيات القرن العشرين. وبدأت باستخدام وحدات صغيرة ثم تطورت لتشهد الانطلاقة الحقيقية مع مطلع ثمانينيات نفس القرن. وقد أولتها الجهات المسئولة في المملكة أهمية قصوى، واعتبرتها بمثابة الحل السحري لمشكلتها المائية التي تفاقمت خاصة في غياب موارد تقليدية (سطحية أساسا) قادرة على تغطية هذا العجز. وقد ساعدها طول سواحلها وتنوعهما من حيث درجة الملوحة وخصائصهما الجغرافية على إقامة صناعة تحلية مياه البحر، وبناء أكبر المحطات في العالم.

وكان للمؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة، الأثر الكبير في نجاح تجربة تحلية مياه البحر في المملكة العربية السعودية لأنها تعتبر ركيزة أساسية وتتولى مهمة الإشراف الرئيسي على برنامج التحلية السعودي. وهذا ما جعل تجربة المملكة متميزة وغزيرة من حيث الكم أو الكيف فيما يرتبط بجميع التفاصيل المرتبطة بصناعة التحلية.

ثانيا: إن تجربة الجزائر في تحلية مياه البحر بالمعايير الحقيقية لم تبدأ فعليا إلا مع مطلع الألفية الثالثة إذا ما استثنينا بعض المبادرات البسيطة التي قامت بها في القرن العشرين. وبمقارنتها مع المملكة تعتبر حديثة جدا ولا يمكن أن تضاهيها.

وبدأت الخطوات الأولى بوحدات صغيرة تركزت في المدن الكبرى ثم اتجهت الأنظار صوب إنشاء محطات بسعات كبيرة لتغطي احتياجات المدن الكبرى من مياه الشرب. وتشرف شركة الطاقة الجزائرية على برنامج التحلية منذ سنة 2003، كما تقوم الجزائرية للمياه بدور محوري في عملية نقل المياه المحلاة من محطات التحلية وايصالها لنقاط التوزيع عبر سلسلة من خطوط الأنابيب.

وكنتيجة، وإن اختلفت البدايات وتاريخ التحلية في البلدين، فإن الهدف الأساسي من إقامة هذه الصناعة على سواحلهما هو نفسه؛ توفير مياه شرب صحية ومأمونة للسكان وتوجيه جزء من الموارد المائية التقليدية الموجودة لأغراض أخرى. ربما في الجزائر، ساهمت التحلية في تخفيف الضغط على مياه السدود، وإعادة توجيهها نحو الزراعة؛ أما المملكة، فكان لتحلية مياه البحر دورا رئيسيا في تخفيف الضغط الشديد والاستنزاف الذي تعرضت له الموارد المائية الجوفية.

2.3.3.3. سوق التحلية: نوع التقنية والإنتاج

إذا كان الهدف الأساسي من إنتاج المياه المحلاة، هو توفير مصدر مائي إضافي لتلبية احتياجات السكان من مياه الشرب أساسا؛ فإن مخرجات المحطات في المملكة العربية السعودية والجزائر، تتشابه وتختلف في الوقت ذاته:

1) أغلب المحطات العاملة في المملكة العربية السعودية، لها غرضين أساسيين هما: إنتاج الماء المحلى وتوليد الطاقة الكهربائية. مقابل ذلك، جميع المحطات العاملة في الجزائر(باستثناء محطة كهرامة، التي تنتج الماء المحلى والطاقة الكهربائية)، غرضها هو إنتاج الماء المحلى؛ وهذا ما منح أفضلية للمحطات العاملة في المملكة.

الجدول رقم (41.3): توليد الطاقة الكهربائية من محطات المؤسسة (الوحدة: ميجاواط ساعي/السنة)

السنة	الساحل الغربي	الساحل الشرقي	المؤسسة
2010	8,214,616	16,491,461	24,706,077
2011	9,134,403	14,973,214	24,107,616
2012	8,925,472	14,721,727	23,647,199
2013	9,497,994	15,382,609	24,880,603
2014	8,542,940	21,157,492	29,690,432

المصدر: المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة، **التقرير السنوي1435/1436هـ** ، مرجع سبق ذكره، ص:29.

من خلال قراءة معطيات الجدول، نلاحظ أن محطات الساحل الشرقي هي أكثر توليدا للطاقة الكهربائية في المملكة مقارنة بمحطات الساحل الغربي؛ وسجل الإنتاج تذبذبا سنتي 2011 و2012 بالنسبة لمحطات الساحل الشرقي، حيث تراجع الإنتاج ليعاود الارتفاع سنتي 2013 و2014. مقابل تذبذب الإنتاج ارتفاعا وانخفاضا بين سنة وأخرى في محطات الساحل الشرقي.

2) تستحوذ التقنيات الغشائية (RO) على حصة تتجاوز(95%) من المحطات العاملة في الجزائر بل هناك محطة واحدة تعمل بالتقطير؛ أما الباقي فتعمل بتقنية (RO). مقابل ذلك، تواءم المملكة العربية السعودية في محطاتها بين التقنيات الحرارية (MSF أساسا وMED) والتقنيات الغشائية (RO)، وإن كانت الأفضلية لحد اليوم للتقنيات الحرارية.

إن الاختلاف السائد بين هذه التقنيات، يكمن أساسا في:

- **التقنيات الغشائية:** ذات استهلاك أقل للطاقة، وتعطي نوعية ماء منتج أقل جودة وتتطلب معالجة ثانوية بشكل كبير. وتعتمد أساسا على عمل الأغشية التي تتطلب صيانة دورية دقيقة حتى تؤدي عملها على أكمل وجه؛
- **التقنيات الحرارية:** ذات استهلاك كبير للطاقة، وتعطي نوعية ماء منتج شديد النقاوة وتتطلب معالجة ثانوية قليلة؛ وهي ملائمة أكثر للمياه مرتفعة الملوحة.

أخرجت الطاقة الأحفورية البلدين من شبح الندرة المائية من خلال إسهامها الكبير في توفير أهم مصدر لعمل هذه المحطات، وهو الطاقة إلى جانب توفير العوائد المالية المتأتية من تصدير هذا المورد الأحفوري للاستثمار في منشآت التحلية. وهذا يدل على أن تحلية مياه البحر في البلدين، هي تحلية غير مستدامة بمعايير البيئة المتعارف عليها. وهذا ما جعل المملكة العربية السعودية تتجه نحو استخدام الطاقات المتجددة (الطاقة الشمسية) في تحلية مياه البحر، وافتتحت أول محطة بمدينة الخفجي ولا تزال التجربة في بداياتها.

ولكن يشير القائمين على هذا المشروع أنها ستعمم في المستقبل؛ أما الجزائر، فلا زال الوضع يراوح مكانه رغم وجود دراسات تفيد بإمكانية الاستفادة من الطاقة الشمسية في تحلية مياه البحر لكن مازالت مشكلة التكاليف هي مثار الجدل في ظل غياب كوادر وطنية قادرة على استيعاب هذه التقنيات وتكريسها بشكل كلي دون اعتماد خبرات أجنبية.

3) يغطي إنتاج المملكة العربية السعودية من المياه المحلاة جزءا كبيرا من الطلب المنزلي، رغم استمرارية الاعتماد على المياه الجوفية في تأمين قسط كبير منها. ويتجاوز الإنتاج اليومي من مياه البحر المحلاة (06) مليون م^3، تنتج منها المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة أكثر من (04) مليون م^3، فيما الكمية المتبقية تنتجها وزارة المياه والكهرباء. وبالمثل، شهد الإنتاج السنوي في الجزائر نموا متواصلا منذ دخول أول محطة الإنتاج سنة 2005، ليبلغ (1.7) مليون م^3 بحلول 2015. ويتوقع أن يصل إلى (2.31) مليون م^3/اليوم مع دخول محطة المقطع الخدمة وانجاز محطتي الشط ووادي السبت.

خلاصة الفصل

لقد أسهمت مياه البحر المحلاة في تخفيف العجز المائي في الجزائر والمملكة العربية السعودية، وأعادت توزيع الموارد المائية التقليدية باتجاه استخدامات أخرى مما خلق منافع كبيرة كان لها تأثيرا بينا في تحسن جميع المؤشرات المرتبطة بالتزود بمياه الشرب وإن تباينت درجة الاعتماد عليها في البلدين تبعا لتباين حدة الندرة المائية التي ترتفع أكثر في المملكة انطلاقا من جغرافيتها الطبيعية.

وتظهر تجربة المملكة في تحلية مياه البحر أكثر تقدما وخبرة مقارنة بنظيرتها في الجزائر، يعكسها حجم الإنتاج اليومي ونوع التقنيات المستخدمة. والأهم من ذلك، توفر هياكل متخصصة تشرف على تحلية مياه البحر تأتي في مقدمتها المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة، التي تتولى عملية الإنتاج والنقل والتوزيع للمياه المحلاة انطلاقا من المحطات التابعة لها؛ فيما تعطي الجزائر، صورة حديثة عن صناعة تحلية مياه البحر التي بدأت تعطي ثمارا طيبة فيما يتعلق بحجم الإنتاج اليومي خاصة مع إشراف شركة الطاقة الجزائرية على برنامج التحلية.

وبالنتيجة، أضحت تحلية مياه البحر من أكثر الخيارات أهمية بالنسبة للجزائر والمملكة العربية السعودية في ظل توفر موارد الطاقة والموارد المالية التي أسهمت بدرجة كبيرة في نجاح هذه الصناعة، ومكنتهما من احتلال مراتب متقدمة في سلم الترتيب العالمي للدول الأكثر إنتاجا للمياه المحلاة.

الفصل الرابع

تحليل تكلفة تحلية مياه البحر في الجزائر والمملكة العربية السعودية

تمهيد

إذا كانت تحلية مياه البحر قد أسهمت في إعادة التوازن للميزان المائي للمملكة العربية السعودية بنسبة (60%) وللجزائر بنسبة (14%) نهاية سنة 2015، فإنها في الوقت ذاته لازالت تحملهما عبئا ثقيلا تمثله تكلفة تحلية المتر المكعب المنتج المرتفعة.

إن التركيبة المتداخلة لعناصر تكلفة تحلية مياه البحر، جعل من تحليلها ضرورة قصوى بالنسبة للجزائر والمملكة العربية السعودية خاصة مع تباين تجربتهما التي تعكس ميزة مهمة وبأبعاد اقتصادية، اجتماعية وبيئية للمملكة العربية السعودية تجسدها المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة. في الوقت ذاته، تبدو صورة الجزائر مختلفة نوعا ما ومتميزة أيضا بالنظر لسيرورة عملية الإنتاج ونقل وتوزيع المياه المحلاة خاصة مع تعدد الأطراف المسئولة عن ذلك من شركة الطاقة الجزائرية إلى الجزائرية للمياه ضمن إستراتيجية استثمارية معقدة يرجع فيها الأمر للمستثمر الأجنبي.

واعتمادا على هذه الفروقات، يظهر تحليل تكلفة تحلية مياه البحر في البلدين من الناحية الاقتصادية، الاجتماعية والبيئية بمثابة أداة مهمة للوصول إلى تحديد العناصر الأكثر تأثيرا في تكلفة تحلية مياه البحر خاصة مع تباين خبرة البلدين وتفرد كل تجربة بسمات معينة بما يعكس إمكانية التحكم في اتجاهات هذه التكلفة خاصة في المستقبل.

وانطلاقا من هذه الجوانب، سيتم تناول المباحث التالية في هذا الفصل:

- قراءة عامة لتكلفة تحلية مياه البحر في الجزائر والمملكة العربية السعودية؛
- تحليل العلاقة:كمية الطاقة المستهلكة– نوع التقنية المعتمدة– تكلفة تحلية مياه البحر
- تحليل العلاقة: نوع المنتج النهائي– تكلفة تحلية مياه البحر
- تحليل العلاقة: مصدر مياه التغذية– تكلفة تحلية مياه البحر
- تحليل العلاقة: أعمار وحدات التحلية– تكلفة تحلية مياه البحر
- تأثير اعتماد الطاقة المتجددة في تكلفة تحلية مياه البحر في الجزائر والمملكة العربية السعودية
- قراءة مقاربتية لتكلفة تحلية مياه البحر في الجزائر والمملكة العربية السعودية
- نموذج مقترح لتقدير تكلفة تحلية مياه البحر باعتماد طريقة الأقسام المتجانسة

1.4. قراءة عامة لتكلفة تحلية مياه البحر في الجزائر والمملكة العربية السعودية

لا تزال تكلفة تحلية مياه البحر تلقي بظلالها على المشهد الاقتصادي في الجزائر والمملكة العربية السعودية في ظل الوزن الكبير الذي يحظى به هذا البديل ضمن الخريطة المائية لهما، خاصة مع ارتباط سوق التحلية لكيليهما بالسوق العالمي ارتباطا وثيقا. وهذا يظهر تأثيرات متباينة في مستويات تكلفة تحلية مياه البحر مع تباين تأثيرات درجة الاعتمادية على الخارج في تأمين متطلبات محطات التحلية فضلا عن السياسة المنتهجة لإنتاج وتوزيع الماء المحلى.

1.1.4. معطيات مفتاحية حول منهجية تحليل تكلفة تحلية مياه البحر في الجزائر والمملكة العربية السعودية

من خلال دراستنا لتجربة تحلية مياه البحر في الجزائر والمملكة العربية السعودية، توصلنا إلى جملة من المحددات التي تعتبر مفاتيح رئيسية لتحليل تكلفة تحلية مياه البحر في البلدين ومعرفة أسباب تباينها و/أو تماثلها.

1.1.1.4. نوع مياه التغذية المستخدمة في محطات تحلية مياه البحر

ضمن هذا الجانب، لاحظنا:

1) اعتماد المملكة العربية السعودية على مصدرين أساسيين للحصول على مياه التغذية لمحطاتها، وهما:

- البحر الأحمر (الساحل الغربي)، والذي تمتاز مياهه بملوحة متوسطة إلى مرتفعة نسبيا (36- 49) غ/ل. [1]
- الخليج العربي (الساحل الشرقي)، والذي تمتاز مياهه بملوحة مرتفعة مقارنة بمياه البحر الأحمر (39- 60) غ/ل.

2) اعتماد الجزائر على مصدر وحيد للحصول على مياه التغذية لمحطاتها العاملة وهو البحر المتوسط، الذي تمتاز مياهه بملوحة متوسطة إلى مرتفعة قليلا (35- 40) غ/ل؛

قد تتباين درجة الملوحة من موقع إلى آخر ضمن المسطح المائي الواحد تبعا لتباين كمية الهطول التي يتلقاها المسطح المائي (المطر والثلج)، درجة الحرارة وتأثيرها على معدل التبخر. وهذا ما يفرز تغيرات متباينة في مصدر مياه التغذية، التي تتغير ملوحتها ودرجة حرارتها ضمن السنة الواحدة عدة مرات.

2.1.1.4. المنتج النهائي لمحطات تحلية مياه البحر

ضمن هذا الجانب، تم التمييز بين نوعين من المنتجات التي تنتجها محطات التحلية بنوعيها الحرارية والغشائية في الجزائر والمملكة العربية السعودية.

أولا: المنتج المرغوب فيه: الماء المحلى والطاقة الكهربائية

1) يتمثل المنتج المرغوب فيه بالنسبة لمحطات تحلية مياه البحر العاملة في المملكة العربية السعودية في: الماء المحلى والطاقة الكهربائية بالنسبة للمحطات الحرارية (خاصة العاملة بتقنية MSF). مقابل الماء المحلى فقط بالنسبة للمحطات العاملة بتقنية التناضح العكسي؛

---

[1]. هناك تباين في درجة الملوحة للمسطحات الثلاثة (البحر الأحمر، البحر المتوسط والخليج العربي) تبعا لمصادر المعلومات المأخوذة منها (تقارير،كتب، مقالات...الخ)؛ وما يهم هنا، أن مياه الخليج العربي هي الأكثر ملوحة مقارنة بمياه البحر الأحمر والبحر المتوسط، والتي تتغير تبعا للمحددات التي تم ذكرها أعلاه.

2) أما المنتج المرغوب فيه بالنسبة لمحطات التحلية العاملة في الجزائر، فيتمثل في الماء المحلى أساسا. وذلك لاعتماد محطات التحلية على تقنية التناضح العكسي على غرار ما هو موجود في المملكة العربية السعودية. والاستثناء الوحيد هو محطة كهرامة التي تنتج الماء المحلى والطاقة الكهربائية بالنظر لاعتمادها على تقنية التقطير الومضي متعدد المراحل.

ثانيا: المنتج غير المرغوب فيه: المحلول الملحي والانبعاثات الغازية

1) المحلول الملحي: تنتج محطات تحلية مياه البحر كميات كبيرة من المحلول الملحي؛ هذا المنتج الذي يعتبر غير مرغوب فيه بالنسبة لجميع محطات التحلية في العالم. إذا انطلقنا من حقيقة أن إعادة تدويره، والاستفادة منه لم تؤخذ بعين الاعتبار على الأقل في الوقت الحالي، وليس في الجزائر والمملكة العربية السعودية فقط. ويعتبر ذو تأثير سلبي على البيئة البحرية في ظل احتواءه على تركيزات عالية من الأملاح، وكيميائيات عديدة إلى جانب ارتفاع درجة حرارته؛

2) الانبعاثات الغازية: ينتج عن تحلية مياه البحر كميات هائلة من الانبعاثات الغازية، وخاصة تلك التي تعتمد على حرق الوقود الأحفوري (النفط والغاز الطبيعي) لتوليد الطاقة الكهربائية لعمل محطاتها. وترتبط كمية هذه الانبعاثات بمصدر توليد هذه الطاقة، والتي ترتبط أيضا بنوع التقنية المعتمدة فضلا عن الكيميائيات العديدة المستخدمة أثناء المعالجة الأولية والثانوية.

3.1.1.4. كمية الطاقة المستهلكة– نوع التقنية المستخدمة

يرتبط أداء محطات تحلية مياه البحر ارتباطا وثيقا بكمية الطاقة المستهلكة؛ هذه الأخيرة، تعتمد بدرجة كبيرة على نوع التقنية المعتمدة في التحلية سواء كانت حرارية (MSF/MED) أو غشائية (RO/ED)، حيث:

1) تعد التقنيات الحرارية (MSF وMED) الأكثر استهلاكا للطاقة؛ وتأتي تقنية (MSF) بكمية استهلاك مرتفعة مقارنة بتقنية (MED). وتعتمد المملكة العربية السعودية في القسم الأكبر من محطاتها على تقنية (MSF) ذات الاستهلاك الطاقوي المرتفع (الكهربائية + الحرارية)؛

2) تأتي التقنيات الغشائية (RO تحديدا) في المرتبة الثانية من حيث استهلاك الطاقة (الطاقة الكهربائية فقط)؛ وهي التقنية المعتمدة في محطات التحلية العاملة في الجزائر أساسا، وقسم من محطات التحلية العاملة في المملكة العربية السعودية.

2.1.4. تكلفة تحلية المتر المكعب المنتج في الجزائر والمملكة العربية السعودية

تتباين تكلفة المتر المكعب المنتج من الماء المحلى في الجزائر والمملكة العربية السعودية تباينا واضحا نتيجة التباين الذي يميز خريطة التحلية في البلدين من جهة، والاعتماد الكلي و/ أو الجزئي على سوق التحلية العالمي من جهة أخرى.

وما لاحظناه على تكلفة المتر المكعب المنتج من الماء المحلى في الجزائر والمملكة العربية السعودية، أن هناك صعوبة في تقدير هذه التكلفة تقديرا حقيقيا بالنظر للمدخلات المعقدة التي تحكم هذه التكلفة إلى جانب تباين

آلية احتساب هذه التكلفة بين البلدين في ظل تباين الجهة المنتجة والموزعة للماء المحلى. إضافة إلى صعوبات مرتبطة باعتماد عملة واحدة (الريال والدينار) في التقييم، وما يرتبط بذلك من سنة الأساس وسعر الصرف.

وضمن هذا الجانب، سنقدم قراءة عامة حول مستوى تكلفة تحلية مياه البحر بناءا على المعطيات الوطنية الصادرة عن الجهات المختصة في كل من الجزائر والمملكة العربية السعودية من ناحية، وعلى المعطيات النموذجية التي تعتبر تقديرات حقيقية انطلاقا من دراسات امتدت لسنوات طويلة بالنسبة لمحطات التحلية (الحرارية والغشائية) على المستوى العالمي من ناحية أخرى.

1.2.1.4. اتجاهات تكلفة تحلية مياه البحر في الجزائر والمملكة العربية السعودية حسب المعطيات الوطنية

قبل الحديث عن مستوى تكلفة تحلية مياه البحر في الجزائر والمملكة العربية السعودية لا بد من فهم بعض الجوانب الأساسية حول أسلوب التمويل، الإنتاج والتوزيع للمياه المحلاة في البلدين:

1) تتولى المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة مسئولية إنتاج المياه المحلاة في المملكة انطلاقا من المحطات التابعة لها إلى جانب بعض المحطات التابعة للقطاع الخاص، وتقوم المؤسسة بنقل وتوزيع المياه المحلاة لمراكز التوزيع. وهذا ما يعني أن تكلفة تحلية مياه البحر حسب هذا المنحى، تتضمن تكلفة الإنتاج وتكلفة النقل؛ [1]

2) مقابل ذلك، فإن إنتاج المياه المحلاة في الجزائر ونقلها وتوزيعها يختلف جذريا عن المملكة العربية السعودية في ظل اختلاف آلية إنشاء وتمويل محطات تحلية مياه البحر المعقدة نوعا ما خاصة مع وجود طرفين رئيسيين يحكمان سيرورة الإنتاج والبيع والنقل.

تخضع محطات تحلية مياه البحر في الجزائر لسيطرة الشريك الأجنبي بحصة (51%)، تتولى شركة الطاقة الجزائرية مهمة شراء المياه المحلاة المنتجة من قبل هذه المحطات وفق عقد (Take or Pay)[2] لصالح الجزائرية للمياه؛ هذه الأخيرة هي من تقوم بنقل المياه المحلاة وتوزيعها، وتتحمل تكلفة النقل من خروج الماء المحلى من المحطات وصولا لنقاط التوزيع.[3]

أولا: هناك تباينا كبيرا في تكلفة تحلية مياه البحر(تكلفة الإنتاج تحديدا) بين المحطات الكبيرة والصغيرة، وبين محطات الساحل الشرقي والغربي في المملكة العربية السعودية يعكسها تباين مصدر مياه التغذية (البحر الأحمر والخليج العربي)، نوع التقنية المعتمدة (حرارية أو غشائية) ونوع المدخلات الرأسمالية والتشغيلية لعمل هذه المحطات.

---

(1). عبد الرحمن بن محمد آل إبراهيم – محافظ المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة –، مداخلة ضمن حصة"صاحب قرار"، القناة السعودية الأولى، المملكة العربية السعودية، بتاريخ: 2013/05/18.

(2). وفق هذا العقد تلتزم شركة الطاقة الجزائرية بشراء جميع الكميات التي تنتجها محطات تحلية مياه البحر في الجزائر (مثال:لو أنتجت محطة الحامة"200,000م^3/اليوم"، وكانت الجزائرية للمياه بحاجة فقط لكمية"150,000م^3/اليوم"، فإن العقد يلزم شركة الطاقة الجزائرية بأن تدفع فاتورة الشراء لـ" 200,000م^3 وليس فقط لـ"150,000م^3").

(3). مقابلة مع السيد/سامي غزالة، مهندس لدى شركة الطاقة الجزائرية، الجزائر، بتاريخ: 2016/03/30.

الجدول رقم (1.4): متوسط تكاليف إنتاج المياه المحلاة في المملكة العربية السعودية

		متوسط التكاليف (ريال/م^3)
إنتاج المياه المحلاة	الساحل الشرقي	2.18
	الساحل الغربي	3.05
	المحطات الصغيرة	11.37

المصدر: هيئة تنظيم الكهرباء والإنتاج المزدوج، **تحلية المياه في المملكة (صناعة الكهرباء وتحلية المياه)**، تاريخ التصفح: 2015/11/20، متوفر على الرابط: http:www.ecra.gov.sa/water desalination.aspx/

من خلال قراءة معطيات الجدول، نلاحظ تباين متوسط تكلفة تحلية مياه البحر بين محطات الساحل الشرقي والغربي تحديدا وبين المحطات الصغيرة حيث:

1) يرتفع متوسط التكلفة نسبيا في محطات الساحل الغربي ليبلغ (3.05) ريال/م^3 مقارنة بمتوسط التكلفة في محطات الساحل الشرقي أين يبلغ (2.18) ريال/م^3؛

2) يرتفع متوسط التكلفة بشكل كبير جدا في المحطات الصغيرة حيث يصل إلى (11.37) ريال/م^3 مقارنة بمتوسط محطات الساحل الشرقي والغربي، أين يبلغ (2.18) ريال/م^3 و(3.05) ريال/م^{3}على التوالي.

إن الفرق الكامن بين متوسط تكلفة التحلية بالنسبة للمحطات الكبرى والصغيرة راجع للعلاقة القائمة بين سعة المحطة ومستوى التكلفة، حيث سبق ولاحظنا أنه كلما زادت سعة المحطة كلما انخفض مستوى التكلفة والعكس صحيح إلى جانب معطيات مرتبطة بموقع المحطة، وبخصائص مياه التغذية...الخ.

ويشير محافظ المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة في حديثه حول دور المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة، أن تكلفة تحلية مياه البحر في المملكة العربية السعودية مازالت مرتفعة خاصة إذا تم احتساب تكلفة النقل للمياه المحلاة. فعلى سبيل المثال لا الحصر بالنسبة لمحطات الجبيل:[1]

- تكلفة الإنتاج، تتراوح بين (2.85- 3.15) ريال/م^3؛
- تكلفة النقل، تتراوح بين (1.5- 05) ريال/م^3.

وقد يتراوح متوسط التكلفة بين (10- 12) ريال/ م^3 [2]، وتزداد خاصة في المحطات الصغيرة. ومع احتساب تكلفة النقل للماء المحلى أو الوقود، سترتفع التكلفة أكثر. وتصل تكلفة الإنتاج في محطة فرسان الصغيرة إلى (25) ريال/م^3 دون احتساب نقل الوقود.[3]

وباعتماد سعر صرف الريال السعودي مقابل الدولار على مدار الفترة (2008- 2014). يمكن أن نسقط التكاليف السابقة، على افتراض أنها تغيرت بنفس الوتيرة.

---

[1]. عبد الرحمن بن محمد آل إبراهيم – محافظ المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة–، مداخلة ضمن حصة صاحب قرار، مرجع سبق ذكره.

[2]. عبد الرحمن بن محمد آل إبراهيم – محافظ المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة –، مداخلة ضمن حصة "بوضوح"، القناة السعودية الأولى، المملكة العربية السعودية، بتاريخ 14ماي 2015.

[3]. عبد الرحمن بن محمد آل إبراهيم – محافظ المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة–، مداخلة ضمن حصة صاحب قرار، مرجع سبق ذكره.

الجدول رقم (2.4): تكلفة تحلية مياه البحر في المملكة العربية السعودية خلال الفترة (2008-2014) (الوحدة: دولار/م^3)

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
سعر صرف الريال بالدولار	3.7500	3.7500	3.7500	3.7500	3.7500	3.7500	3.7500
تكلفة التحلية تتغير بين (2.85- 3.15) ريال سعودي (مثالا)							
تكلفة التحلية (دولار/م^3)	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76
	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84
1) ارتفاع تكلفة التحلية: (25) ريال/م^3 .... يقابلها: (7.14) دولار/م^3							
تم الحساب وفق العلاقة: أي:(01) دولار ◄ (3.7500) ريال (X) دولار ◄ (2.85) ريال							

المصدر: إعداد الباحثة بالاعتماد على: صندوق النقد العربي، **التقرير السنوي**، الإمارات العربية المتحدة، 2015، ص: 508.

لقد أخذنا تكلفة التحلية (تكلفة الإنتاج) في محطات الجبيل، وافترضنا أن هذه التكلفة تتغير بين (2.85-3.15) ريال/م^3 وحسبنا قيمة هذه التكلفة بالدولار أين تتغير بين (0.76-0.84) دولار/م^3. ونلاحظ أن تكلفة التحلية ترتفع إلى (7.14) دولار/م^3، وتزداد هذه التكلفة كلما انخفضت سعة المحطة.

ثانيا: إن الحديث عن تكلفة تحلية مياه البحر في الجزائر يرتكز أساسا على تكلفة الإنتاج على اعتبار أن تكلفة النقل لا تتحملها محطة التحلية. وبغض النظر عن هذه الفروقات، فإن تكلفة تحلية مياه البحر في الجزائر تتداخل في صنعها العديد من المحددات ولسعر البيع دور في ذلك؛ هذا السعر الذي تتم مراجعته سنويا، والذي أعد بناءا على التكاليف الثابتة والمتغيرة التي تدخل ضمن تكلفة تحلية مياه البحر. وهذا راجع لاتفاق الشراكة المعقد نوعا ما خاصة مع وجود شركة المشروع. وتشير مختلف الآراء الصادرة عن الجهات ذات الصلة بتحلية مياه البحر، أن تكلفة المتر المكعب المنتج من الماء المحلى لازالت مرتفعة منذ دخول أول المحطات الكبرى حيز الخدمة والإنتاج سنة 2005 (محطة كهرامة) إلى يومنا هذا حيث تتراوح هذه التكلفة بين (35-45) دج/م^3.[1]

الجدول رقم (3.4): تكلفة تحلية مياه البحر في الجزائر خلال الفترة (2008-2014) (الوحدة: دولار/م^3)

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
سعر صرف الدينار بالدولار	64.5828	72.6470	74.3908	72.9379	77.5360	79.3684	80.5790
تكلفة التحلية تتغير بين (35-45) دج (مثالا)							
تكلفة التحلية (دولار/م^3)	0.5419	0.4817	0.4704	0.4798	0.4517	0.4409	0.4343
	0.6967	0.6194	0.6049	0.6169	0.5803	0.5669	0.5584
تم الحساب وفق العلاقة: أي:(01) دولار ◄ (64.5828) دج (X) دولار ◄ (35) دج							

المصدر: إعداد الباحثة بالاعتماد على: صندوق النقد العربي، **التقرير السنوي**، الإمارات العربية المتحدة، 2015، ص:508.

[1]. وكالة الأنباء الجزائرية، **محطة تحلية مياه البحر بمنطقة المقطع(وهران):مؤهلات مشروع ضخم**، تاريخ التصفح:2015/12/02، متوفر على الرابط:www.aps.dz

نلاحظ أن تكلفة التحلية تتغير بين (0.4343-0.6967) دولار/م^3 على افتراض أنها بقيت محافظة على نفس المستوى خلال نفس الفترة (2008-2014)، أي تتراوح بين (35-45) دج مع احتساب أن غالبية المحطات بدأت الخدمة فعليا بعد سنة 2010.

وللوقوف على مقاربة أكثر اقتصادية في هذا الجانب، نستعرض سعر بيع الماء المحلى الذي تعتمده محطات التحلية في الجزائر؛ هذا السعر الذي تتم مراجعته سنويا انطلاقا من التغيرات التي تحدث في مختلف البنود التي تكونه على غرار تكلفة (الأغشية، الفلتر، قطع الغيار، الكيميائيات...الخ).

الجدول رقم (4.4): سعر بيع الماء المحلى في الجزائر

المحطة	سعر البيع (دولار/م^3)
كهرامة	0.8500
الحامة	0.8521
سكيكدة	0.7400
بني صاف	0.6994
سوق الثلاثاء	0.7725
مستغانم	0.7257
كاب جنات	0.7257
حنين	0.8299
فوكة	0.7500
المقطع	0.5577
تنس	0.5885

المصدر: المديرية الفرعية للموارد المائية غير التقليدية، وزارة الموارد المائية والبيئة.

من خلال قراءة معطيات الجدول، نلاحظ تباين في سعر بيع الماء المحلى بين محطات التحلية. ويتراوح بين (0.5577-0.8500) دولار/م^3 حيث تسجل محطتي كهرامة والحامة أعلى سعر بيع (0.8500) و (0.8521) دولار/م^3 على التوالي. مع العلم أن محطة كهرامة تعمل بتقنية (MSF) تليهما محطة حنين بسعر بيع (0.8299) دولار/م^3.

مقابل ذلك، تسجل محطتي فوكة وسكيكدة سعر بيع شبه متماثل تقريبا (0.7500) و(0.7400) دولار/م^3 على التوالي فيما محطات سوق الثلاثاء، مستغانم وكاب جنات يتراوح سعر بيعها بين (0.7725-0.7257) دولار/م^3. فيما تسجل محطتي تنس والمقطع أخفض سعر بيع (0.5885) و(0.5577) دولار/م^3 على التوالي.

إن التباين الملحوظ في مستوى سعر البيع من محطة إلى أخرى (رغم أن بعض المحطات ذات سعات متساوية). يعكس حقيقة العناصر المؤثرة في تكلفة التحلية، والتي تتباين من موقع إلى آخر سواء ارتبط الأمر بالتكلفة الرأسمالية أو التشغيلية التي ترتبط بعقد التمويل والتشغيل.

الجدول رقم (5.4): التكلفة الاستثمارية لبعض المحطات الكبرى في الجزائر

اسم المحطة	سعة المحطة (10^3 م^3/اليوم)	تكلفة الاستثمار وفق عقد (EPC) (مليون دولار)	التكلفة الاستثمارية (دولار/م^3)
الحامة	200	197.3	986.5
سكيكدة	100	105.9	1,059
سوق الثلاثاء	100	213	1,065
فوكة	120	153.8	1,281.67
مستغانم	200	190	950
كاب جنات	100	111.6	1,116
حنين	200	226	1,130
المقطع	500	443	886
تنس	200	206.1	1,030.5
تم حساب تكلفة الاستثمار للمتر المكعب الواحد انطلاقا من العلاقة التالية: تكلفة الاستثمار(دولار/م^3)= تكلفة الاستثمار وفق عقد (EPC)/ سعة المحطة			

المصدر: إعداد الباحثة بالاعتماد على:

(1).Mohamed Zaara, **Les grandes stations de dessalement : aspects techniques et économiques**, 2ndMEDA water regional event, 28/29 avril, Marrakech, 2008, p:17.

(2). Algerian Energy Company, **rapport d'activité mensuel,** Alger, 2016, pp: 04-08.

من خلال قراءة معطيات الجدول، نلاحظ تباين التكلفة الاستثمارية لإنتاج المتر المكعب من الماء المحلى في الجزائر من محطة إلى أخرى تبعا لتباين سعة المحطة حيث تسجل محطة المقطع بسعة إنتاج (500×10^3 م^3/اليوم أقل تكلفة بما مقداره (886) دولار/م^3 تليها محطة مستغانم بتكلفة (950) دولار/م^3. مقابل ذلك، تسجل باقي المحطات تكاليف تتراوح بين (1,281.67-986.5) دولار/م^3 لسعات إنتاج تتراوح بين (100×10^3- 200×10^3) م^3/ اليوم.

الجدول رقم (6.4): معطيات حول تكلفة التشغيل والصيانة تبعا لكل محطة في الجزائر

اسم المحطة	تكلفة عقد الصيانة والتشغيل (مليون دولار/السنة)	تكلفة التشغيل والصيانة (دولار/اليوم)	تكلفة التشغيل والصيانة (دولار/م^3)
كهرامة	09.28	25,424.66	0.2825
الحامة	14.6	40,000.00	0.2000
سكيكدة	04.28	11,726.03	0.1173
بني صاف	08.20	22,465.75	0.1123
سوق الثلاثاء	15.02	41,150.68	0.2058
فوكة	07.90	21,643.84	0.1804
مستغانم	09.80	26,894.32	0.1345
كاب جنات	07.70	21,095.89	0.2110
حنين	08.60	23,561.64	0.1178
تنس	07.20	19,726.03	0.1000
المقطع	21.00	57,534.25	0.1151

تم احتساب تكلفة التشغيل والصيانة (لليوم، وللمتر المكعب) باستخدام العلاقتين التاليتين:

1.تكلفة التشغيل والصيانة (دولار/اليوم)= تكلفة التشغيل والصيانة السنوية/ 365

2.تكلفة التشغيل والصيانة للمتر المكعب المنتج= تكلفة التشغيل والصيانة اليومية (دولار/اليوم)/ سعة المحطة

المصدر: إعداد الباحثة بالاعتماد على: Algerian Energy Company, **rapport d'activité mensuel,** Alger, 2016, pp :04-08

من خلال قراءة معطيات الجدول، نلاحظ تباين تكلفة التشغيل والصيانة للمتر المكعب المنتج من الماء المحلى من محطة إلى أخرى وتتراوح بين (0.1000- 0.2825) دولار/م^3 حيث:

1) تسجل محطة كهرامة ذات الإنتاج المزدوج (ماء محلى وطاقة كهربائية) أعلى تكلفة بـ (0.2825) دولار/م^3، تليها محطات (كاب جنات، سوق الثلاثاء والحامة) بتكاليف (0.2110)، (0.2058) و(0.2000) دولار/م^3 على التوالي؛

2) تسجل محطة تنس أخفض تكلفة بـ (0.1000) دولار/م^3 فيما تتراوح تكلفة باقي المحطات (المقطع، بني صاف، سكيكدة، مستغانم وفوكة) بين (0.1151- 0.1804) دولار/م^3.

إن تباين هذه التكلفة من محطة إلى أخرى مرتبط بنوع التقنية المعتمدة (MSF/RO) إلى جانب سعة المحطة مع اختلاف هذه التكلفة حتى بالنسبة للمحطات التي تملك نفس سعة الإنتاج على غرار(بني صاف وسوق الثلاثاء) ذات سعة إنتاج (10×200) م^3/اليوم، ومحطات (كاب جنات وسكيكدة) ذات سعة الإنتاج (10×100) م^3/اليوم.

هذين العاملين، يرتبطان بمحددات أخرى على غرار نوع المعالجة الأولية، الأغشية المستخدمة، نوع المضخات وكمية الطاقة ...الخ.

الجدول رقم (7.4): تكلفة التحلية لمحطة (RO) تبعا لمصدر مياه التغذية (البحر المتوسط، البحر الأحمر والخليج العربي)

الحالة	البحر المتوسط	البحر الأحمر	الخليج العربي	الخليج العربي
السعة (10^3م^3/اليوم)	20	01	45	20	90
التكلفة (دولار/م^3)	0.9	1.22	0.63	0.86	0.62

Source: Mohamed Amin Saad, **Overview &Trends of membrane desalination technology & privatization in the Mena region**, International conference and sustainability,1-2 March, Casablanca, 2012, p:14.

من خلال قراءة معطيات الجدول، نلاحظ تباين تكلفة المتر المكعب المنتج من الماء المحلى تباينا ملحوظا تبعا لتباين مصدر مياه التغذية (البحر المتوسط، البحر الأحمر والخليج العربي) من ناحية، ولتباين سعة المحطة من ناحية أخرى حيث:

1) تزداد تكلفة التحلية كلما انخفضت سعة المحطة، حيث لمحطة ذات سعة إنتاج (90×10^3) م^3/اليوم على ساحل الخليج العربي تسجل تكلفة (0.62) دولار/م^3 فيما ترتفع إلى (0.86) دولار/م^3 بالنسبة لمحطة ذات سعة إنتاج (20×10^3) م^3/اليوم على نفس الساحل؛

2) تتقارب التكلفة بين محطة تقع على ساحل البحر المتوسط وساحل الخليج العربي بسعة إنتاج (20×10^3) م^3/اليوم، بتكلفة (0.9) دولار/م^3 و(0.86) دولار/م^3 على التوالي.

إن الحقيقة المعروفة أن مياه الخليج العربي أكثر ملوحة من مياه البحر المتوسط، وأن تقنية (MSF) هي الأكثر ملائمة بالنسبة للمياه مرتفعة الملوحة. مع ذلك، نجد أن تكلفة تحلية المتر المكعب المنتج في الخليج العربي أقل بقليل من تلك المنتجة في البحر المتوسط بالنسبة لتقنية (RO).

إن تفسير هذا التباين مرتبط أساسا بعدة عوامل لم تتضح هنا:

1) تكلفة الطاقة، حيث تنخفض نسبيا في الخليج العربي مقابل ارتفاعها في البحر المتوسط أين تمثل تكلفة الطاقة أزيد من (50%) من تكلفة تحلية مياه البحر في بعض الدول التي لا تتوفر على مصادر طاقة على غرار اسبانيا؛

2) دعم أسعار الطاقة، حيث تنخفض هذه الأسعار بالنسبة للدول التي تدعم الأسعار كما هو حاصل في دول الخليج العربي في ظل توفر الطاقة بكميات هائلة. والعكس في دول حوض المتوسط خاصة الشمالية منها؛

3) ملوحة مياه التغذية، التي تتباين ضمن المسطح المائي الواحد ومن إقليم إلى آخر.

رغم أن التكاليف الواردة أعلاه، لا توضح بشكل دقيق بعض المحددات المؤثرة في تكلفة تحلية مياه البحر إلا أنها تعطي فكرة عامة حول مستويات التكلفة السائدة في الأقاليم الثلاثة (البحر المتوسط، البحر الأحمر والخليج العربي). ومن ثم في الجزائر والمملكة العربية السعودية، أين قد ترتفع أو تنخفض هذه التكاليف تبعا لسعة المحطة.

2.2.1.4. اتجاهات تكلفة تحلية مياه البحر في الجزائر والمملكة العربية السعودية حسب المعطيات العالمية

ساهمت التحسينات التي شهدتها تقنيات تحلية مياه البحر على مدار العقود الماضية في تخفيض تكلفة التحلية كما سبق ورأينا. وكان لها دورا استراتيجيا في تخفيف العبء المادي والمالي بالنسبة للدول المستضيفة لمحطات التحلية، والتي لا تتوفر على موارد مالية كافية لإقامة هذه الصناعة وحتى الدول التي توفرت على هذه الموارد إلا أنها

كانت بحاجة لتخفيض هذه التكلفة بالنظر لاعتمادها الكبير على استيراد كافة ملحقاتها كما هو الحال بالنسبة للجزائر والمملكة العربية السعودية .

وقد حددت تكلفة تحلية مياه البحر النموذجية على المستوى العالمي انطلاقا من عدة متغيرات، وإن كانت هذه التكلفة أيضا تحكمها محددات تتباين تباينا ملحوظا من بلد إلى آخر.

الجدول رقم (8.4): تكلفة تحلية مياه البحر في الجزائر والمملكة العربية السعودية تبعا لتلك السائدة عالميا (الوحدة: دولار/م^3)

	MSF	MED	RO
سعة المحطة (10^3م^3/اليوم)			
1) (12- 55) م^3/اليوم؛	-	1.5 -0.95	-
2) (15- 60) م^3/اليوم؛	-	-	1.72 -0.7
3) (91- 320) م^3/اليوم؛	-	1.01 -0.52	-
4) (23- 528) م^3/اليوم؛	1.75 -0.56	-	-
5) (100- 320) م^3/اليوم	-	-	0.66 -0.45

المصدر: إعداد الباحثة اعتمادا على معطيات الجدول رقم (28.2) الوارد في الفصل الثاني، ص:101.

تظهر معطيات الجدول، تباين تكلفة التحلية تبعا لتباين نوع التقنية المعتمدة وسعة المحطة حيث:

1) تنخفض تكلفة التحلية مع زيادة سعة المحطة وتتراوح بين (0.7-1.72) دولار/م^3 لمحطات ذات سعات إنتاج تتراوح بين (10×15^3-10×60^3) م^3/اليوم. مقابل (0.45-0.66) دولار/م^3 لمحطات ذات سعات إنتاج تتراوح بين (10×100^3-10×320^3) م^3/اليوم بالنسبة لمحطة (RO)؛ ونفس الأمر ينطبق على المحطات الحرارية (MSF وMED)؛

2) تنخفض تكلفة التحلية بالنسبة لمحطات (RO) مقارنة بنظيرتها الحرارية حيث لمحطات (MSF) ذات سعات إنتاج تتراوح بين (10×23^3 -10×528^3) م^3/ اليوم، تتراوح التكلفة بين (0.56-1.75) دولار/ م^3. مقابل (0.45-0.66) دولار/ م^3 بالنسبة لمحطات (RO) ذات سعات إنتاج تتراوح بين (10×100^3-10×320^3) م^3/ اليوم.

الجدول رقم (9.4): التكلفة المقدرة لمحطة (RO) ذات سعة إنتاج (100,000م^3/اليوم)

بند التكلفة	التكلفة (يورو/م^3)	النسبة المئوية من التكلفة السنوية (%)
أعباء ثابتة	0.1652	37.7
الطاقة:الطاقة الكهربائية	0.16	50.0-36.5
الكيميائيات	0.0395-0.0198	9.0-5.0
الأغشية	0.0157-0.0079	3.7-2.0
تعويض الفلتر	0.006-0.003	13.7-7.7
الصيانة	0.0343-0.0173	7.8-4.4
المباني	0.0171	4.4-3.9
تكلفة الماء المنتج (يورو/م^3)	**0.44 -0.39**	

Source: Juan Cànovas Cuenca, **Report on water desalination status in the Mediterranean countries**, 1ère édition, Institute murciano de investigacion, Spain, 2012, p:52.

من خلال قراءة معطيات الجدول، نلاحظ أن:

1) تكلفة الطاقة الكهربائية والأعباء الثابتة، هي الأكثر تأثيرا في تكلفة المتر المكعب المنتج من الماء المحلى بالنسبة لتقنية (RO) حيث تصل النسبة (50%) بالنسبة للطاقة، وتقارب (38%) بالنسبة للأعباء الثابتة؛

2) تأتي الكيميائيات وتعويض الفلتر والصيانة ثانيا بنسب مساهمة تتراوح بين (4.4%-13.7%) في التكلفة السنوية لإنتاج المتر المكعب؛ وهذه ترتبط بشكل كبير بتكلفة الأغشية أيضا.

لكن هذه النسب قد تتغير من محطة إلى أخرى لنفس سعة الإنتاج (تنخفض أو ترتفع)، ومن موقع إلى آخر تبعا لتغير المعطيات الاقتصادية (مدى الاعتماد على الخارج في تأمين قطع الغيار، الكيميائيات، الطاقة...).

الجدول رقم (10.4): المقارنة الاقتصادية لتقنيات التحلية تبعا للتكلفة (الوحدة: يورو/م^3)

أولا: المحطات ذات سعة الإنتاج (10,000) م^3/اليوم			
التقنية	RO	MSF	MED
تكلفة الاستثمار	1,427	3,408	2,023
تكلفة التحلية	0.67	1.40	0.83
ثانيا: المحطات ذات سعة الإنتاج (50,000) م^3/اليوم			
التقنية	RO	MSF	MED
تكلفة الاستثمار	1,050	2,122	1,539
تكلفة التحلية	0.50	0.87	0.63
ثالثا: المحطات ذات سعة الإنتاج (275,000) م^3/اليوم			
التقنية	RO	MSF	MED
تكلفة الاستثمار	756	1,286	1,153
تكلفة التحلية	0.36	0.53	0.48
رابعا: المحطات ذات سعة الإنتاج (500,000) م^3/اليوم			
التقنية	RO	MSF	MED
تكلفة الاستثمار	676	1,078	1,042
تكلفة التحلية	0.32	0.44	0.43

Source: Farida Tata Ducru, **Dessalement de l'eau de mer: Bilan des derniers avances technologiques: Bilan économique; Analyse critique en fonction des contextes**, 2009, p:12.

من خلال قراءة معطيات الجدول، نلاحظ وجود علاقة ارتباط طردية بين تكلفة التحلية-تكلفة الاستثمار وسعة المحطة، كما أن تقنية (MSF) هي أكثر تقنيات التحلية تكلفة مقارنة بـ (RO) و(MED) حيث ترتفع تكلفة التحلية كلما ارتفعت تكلفة الاستثمار وانخفضت سعة المحطة والعكس:

1) عند محطة ذات سعة إنتاج (10×10^3) م^3/اليوم، سجلت تقنية (MSF) تكلفة استثمار مرتفعة (3,408) يورو/م^3 ما انعكس على تكلفة التحلية (1.40) يورو/م^3. فيما سجلت تقنية (RO) مستوى تكلفة منخفض تليها تقنية (MED)؛

2) عند محطة ذات سعة إنتاج (500×10^3) م^3/اليوم، سجلت تقنية (MSF) تكلفة استثمار (1,078) يورو/م^3 ما انعكس على تكلفة التحلية (0.44) يورو/م^3. فيما سجلت تقنية (RO) أخفض تكلفة (0.32)

يورو/م^3 مقابل (0.43 يورو/م^3) لتقنية (MED) عند تكلفة استثمار (676) يورو/م^3 و (1,042) يورو/م^3 لكلا التقنيتين على التوالي.

لقد ركزت المملكة العربية السعودية في العقد الأخير على إنشاء محطات تحلية بسعات كبيرة يتجاوز بعضها (900 ×10^3) م^3/اليوم. وهذا كان نتيجة حتمية للعلاقة القائمة بين سعة المحطة وتكلفة التحلية. وعلى ذلك، نجد أن جميع المحطات العاملة بتقنية (MSF) في المملكة والتي تتجاوز سعاتها (500 ×10^3) م^3/اليوم تتحمل تكلفة أقل من (0.32) يورو/م^3 حسب معطيات الجدول.

لكن تبقى هذه التكاليف عامة وتقريبية في ظل اختلاف المعطيات الجغرافية، الاقتصادية السائدة في الدول المستضيفة لمحطات تحلية مياه البحر. ومن ثم، فإن التكاليف السائدة في محطات التحلية العاملة في الجزائر والمملكة العربية السعودية قد تزيد أو تنقص عن تلك السائدة في الجدول وقد تماثلها.

2.4. تحليل العلاقة:كمية الطاقة المستهلكة – نوع التقنية المعتمدة– تكلفة تحلية مياه البحر

تعد تحلية مياه البحر صناعة مكلفة جدا من حيث احتياجات الطاقة، أين تعد الطاقة المحرك الأساسي لمختلف العمليات المرتبطة بإنتاج الماء المحلى. بدءا من مأخذ مياه البحر وصولا إلى نقل وتوزيع الماء المحلى خارج المحطة.

وقد كان لتوفر موارد الطاقة الأحفورية (الغاز الطبيعي والنفط) في المملكة العربية السعودية والجزائر بأرخص الأسعار دورا محوريا في تكثيف تحلية مياه البحر خاصة مع الإستراتيجية الوطنية القائمة في البلدين على دعم أسعار هذا المورد الحيوي.

ولا يختلف الوضع في الجزائر والمملكة العربية السعودية عن باقي دول العالم فيما يرتبط بتأثير الطاقة في تكلفة تحلية المتر المكعب المنتج حيث تعد العنصر الأكثر تأثيرا، وتسهم بدرجة أساسية في تكلفة التحلية؛ هذه المساهمة، تتباين من محطة إلى أخرى داخل البلد الواحد، وبين البلدين في الوقت ذاته تبعا لتباين نوع التقنية المعتمدة في التحلية إلى جانب خصائص نوعية مياه التغذية فضلا عن عوامل أخرى.

الجدول رقم (11.4): معطيات عامة حول تكلفة تحلية مياه البحر تبعا لنوع التقنية المعتمدة (الوحدة: النسبة المئوية)

البند	MED	MSF	RO
الطاقة			
1) حرارية	26	26	–
2) كهربائية	19	23	33
رأس المال	49	45	50
التشغيل والصيانة	06	06	17

Source: The World Bank**, Renewable energy desalination-an emerging solution to close the water gap in the Middle East and North Africa-**, MENA development report, USA, 2012, p:76.

تؤكد معطيات الجدول الحقيقة التي وقفنا عليها في السابق على أن الطاقة هي المساهم الرئيسي في تكلفة التحلية بالنسبة للمحطات الحرارية والغشائية، فقط الاختلاف يكمن في نوع الطاقة المستهلكة من قبل كل تقنية ونسبة المساهمة في هذه التكلفة حيث نجد:

1) ترتفع مساهمة تكلفة الطاقة في إجمالي تكلفة تحلية مياه البحر بالنسبة للمحطات الحرارية إلى (45%) بالنسبة لتقنية (MED)، و(49%) بالنسبة لتقنية (MSF) أين تستهلك هذه التقنيات الطاقة الحرارية والكهربائية على حد سواء. مقابل ذلك، تصل النسبة إلى (33%) بالنسبة لتقنية (RO) التي تستهلك الطاقة الكهربائية فقط؛

2) هناك تقارب بين تكلفة رأس المال بالنسبة للتقنيات الثلاثة (MSF،RO وMED) أين تصل نسبة المساهمة في تكلفة التحلية إلى (50%)، (49%) و(45%) على التوالي؛

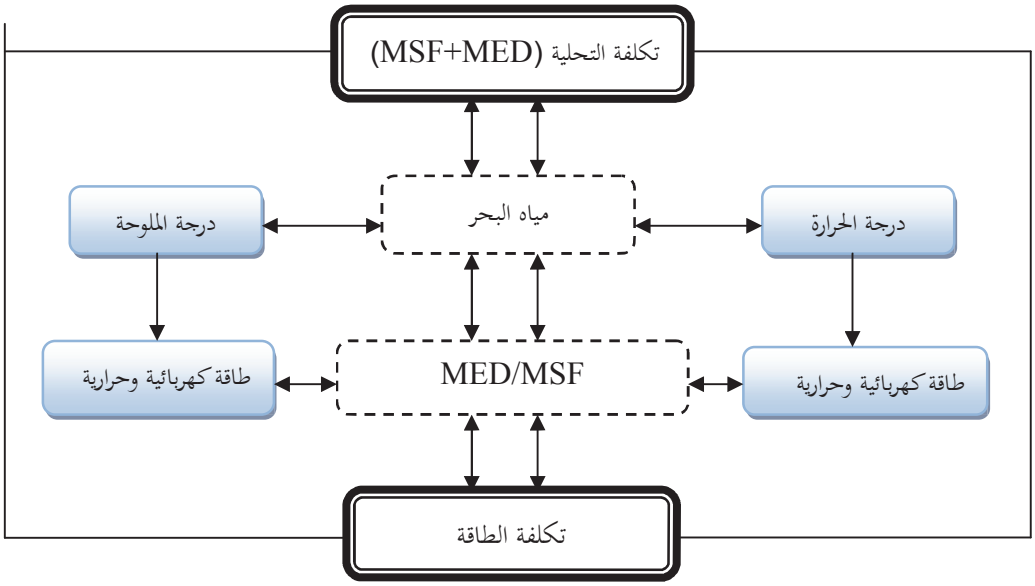
3) ترتفع تكلفة التشغيل والصيانة بالنسبة لتقنية (RO) لتصل (17%) من إجمالي تكلفة التحلية. مقابل نسبة ضئيلة بالنسبة للتقنيات الحرارية (MSF وMED)، أين تقدر بحوالي (06%).

قد تتباين هذه التقديرات مع تقديرات سبق ذكرها بالنظر لتباين قاعدة المعطيات المعتمد عليها، وأيضا الأقاليم الجغرافية المعتمد على تقديراتها. لكنها في النهاية، تتبع نفس المنحى فيما يرتبط بمساهمة كل عنصر في تكلفة التحلية.

1.2.4. كمية الطاقة المستهلكة في محطات التحلية الحرارية (MED + MSF)

تعتمد المملكة العربية السعودية بشكل أساسي على تقنية (MSF) في تحلية مياه البحر، حيث القسم الأكبر من محطاتها خاصة ذات السعات الكبيرة تعمل بهذه التقنية فيما لا تمثل تقنية (MED) إلا نسبة ضئيلة. وترتكز أساسا في محطات التحلية صغيرة السعة. مقابل ذلك، لا توجد إلا محطة واحدة (كهرامة) في الجزائر تعمل بتقنية (MSF).

الشكل رقم (1.4): العلاقة القائمة بين: تكلفة الطاقة – التقنيات الحرارية (MSF/MED)– تكلفة تحلية مياه البحر



المصدر: إعداد الباحثة بالاعتماد على المعلومات الواردة في الفصلين الأول والثاني.

من خلال قراءة الشكل، نلاحظ أن خصائص مياه البحر(درجة الحرارة ودرجة الملوحة) لها تأثير في كمية الطاقة الضرورية لعمل المحطات الحرارية (MSF/MED)؛ حيث تزاد كمية الطاقة لتبخير مياه البحر مع ازدياد درجة الملوحة ما يؤدي لزيادة تكلفة الطاقة، ومن ثم تكلفة التحلية. مع ملاحظة، أن درجة الحرارة والملوحة قد ترتفع

وتنخفض تبعا للمؤثرات المناخية والبيئية التي يمكن أن تشهدها منطقة مآخذ مياه البحر. وهذا ما يؤثر ارتفاعا أو انخفاضا في كمية الطاقة المطلوبة، ومن ثم تكلفة التحلية.

ويمكن أن نستخلص الملاحظات التالية، بشأن المملكة العربية السعودية (وبنسبة أقل الجزائر) انطلاقا من الشكل أعلاه:

1) لا تتأثر التقنيات الحرارية بملوحة مياه البحر مهما كانت درجتها (منخفضة و/ أو مرتفعة)؛ وهذا ما يفسر تفضيل المملكة لهذه التقنيات في ظل الارتفاع النسبي لملوحة مياه البحر في الخليج العربي التي تتراوح بين (40-48غ/ل)، والبحر الأحمر بين (41-42غ/ل)[1]؛ مع تباين هذه التركيزات من موقع إلى آخر على طول الشريطين الساحليين لهذين البحرين، والتي قد ترتفع إلى (49غ/ل) للبحر الأحمر وتصل (60غ/ل) في الخليج العربي؛

2) تعتمد التقنيات الحرارية على تبخير مياه البحر المالحة عند درجات حرارة مرتفعة تعكس درجة ملوحة مياه البحر؛ وهذا ما يتطلب ضخ كميات كبيرة من الطاقة (إذا ما استثنينا تلك المستخدمة في نقل الماء إلى المحطة)، أي ملوحة مرتفعة يقابلها طاقة أكبر (والعكس).

واعتمادا على معطيات الدراسة التي أجرتها الاسكوا (2009)، نجد أن كمية الطاقة المستهلكة بالنسبة لمحطات التحلية العاملة بالتقنيات الحرارية (كما هو حال المملكة) يوضحها الجدول الموالي.

الجدول رقم (12.4): كمية الطاقة المستهلكة في محطات التحلية في المملكة العربية السعودية

نوع تقنية التحلية	الطاقة الكهربائية (كيلوواط ساعي/م^3)	الطاقة الحرارية (كيلوجول/م^3)
MSF	(05-3.5)	(300-250)
MSF Cogen	(05-3.5)	(170-160)
MED	(05-1.5)	(220-150)
MED Cogen	(2.5-1.5)	100

Source: Escwa (Economic and Social Commission for western Asia), **Role of desalination addressing water scarcity**, Escwa development report3, United Nations, USA, 2009, p:28.

من خلال قراءة معطيات الجدول، نلاحظ أن تقنية (MSF) هي أكثر استهلاكا للطاقة مقارنة بتقنية (MED) سواء تعلق الأمر بالطاقة الكهربائية أو الطاقة الحرارية حيث:

1) تتراوح كمية الطاقة المستهلكة في محطات (MSF) أحادية الغرض (ماء محلى فقط) بين (3.5-05)كيلوواط ساعي/م^3 بالنسبة للطاقة الكهربائية، وبين (250-300)كيلوجول/م^3 بالنسبة للطاقة الحرارية. مقابل ذلك، تسجل محطات (MED) استهلاكا أقل بكميات تتراوح بين (1.5- 05)كيلوواط ساعي/م^3 للطاقة الكهربائية، وبين (150- 170)كيلوجول/م^3 للطاقة الحرارية؛(أ)

[1].Lauren F.Green Lee et al, **Reverse osmosis desalination: water sources technology and today's challenges**, Water Research, n° 43, 2009, p: 2326.

2) تتراوح كمية الطاقة المستهلكة في محطات (MSF) ثنائية الغرض (ماء محلى وطاقة كهربائية) بين (3.5-05)كيلوواط ساعي/م^3 للطاقة الكهربائية، وبين (160- 170)كيلوجول/م^3 للطاقة الحرارية. مقابل ذلك، تسجل محطات (MED) استهلاكا أقل للطاقة بنوعيها حيث تتراوح بين (1.5- 2.5)كيلوواط ساعي/م^3 للطاقة الكهربائية، و(100)كيلوجول/م^3 للطاقة الحرارية.(ب)

وبالمطابقة بين (أ) و(ب)، نستنتج بعض الجوانب:

1) رغم ارتفاع كمية الطاقة المستهلكة بالنسبة لتقنيات التحلية بنوعيها (MSF) و(MED)، إلا أن المملكة العربية السعودية اعتمدت على هذه التقنيات بشكل كلي في بداية تاريخها للتحلية. وركزت عليها بشكل أساسي قبل أن يشهد سوقها تنامي تدريجي لتقنية (RO)؛

2) يلاحظ أن المحطات الحرارية أحادية الغرض (إنتاج الماء المحلى فقط)، هي الأكثر استهلاكا للطاقة مقارنة بمحطات ثنائية الغرض (الماء المحلى والطاقة الكهربائية) هذا من ناحية، وأن تقنية (MED) أفضل من تقنية (MSF) في هذا الجانب من ناحية أخرى.

وتظهر خريطة تحلية المملكة، أن قسما كبيرا من محطاتها العاملة تستخدم أسلوب الإنتاج المزدوج في عملها (أي إنتاج الماء المحلى وتوليد الطاقة الكهربائية)؛ هذا الأسلوب، الذي منح ميزة تنافسية مهمة للمملكة من حيث المساهمة في توليد طاقة إضافية إلى جانب إنتاج ماء محلى بنقاوة عالية كما أنه أسلوب أقل استهلاكا للطاقة كما تشير معطيات الجدول السابق.

وتنتج جميع المحطات التابعة للمؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة في المملكة، ماء محلى بطاقة إنتاج يومي تتجاوز (4.6) مليون م^3 وطاقة كهربائية تعادل (7,173) ميجاواط ساعة[1]. تقوم المؤسسة بإعادة استخدام جزء منها فيما الباقي تقوم بتصديره.

وهذا ماكان له تأثير مزدوج في تكلفة التحلية من ناحيتين:

1) من ناحية تكلفة الطاقة، انخفضت بشكل كبير خاصة مع التحسينات التي شهدتها التقنيات الحرارية؛

2) من ناحية التكلفة الكلية، انخفضت أيضا على مدار(10) سنوات الأخيرة.

[1]. نبذة عن المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة، تاريخ التصفح:2016/04/14، متوفر على الرابط: http://www.swcc.gov.sa/Arabic/About swcc /Pages/about.aspx.

الجدول رقم (13.4): بيانات الطاقة المفتاحية (الجزائر والمملكة العربية السعودية)

	الوحدة	MSF	MED	SWRO
درجة الحرارة القصوى المركزة	C°	120…115>	70>	70>
ضغط البخار النوعي	Bar	3.0…2.5~	3.0…2.5~ 0.5…3.0~	-
الطلب اليومي على الحرارة النموذجية	Mj/m^3	255…233~	258…233~	-
الطلب اليومي النموذجي على الكهرباء	Kwh/m^3	5.0…3.0~	2.5…1.5~	5.0…3.0~

Source: MENA Regional Water Outlook, **Desalination using renewable energy**, Part II, Final report, Fichtner, USA, 2011, p: 30.

من خلال قراءة معطيات الجدول، نجمل الملاحظات التالية:

1) تتواءم التقنيات الحرارية (MSF وMED) مع درجة حرارة مرتفعة لمياه البحر الخام تتراوح بين (<70-120م°)، وتأتي تقنية (MSF) في المقدمة بدرجة حرارة (120م°) فيما تنخفض هذه القيمة بالنسبة لتقنية (RO) إلى أقل من (45م°)؛

2) تماثل الطلب اليومي على الحرارة النموذجية في المحطات العاملة بالتقنيات الحرارية (MSF وMED)، حيث تتراوح بين (233-258) ميجاجول/$م^3$. مقابل ضغط يتراوح بين (2.5-3.0) بار لتقنية (MSF) و(0.5-3.0) بار لتقنية (MED)؛ وهذا الجانب تختص به التقنيات الحرارية دون التقنيات الغشائية (RO)؛

3) تماثل الطلب اليومي النموذجي على الكهرباء في المحطات العاملة بتقنيتي (MSF) و(RO)، حيث تتراوح بين (03-05) كيلوواط ساعي/$م^3$. مقابل استهلاك أقل لتقنية (MED)، أين تتراوح بين (1.5-2.5) كيلوواط ساعي/$م^3$.

أسهمت تقنية النانو التي اعتمدتها المملكة العربية السعودية في تحقيق جوانب ايجابية بالنسبة للتقنيات الحرارية على غرار أيضا تقنية (RO) كما سنرى لاحقا، وحققت نتائج ايجابية لعل أبرزها:[1]

1) نجاح استغلال وحدة أغشية النانو مع الطرق الحرارية في تهيئة ظروف تشغيل عند درجة حرارة قصوى للمحلول الملحي تصل (130م°)، ودون تكوين أي قشور ملحية وبنسبة استخلاص تصل (70%) مقارنة بالطرق التقليدية؛

وأثبت دمج أغشية ترشيح النانو مع عمليات التقطير (MED) مقدرته على خفض تكاليف إنتاج المياه من خلال رفع درجة حرارة المحلول الملحي والتي تصل(120م°)، وهي تفوق كثيرا درجات الحرارة المعمول بها حاليا والتي لا تتعدى (65م°). وهذا ما انعكس إيجابا على تحسين الكفاءة الحرارية بشكل ملحوظ.

وتقوم محطات التحلية التابعة للمؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة، بإعادة استهلاك جزء من الطاقة الكهربائية التي أنتجت من قبل هذه المحطات فيما النسبة الباقية يتم تصديرها للشركة السعودية للكهرباء. وبلغت كمية الطاقة

(1). المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة، **تقنية النانو وتحلية المياه:نحو آفاق جديدة وآمال عريضة**، العدد:03، مجلة التحلية، المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة، المملكة العربية السعودية، ص:23.

الكهربائية المستهلكة للتشغيل داخليا في محطات المؤسسة (6.5) مليون ميجاواط ساعة بنسبة (26.6%) من إجمالي التوليد في المؤسسة.[1]

وتظهر الإحصائيات التي تنشرها المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة، الاعتماد المتزايد لمحطات المؤسسة على الغاز الطبيعي في عملها وخاصة محطات الساحل الشرقي. وهذا ماكان له تأثير على تراجع التكلفة البيئية (أو البصمة الكربونية) التي تنتجها هذه المحطات.

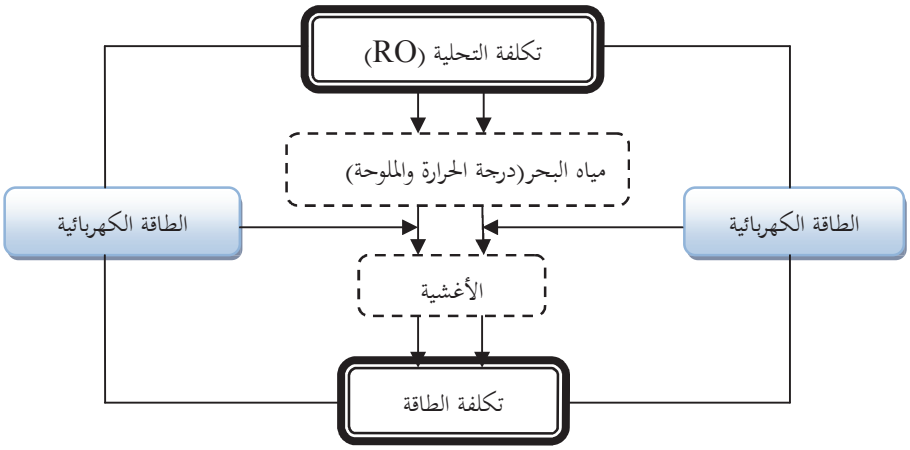
أما بالنسبة للجزائر، فإن جميع محطاتها العاملة تعتمد على الطاقة الكهربائية التي يتم توليدها انطلاقا من الغاز الطبيعي الذي يعتبر نظيفا نسبيا مقارنة بالنفط. ومن ثم، فإن كمية الانبعاثات الغازية الصادرة قليلة جدا (نظريا). مع الإشارة إلى أن الحديث عن بصمة كربونية أو تكلفة بيئية لم نلمس له وجود خاصة لدى الجهات المعنية ببرنامج تحلية مياه البحر ممثلة في شركة الطاقة الجزائرية.

إن استمرار اعتماد الجزائر والمملكة العربية السعودية في توليد الطاقة الكهربائية الضرورية لعمل محطات التحلية على الطاقة الأحفورية، سيسهم لا محالة في تخفيض الكمية المصدرة نحو الخارج وسيضعف من احتياطات البلدين في ظل الاستهلاك الكبير للطاقة من قبل محطات تحلية مياه البحر. وهذا ما سينعكس سلبا على اقتصاد البلدين على اعتبار أن الجزء الأكبر من صادراتهما هي موارد الطاقة، وأغلبية إيراداتهما متأتية من هذه الصادرات.

2.2.4.كمية الطاقة المستهلكة في محطات التحلية الغشائية (RO تحديدا)

أخذت تقنية (RO) حيزا مهما ضمن خريطة تحلية مياه البحر في المملكة العربية السعودية. وبدأ سوقها يعرف نموا متزايدا خاصة مع إستراتيجية المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة القائمة على دعم خريطة تحليتها بكل ما يسهم في زيادة الإنتاج، وتحقيق الاستدامة لمحطاتها العاملة والاستفادة من كل ما هو جديد في سوق التحلية العالمي. وقد أوجدت هذه الإستراتيجية، محطات ذات سعات كبيرة. مقابل ذلك، فإن سوق الجزائر سوق غشائي بامتياز، وتحظى تقنية (RO) بالأفضلية والأولوية لدى القائمين على برنامج تحلية مياه البحر بالنظر لخصائص هذه التقنية من جهة، ولخصائص مياه المتوسط من جهة أخرى.

الشكل رقم (2.4): العلاقة بين: تكلفة الطاقة– تقنية (RO)– تكلفة تحلية مياه البحر



المصدر: إعداد الباحثة بالاعتماد على المعلومات الواردة في الفصلين الأول والثاني.

[1]. المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة، **تقرير التشغيل والصيانة**، المملكة العربية السعودية، 2013، ص:68.

سبق ورأينا أن تقنية (RO) هي تقنية أقل استهلاكا للطاقة (الطاقة الكهربائية)، وهذا مرتبط بمبدأ العمل الذي تقوم عليه. وقد ازدادت كفاءة المحطات العاملة بهذه التقنية مع وجود أنظمة استرجاع الطاقة التي ساهمت بشكل كبير في تخفيض تكلفة الطاقة، ما نتج عنه تخفيض تكلفة التحلية. لكن مع ذلك، فهناك عناصر أساسية لها ارتباط قوي بتكلفة الطاقة يمكن حصرها اعتمادا على الشكل أعلاه في:

أولا: الأغشية: تعد الأغشية العنصر الحساس بالنسبة لمحطات التحلية العاملة بتقنية (RO)؛ وتستورد الجزائر على غرار المملكة العربية السعودية جميع الأغشية المستخدمة في هذه المحطات، مما يجعلها تدفع الكثير مقابل الحصول عليها خاصة مع التطورات التي شهدها سوق الأغشية العالمي، والذي استفادت منه المملكة بدرجة كبيرة وكيفت سوقها مع كل المستجدات العالمية.

وفي هذا المنحى، تواصل المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة دورها الريادي كأول مؤسسة مواكبة لمختلف التطورات التقنية التي يعرفها سوق التحلية، وأخذها على عاتقها مهمة الاستفادة من كل جديد في هذا الجانب وتوطينه في صناعة التحلية بالمملكة.

واستفادت المؤسسة في هذا الإطار من أغشية الترشيح متناهية الصغر (النانو) في المعالجة الأولية لمياه التغذية في محطات التحلية لمياه البحر (سواء العاملة بالتقنيات الحرارية أو التناضح العكسي) لتكوين نظام مزدوج (النانو/ التناضح)، أو نظام ثلاثي (النانو/ التناضح/ التقطير).

وتحققت جراء هذا الخيار، بعض النتائج الايجابية أهمها:[1]

1) انخفاض ملوحة مياه التغذية بنسب تتراوح بين (30%-60%) من نسبة مجموع الأملاح الكلية الذائبة؛

2) إزالة المواد العسرة، مثل: الكبريتات بنسبة تصل (98%)، وكذلك تم إزالة المواد العالقة والبكتيريا. وبلغت نسبة استخلاص الماء العذب (50%-70%) مقارنة بالطرق التقليدية (35%).

ونجح هذا الأسلوب فعليا بعد تطبيقه في محطة"أملج-RO"، وأسهم في ارتفاع إنتاجية المحطة بما نسبته (21%)، وبتكلفة لا تتجاوز(04%) من التكلفة الرأسمالية لإنشاء المحطة.

وتتعرض الأغشية لسلسلة من المشاكل التي تعيق أداءها بشكل كبير وتقلل من فعاليتها وكفاءتها، مما يحمل المحطة أعباء إضافية لمعالجتها. وهذا ما ينعكس سلبا على تكلفة التحلية الكلية (لأن تكلفة الأغشية، تدخل ضمن تكاليف التشغيل والصيانة الضرورية).

وربما ما وصلت إليه المملكة من قدرة على استيعاب كل الأنواع الموجودة في السوق، دليلا قاطعا على أفضليتها في هذا الجانب خاصة في ظل وجود المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة التي تمارس دورها بشكل وطني وقومي إن صح التعبير. مقابل ذلك، لم تحظ الجزائر بعد بمؤسسة مستقلة تشرف على محطات التحلية وتتابع سيرورة نشاطها وتضمن تزويدها بكل احتياجاتها، ولا يزال أداء شركة الطاقة الجزائرية ضعيفا نسبيا. ومرد هذا الجانب، مرتبط أساسا بآلية إنشاء محطات التحلية في الجزائر وفق عقود (BOOT)؛ هذا العقد الذي يمنح للشريك الأجنبي ميزة

[1]. نفس المرجع، ص:23.

(ابني، شغل وأملك/حول) لمحطة التحلية على مدار(25)سنة بغض النظر عن المساهمة الجزائرية في ملكية هذه المحطات (49%) إلا أن القرار مرتبط أساسا بالشريك الأجنبي.

ثانيا: المعالجة الأولية: تتطلب تقنية (RO) معالجة أولية كثيفة لمياه التغذية؛ وهذه الأخيرة مرتبطة بشكل كبير بنوع الأغشية المستخدمة، وخصائص مياه التغذية. وكلما زادت ملوحة مياه التغذية كلما تطلب ذلك معالجة أكثر لها، وأيضا كلما ازدادت نقاوتها كلما انخفضت المعالجة الأولية المطلوبة، والعكس صحيح.

وتتباين درجة المعالجة الأولية بين محطات التحلية التابعة للمملكة العربية السعودية وتلك التابعة للجزائر، تباينا ملحوظا يعكسه نوع المعالجة المستخدمة ومصدر مياه التغذية إلى جانب سعة المحطة؛ وهذا ينعكس أساسا في ارتفاع استهلاك الطاقة بما يؤثر في تكلفة التحلية.

الجدول رقم (14.4): متطلبات الطاقة في محطات (RO) تبعا لأقاليم (البحر المتوسط، البحر الأحمر والخليج العربي)

الإقليم	سعة المحطة	المعالجة الأولية	الاستهلاك المحدد للطاقة (كيلوواط ساعة/م^3)
البحر المتوسط – المحيط الأطلسي 1) TDS: (39,000) ملغ/ل 2) درجة الحرارة:(15-30) مئوية	200,000	FF1	3.5~
		MF/UF	4.5~
	100,000	FF1	3.5~
		MF/UF	4.0~
	200,000	الآبار الشاطئية/مرشحات الرمل	3.9-3.8~
البحر الأحمر- المحيط الهندي 1) TDS:(43,000) ملغ/ل 2) درجة الحرارة:(20-35) مئوية	200,000	FF1	3.8-3.7~
	100,000		
	20,000	الآبار الشاطئية/مرشحات الرمل	4.2~
الخليج العربي 1) TDS:(46,000) ملغ/ل 2) درجة الحرارة:(20-35) مئوية	200,000	DAF+FF2	4.3-4.2~
	100,000		

Source: MENA Regional Water Outlook, **Desalination using renewable energy**, Part II, Final report, Fichtner, USA, 2011, p: 55.

من خلال قراءة معطيات الجدول، نلاحظ أن هناك تفاوتا ضئيلا في كمية الطاقة المستهلكة لإنتاج المتر المكعب الواحد من الماء المحلى في الأقاليم الثلاثة الممثلة للجزائر والمملكة العربية السعودية حيث هناك علاقة وطيدة الصلة (خصائص مياه التغذية- سعة المحطة- نوع المعالجة الأولية)، وكمية الطاقة المستهلكة:

1) **إقليم (البحر المتوسط- المحيط الأطلسي: الملوحة:39غ/ل، م°:15-30)**: هناك تباين في كمية الطاقة المستهلكة تبعا لسعة المحطة حيث في محطة ذات سعة إنتاج (200×10^3 م^3/ اليوم بمعالجة أولية (FF1، MF/UF) هي ((3.5) و(4.5))كيلوواط ساعي/م^3 على التوالي، والأفضلية لنوع المعالجة الأولية (FF1). وتحافظ تقريبا محطة بسعة إنتاج (100×10^3 م^3/ اليوم على نفس الكمية المستهلكة لنوع المعالجة (FF1)، وتنخفض قليلا باعتماد (MF/UF)؛ أما لمحطة بسعة إنتاج (200×10^3 م^3/ اليوم تستخدم مرشحات الرمل، فتتراوح كمية الطاقة بين (3.8-3.9)كيلوواط ساعي/م^3؛

2) **إقليم (البحر الأحمر– المحيط الهندي: الملوحة: 43 غ/ل، م°: 20–35)**: تتماثل الكمية المستهلكة من الطاقة من قبل محطات التحلية ذات سعتي الإنتاج (200×10^3 و100×10^3) م^3/ اليوم باستخدام نوع المعالجة الأولية (FF1)، وتتراوح بين (3.7- 3.8)كيلوواط ساعي/م^3 وهي أكثر ارتفاعا مقارنة بتلك العاملة على سواحل (المتوسط– الأطلسي) إذا لم نأخذ بعين الاعتبار درجة الملوحة والحرارة؛

3) **إقليم الخليج العربي (الملوحة:46 غ/ل، م°: 20–35)**: هناك ارتفاع واضح في استهلاك الطاقة لمحطات التحلية العاملة على ساحل الخليج العربي باستخدام نوع المعالجة الأولية (FF2+DAF)، حيث تتراوح بين (4.2-4.3)كيلوواط ساعي/م^3 لمحطات ذات سعتي الإنتاج (100×10^{3}و200 ×10^3) م^3/اليوم على التوالي، وهي أكثر ارتفاعا مقارنة بتلك السائدة في إقليمي البحر الأحمر والمتوسط.

وبمقارنة المعطيات الواردة في القراءة أعلاه، نلاحظ أن نوع المعالجة الأولية مهم بالنسبة لتقنية (RO)، وأنها ليست الوحيدة المؤثرة في كمية الطاقة المستهلكة.

وكل هذه الجوانب تؤثر في تكلفة التحلية، أين تزداد مع ازدياد كمية الطاقة المستهلكة وتكلفة الأغشية المرتبطة أساسا بدرجة ملوحة مياه البحر.

وعند الحديث عن الأغشية، نميز بين نوعين أساسيين يتم تسويقهما تجاريا على المستوى العالمي:[1]

1) **الأغشية الحلزونية:** تتميز بإنتاجيتها الكبيرة وانخفاض في الطاقة المستهلكة بنسبة (07%) مقارنة مع الأغشية المجوفة؛

2) **الأغشية المجوفة:** تتميز بمقاومتها للكلور بصورة أكبر مقارنة مع الأغشية الحلزونية، وهذا يتيح لها منع الرواسب الحيوية دون التأثير على أداءها.

وفي تقديرات عامة، أنه بإمكان برميل البترول الواحد توفير ما مقداره (600)كيلوواط ساعي من الطاقة؛ فهذا يعني أنه يمكن إنتاج (300م^3) من الماء تقريبا لكل برميل بترول إذا استخدمت تكنولوجيا (MED).كما تشير بعض المصادر في المملكة العربية السعودية، أن تحلية مياه البحر تستنزف (30%) من الطاقة المتوفرة في المملكة.[2]

كما تجدر الإشارة، إلى أنه رغم التماثل الذي تشترك فيه بعض محطات التحلية من حيث سعة الإنتاج مثلا، فإنه ليس بالضرورة امتلاكها لنفس التكاليف. وهذا مرده لعدة أسباب: أهداف نوعية الماء المنتج، خصائص مياه البحر، نوع مأخذ مياه البحر...الخ.[3]

3.2.4. تأثير دعم أسعار الطاقة في تكلفة تحلية مياه البحر في الجزائر والمملكة العربية السعودية

لقد صنعت الطفرة النفطية والغازية في المملكة العربية السعودية والجزائر الفارق بالنسبة لصناعة تحلية مياه البحر، وجعلتها مزدهرة بدرجة كبيرة خاصة في المملكة رغم تكاليفها الرأسمالية المرتفعة.

---

(1). خالد بامردوف وآخرون، مرجع سبق ذكره، ص:13.

(2). عدنان الغزال، **المملكة تنتج (17%) من المياه المحلاة عالميا**، جريدة الوطن، المملكة العربية السعودية، متوفر على الرابط:http://www.alwatan.com.sa/

(3). Water Reuse Association, op.cit, p:15.

هذه الطفرة،كان لها تأثير كبير في إستراتيجية التسعير بالنسبة لمشتقات الطاقة بأنواعها ولمختلف الاستخدامات في البلدين، ونتج عنها سياسة الدعم اللامشروط لأسعار الطاقة فضلا عن المياه. وقد صنعت هذه السياسة فارقا كبيرا بالنسبة لتكلفة تحلية مياه البحر من حيث التشوه الذي لحقها بنظيرتها على المستوى العالمي، على الأقل من ناحية تحمل تكلفة طاقة أقل بالنسبة لمحطة التحلية لكن بالنسبة لاقتصاد البلد فالتكلفة مرتفعة جدا.

الجدول رقم (15.4): معطيات عامة حول الاحتياطات والإنتاج من النفط الخام والغاز الطبيعي خلال الفترة(2011-2014)

احتياطات النفط الخام (بليون برميل)				
	2011	2012	2013	2014
المملكة العربية السعودية	265.406	265.850	265.789	266.578
الجزائر	12.200	12.200	12.200	12.200
الإنتاج اليومي (1,000) برميل/اليوم				
المملكة العربية السعودية	9,311.0	9,763.0	9,637.0	9,712.0
الجزائر	1,161.6	1,199.8	1,202.6	1,192.8
احتياطات الغاز الطبيعي(بليون متر مكعب)				
المملكة العربية السعودية	8,151.0	8,235.0	8,317.0	8,488.9
الجزائر	4,504.0	4,504.0	4,504.0	4,504.0
الإنتاج اليومي(مليون متر مكعب)				
المملكة العربية السعودية	102,430.0	111,220.0	114,120.0	116,720.0
الجزائر	190,127.0	182,599.0	179,489.6	186,724.0

Source: Organization of the Petroleum Exporting Countries, **OPEC annual statistical bulletin**, 50th édition, Austria, 2015, pp: 22,28,94,96.

من خلال قراءة معطيات الجدول، نلاحظ تباينا كبيرا بين الجزائر والمملكة العربية السعودية فيما يرتبط بالإنتاج والاحتياطات من النفط الخام والغاز الطبيعي:

1) بالنسبة لاحتياطات النفط والغاز الطبيعي: نلاحظ:

- تملك المملكة احتياطات ضخمة من النفط الخام وصلت بنهاية 2014 إلى (266.578) مليار برميل بنسبة (22.1%) من الاحتياطي العالمي. مقابل ذلك، لا تتوفر الجزائر إلا على نسبة ضئيلة جدا من الاحتياطي النفطي مقارنة بالمملكة العربية السعودية (12.200) مليار برميل؛
- تتفوق المملكة أيضا على الجزائر فيما يرتبط باحتياطات الغاز الطبيعي، وبنهاية سنة 2014 وصلت (8,488.9) مليار $م^3$ فيما قدرت في الجزائر بـ (4,504.0) مليار $م^3$.

وعلى مدار الفترة الممتدة بين (2011-2014)، يلاحظ أن احتياطي المملكة العربية السعودية من النفط قد تزايد بوتيرة متصاعدة وإن كان بدرجة بطيئة مع تسجيل انخفاض سنة 2013. في حين بقي احتياطي الجزائر نفسه على مدار الفترة (2011- 2014).

2) بالنسبة للإنتاج من النفط والغاز الطبيعي: نلاحظ:

- تنتج المملكة العربية السعودية كميات هائلة من النفط الخام يوميا تتجاوز(09) مليون برميل. وقد سجلت تذبذبا ملحوظا خلال الفترة (2011- 2014) بين الارتفاع والانخفاض، وإن كان بوتيرة طفيفة. مقابل ذلك، تنتج الجزائر كميات تتجاوز (01) مليون برميل يوميا بقليل. وقد تزايد إنتاجها خلال الفترة (2011- 2013)، وإن كان بنسبة ضئيلة لينخفض سنة 2014، لكنه بقي ضمن حدود المليون برميل وأزيد؛
- تتفوق الجزائر على المملكة العربية السعودية فيما يرتبط بإنتاج الغاز الطبيعي، وقد شهد الإنتاج انخفاضا متواصلا خلال الفترة (2011- 2013) ليرتفع مجددا سنة 2014 ليبلغ ($186,724 \times 10^3$) م^3. مقابل ذلك، إنتاج المملكة شهد ارتفاعا متواصلا خلال الفترة (2011- 2014) وإن كان مقدار الإنتاج أقل مما تنتجه الجزائر حيث بلغ سنة 2014 ما مقداره ($116,720 \times 10^3$) م^3.

ما نلمسه من خلال الإحصائيات الواردة في الجدول، أن كلا من المملكة العربية السعودية والجزائر تعتمدان على النفط والغاز الطبيعي في توليد الطاقة الكهربائية، وإن كانت نسبة الاعتماد على الغاز الطبيعي أكبر.كما تؤشر هذه الإحصائيات إلى أن مستقبل صناعة تحلية مياه البحر في البلدين سوف يزدهر أكثر، إذا ما تم ترشيد استخدام الطاقة الأحفورية (الغاز الطبيعي والنفط) من جهة، ودعم العوائد التي ينتجها هذين الموردين لاقتصاد البلدين من جهة أخرى.

1) تستخدم المملكة العربية السعودية يوميا ما يقارب (1.5) مليون برميل من النفط محليا لإنتاج الكهرباء والمياه المحلاة (حوالي 300×10^3 برميل من النفط في صناعة تحلية مياه البحر). ومن هذا المجموع، يستخدم نحو (11%) لتلبية الطلب للاستهلاك المحلي والصناعي للمياه.[1]

وهذا يعني:

- برميل البترول الواحد يوفر:(300) كيلوواط ساعي من الطاقة؛
- تستخدم المملكة في تحلية مياه البحر:(300,000) برميل نفط؛
- تحلية مياه البحر تستهلك طاقة: $300,000 \times 300 = 90 \times 10^6$ كيلوواط ساعي

لكن إذا كانت التقنيات الحرارية (MSF تحديدا) ذات استهلاك واسع للطاقة فإنها في الوقت ذاته تنتج كميات معتبرة من الطاقة (المحطات ذات الغرض المزدوج)، يعاد استهلاك جزء منها في محطات التحلية نفسها هذا من جهة، ومن جهة أخرى فإن التقنيات الحرارية أكثر ملائمة لملوحة مياه البحر المرتفعة. وفي هذه النقطة تحديدا، لماذا لجأت المملكة العربية السعودية لاعتماد تقنية (RO) رغم أن ملوحة مياه البحر الأحمر والخليج العربي أكثر مما هي عليه في البحر المتوسط؟

2) في الوقت ذاته، ركزت الجزائر على تقنية (RO) في محطاتها العاملة لكنها عندما أسست أول محطة اعتمدت على تقنية (MSF). إن تركيز الجزائر على هذه التقنية فقط سوف يحرمها من الميزات الأساسية التي بات يوفرها سوق التحلية العالمي، خاصة ما ارتبط بالمزاوجة بين (MSF) و(RO) ضمن ما يعرف بالأنظمة الهجينة.

[1]. كيرين شيرماير، **مياه حسب الطلب (ثمن تحلية مياه البحر)**، تحقيقات، الطبعة العربية، مجلةNature، 2014، ص:31.

والسؤال هنا: إذا كانت تقنية (MSF) ملائمة لمياه البحر المتوسط، فلماذا ركزت الجزائر فقط على تقنية (RO) رغم أنها تتوفر على موارد للطاقة بشكل كبير بغض النظر عن تكاليفها المنخفضة واستهلاكها الأقل للطاقة؟

الجدول رقم (16.4): تكاليف الكهرباء المدعمة: المملكة العربية السعودية والجزائر(قياسا على المغرب)

البلد	سعر الطاقة المدعوم (دولار أمريكي/كيلوواط ساعي)
المملكة العربية السعودية	0.079
الجزائر	0.041

Source: The World Bank, **Renewable energy desalination: An emerging solution to close the water gap in the Middle East and North Africa**, MENA development report, USA, 2012, p:189.

الجدول رقم (17.4): تكلفة الطاقة بدون دعم

نموذج/نوع مصدر توليد الطاقة	تكلفة الكهرباء بدون دعم (دولار أمريكي/كيلوواط ساعي)
محطة طاقة (CCPP)	0.115
محطة طاقة بتوربين بخار، زيت وقود ثقيل (HFOSTPP)	0.150

Source: The World Bank, **Renewable energy desalination: An emerging solution to close the water gap in the Middle East and North Africa**, MENA development report, USA, 2012, p:189.

من خلال قراءة معطيات الجدولين، نلاحظ:

1) هناك تباين في سعر الطاقة المدعوم في المملكة العربية السعودية والجزائر؛ حيث يرتفع السعر في الجزائر مقارنة بما هو عليه في المملكة بمقدار (+0.038)، وهو فارق يطبع طبيعة السياسة الوطنية المتبعة في كل بلد؛

2) تكلفة الكهرباء بدون دعم ترتفع عندما يكون مصدرها محطة طاقة بتوربين غاز حيث تصل إلى (+0.150) دولار/كيلوواط ساعي. مقابل (0.115) دولار/كيلوواط ساعي بالنسبة لمحطة طاقة (CCPP) أي بفارق (+0.45) دولار/كيلوواط ساعي.

وبالمطابقة بين القراءتين، نجد أن الدعم المقدم من قبل البلدين لأسعار الطاقة لا يعكس التكلفة الحقيقية لإنتاج هذه المادة الإستراتيجية، ومن ثم لا يعكس التكلفة الفعلية لتحلية مياه البحر في البلدين. وقس على ذلك، الدعم المقدم لتسعيرة مياه الشرب التي لا تتواءم بشكل كلي مع تكلفة إنتاج المياه المحلاة.

وتأتي المملكة العربية السعودية والجزائر ضمن الدول العشرة في العالم الأكثر دعما لأسعار الطاقة حيث تأتي المملكة رابعا فيما تحتل الجزائر المرتبة السادسة. ويشير صندوق النقد الدولي في هذا المنحى، أن دعم أسعار الطاقة مسئول عن زيادة انبعاثات الكربون بحوالي (36%).[1]

وتعتمد بعض محطات التحلية العاملة في المملكة على الغاز الطبيعي كمصدر للوقود، ولتوليد الكهرباء على غرار محطة الجبيل على الساحل الغربي التي تنتج (800×10^3)م^3/اليوم من الماء المحلى و(2,745) ميجاواط ساعي من الكهرباء.

[1].The Economist explains: The Global addiction to energy subsidies,july26th 2015, date of showing: 06/05/2016, available at: http://www.economist.com/blogs/economist-explains-19/

الجدول رقم (18.4): الأسعار التي يدفعها منتجو الكهرباء في المملكة والأسعار العالمية للوقود المستخدم في إنتاج الكهرباء

نوع الوقود	سعر المليون وحدة حرارية بريطانية (دولار/أمريكي)	
	السعر الذي يدفعه منتجو الكهرباء في المملكة	السعر العالمي
زيت الوقود الثقيل	0.43	15.43
الغاز الطبيعي	0.75	9.04
الديزل	0.67	21.67
الزيت الخام	0.73	19.26

المصدر: هيئة تنظيم الكهرباء والإنتاج المزدوج، **نشاطات الهيئة وانجازاتها خلال السنة المالية(1435/1434هـ)**، المملكة العربية السعودية، 2013، ص:86.

تظهر معطيات الجدول، الفجوة الكبيرة بين الأسعار التي يدفعها منتجو الكهرباء في المملكة العربية السعودية من مختلف مصادر الطاقة الأحفورية، وتلك السائدة على المستوى العالمي. ويصل الفارق إلى (15) دولار بالنسبة لزيت الوقود الثقيل فيما يرتفع الفارق إلى (21) دولار بالنسبة للديزل، وتنخفض النسبة نوعا ما بالنسبة للغاز الطبيعي إلى أقل من (09) دولار.

وتعكس معطيات الجدول، تلك التكلفة المرتفعة التي تتحملها المملكة نتيجة الدعم الكبير الذي تقدمه لقطاع الكهرباء تحديدا ما ينعكس إيجابا على تكلفة الطاقة، ومن ثم على تكلفة التحلية من الناحية النظرية. لكن على اعتبار أن إنتاج المياه المحلاة يمول كليا من قبل وزارة المالية عبر المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة، فإن ذلك يعطي صورة حقيقية عن التكلفة الباهظة التي تتحملها المملكة جراء ذلك. وبالمثل بالنسبة للجزائر التي تتحمل تكاليف باهظة نتيجة دعم أسعار الكهرباء، الأمر قد لا يظهر بشكل واضح فيما يرتبط بتكلفة الدعم خاصة بالنسبة لتكلفة التحلية.

لكن نهاية سنة 2015، حملت رياح تغييرات مهمة فيما يرتبط بتعريفة المياه والكهرباء (المملكة العربية السعودية) والكهرباء (الجزائر)؛ هذه التغييرات تعكس حقيقة التذبذب الذي بات يلازم سوق الطاقة العالمي، وأيضا التكلفة المرتفعة للدعم اللامشروط لأسعار الكهرباء والماء خاصة مع السياسة القائمة على دعم شرائح المجتمع ككل بدون تمييز.

الجدول رقم (19.4): تعريفة المياه الجديدة في المملكة العربية السعودية

شرائح التعريفة السابقة		شرائح التعريفة الجديدة	
الاستهلاك الشهري ($م^3$/الشهر)	قيمة الاستهلاك للمياه (ريال/$م^3$/الشهر)	الاستهلاك الشهري ($م^3$/الشهر)	قيمة الاستهلاك للمياه (ريال/$م^3$/الشهر)
أقل من50	0.10	أقل من15	0.10
]100-51]	0.15	]30-16]	1.00
]200-101]	2.00	]45-31]	3.00
]300-201]	4.00	]60-46]	4.00
أكثر من300	6.00	أكثر من 60	6.00

المصدر: وزارة المياه والكهرباء، **تعريفة المياه والكهرباء الجديدة**، 2016، متوفر على الرابط:http://www.mowe.gov.sa/Arabic/New Rates.pdf

من خلال قراءة معطيات الجدول، نلاحظ تباين فئات الشريحة الجديدة وقيمة الاستهلاك المائي لكل فئة خلال الشهر مقارنة بفئات الشريحة القديمة حيث يظهر ارتفاع نسبي في قيمة الاستهلاك مقابل انخفاض كبير في تحديد مستوى الفئات:

1) بالنسبة للتعريفة الأولى، يبدأ العد لأقل من (50) م^3/الشهر بقيمة (0.10 ريال). مقابل نفس القيمة لفئة أقل من (15) م^3/الشهر للتعريفة الجديدة؛

2) بالنسبة للتعريفة الأولى، الفئة الأخيرة (أكثر من300) م^3/الشهر بقيمة (06ريال). مقابل نفس القيمة لفئة أكثر من (60) م^3/الشهر للتعريفة الجديدة.

وتشير الجهات المسئولة في المملكة أن تعديل تعريفة المياه يعكس جزء من القيمة الحقيقية للمياه بنسبة (25%)، ويشجع على ترشيد الاستهلاك واستدامة القطاع.

الجدول رقم (20.4): تعريفة فئة الاستهلاك الصناعي للكهرباء

شرائح الاستهلاك	التعريفة القديمة (هللة/كيلوواط ساعي)	التعريفة الجديدة(هللة/كيلوواط ساعي)
كل الاستهلاك	تسعيرة بمعدل 14	18

المصدر: وزراة المياه والكهرباء، **تعريفة المياه والكهرباء الجديدة**، 2016، متوفر على الرابط:http://www.mowe.gov.sa/Arabic/New Rates.pdf

وتشير الجهات المسئولة، أن تعديل تعريفة الكهرباء يعكس القيمة الحقيقية للكهرباء بنسبة (30%) ويشجع على ترشيد الاستهلاك واستمرار الخدمة بجودة عالية.

إن الإقرار بتعديل تعريفة الكهرباء ومياه الشرب في المملكة العربية السعودية سيكون له أثرا ايجابيا خاصة ما ارتبط بتكلفة إنتاج هذين الموردين تحديدا، وسيدفع المواطنين نحو ترشيد استهلاكهم.

الجدول رقم (21.4): البنية التعريفية للماء المنزلي في الجزائر منذ 2005

	الشريحة(م^3/الثلاثي)	المعامل المضاعف	(القاعدة التعريفية: 6.30دج)
الشريحة الأولى	]0-25 م^3]	1.0	6.30 =(6.30×1)
الشريحة الثانية	]25-55م^3]	3.25	20.475 =(6.30×3.25)
الشريحة الثالثة	]55-82م^3]	5.5	34.65 =(6.30×5.5)
الشريحة الرابعة	أكثر من 82 م^3	6.5	40.95 =(6.30×6.5)

Source: Morgan Mozas, Alexis Ghosen, **Etat des lieux du secteur de l'eau en Algérie (études et analyses)**, Institut de prospectives en économique du monde Méditerranéen, 2013, p:15.

الشريحة الثالثة: تضم التعريفة الموحدة المطبقة على الإدارات، الحرفيين وخدمات القطاع الثالث؛

الشريحة الرابعة: تضم التعريفة المطبقة على الوحدات الصناعية والسياحية.

وأكدت الجهات المختصة في الجزائر، أن تسعيرة المياه لن تتغير في الوقت الحالي وستظل تبعا لما جاءت في قانون المياه لسنة 2005 بعكس المملكة العربية السعودية التي باشرت تغيير هذه التعريفة.

إن الحقيقة الواضحة أن أسعار المياه والكهرباء مدعومة بشكل كبير في الجزائر والمملكة العربية السعودية. هذا الدعم، الذي خلق فجوة كبيرة بين التكلفة الحقيقية للإنتاج والأسعار التي يدفعها المواطن والتي لا تكاد تذكر

حيث في حديث لمحافظ هيئة تنظيم الكهرباء والإنتاج المزدوج، أكد أنه لو تم رفع الدعم عن أسعار الكهرباء في المملكة العربية السعودية فسيدفع المواطن ستة أضعاف السعر المدعم الذي يدفعه حاليا.[1]

إن آلية الدعم لأسعار الطاقة في المملكة العربية السعودية والجزائر تقوم على الدعم المعمم، الذي يشمل جميع شرائح المجتمع الفقيرة منها والغنية؛ أي أن الاستفادة الكبرى من هذا الدعم، هي بالأساس للفئات التي لديها القدرة على دفع سعر الطاقة الحقيقي، وهذا ما جعل تكلفته مرتفعة جدا.

ولا يبدو الوضع سيتغير كثيرا في السنوات القليلة القادمة خاصة مع إصرار الجهات المعنية في البلدين، أن دعمها لأسعار المواد الاستهلاكية الواسعة على غرار الطاقة هو تحقيق للاستقرار الاجتماعي وللإنصاف. ومن ثم، فإن أي مراجعة لأسعار الدعم بشكل اقتصادي محض لن تكون في المنظور القريب.

4.2.4. أنظمة استرجاع الطاقة والأنظمة الهجينة: نحو تخفيض تكلفة تحلية مياه البحر في الجزائر والمملكة العربية السعودية

بالنسبة للجزائر والمملكة، فإن تخفيض تكلفة تحلية مياه البحر لازال يمثل أولوية قصوى لدى القائمين على شؤون محطات التحلية والجهات المشرفة على برنامج التحلية في البلدين. وهذا ما جعل الاهتمام منصبا على الاستفادة من كل تطور يطال سوق التحلية العالمي، ويكون له تأثير مباشر أو غير مباشر في تكلفة التحلية.

ومن أكثر التطورات التي كان لها تأثير و/أو سيكون لها تأثير في تكلفة التحلية سواء بالنسبة لمحطات (RO) أو المحطات الحرارية (MSF/MED): أنظمة استرجاع الطاقة والأنظمة الهجينة.

أولا: أنظمة استرجاع الطاقة

أصبحت تقنية (RO) تحظى بموثوقية عالية على المستوى العالمي، وتزايدت حصة السوق الغشائي من سوق التحلية العالمي لتتجاوز نسبة الاستحواذ (50%) من هذا السوق. إن جزءا كبيرا من هذه الموثوقية،كان نتيجة سلسلة من التحسينات الكبيرة والتطورات المتلاحقة التي مافتئت تشهدها تقنية (RO) من حيث جميع عناصرها (الأغشية، الفلتر، الكيميائيات...) لكن أهم ميزة وتطور كان أنظمة استرجاع الطاقة.

جميع محطات التحلية (RO) اليوم مزودة بأنظمة استرجاع للطاقة؛ هذه الأنظمة، التي يرجع لها الفضل في تخفيض كمية الطاقة المستهلكة نظرا لمبدأ عملها القائم على استرجاع جزء من طاقة المحلول الملحي، وترتبط نسبة الاسترجاع بنوع نظام الاسترجاع المعتمد في المحطة.

على مدار العقود الماضية، شهدت أنظمة استرجاع الطاقة تطورات متلاحقة ساهمت بشكل كبير جدا في تخفيض استهلاك محطات (RO) من الطاقة. وتصنف أنظمة استرجاع الطاقة وفق تسلسلها الزمني إلى:[2]

1) Hydraulic to mechanical-assisted pumping ;

---

[1]. عبد الله الشهري- محافظ هيئة تنظيم الكهرباء والإنتاج المزدوج-، مداخلة ضمن برنامج (ضيف وقضية) على قناة السعودية الأولى، المملكة العربية السعودية، بتاريخ17جمادى الآخرة 1434هـ (2013).

[2].For more information's See: Mageed Jean Guirguis, **Energy recovery devices in seawater reverse osmosis desalination plants with emphasis on efficiency and economical analysis of isobaric versus centrifugal devices**, Thesis of master, College of Engineering, University of South Florida, USA, 2011.

2) Hydraulically driven pumping in series;
3) Hydraulically driven pumping in parallel.

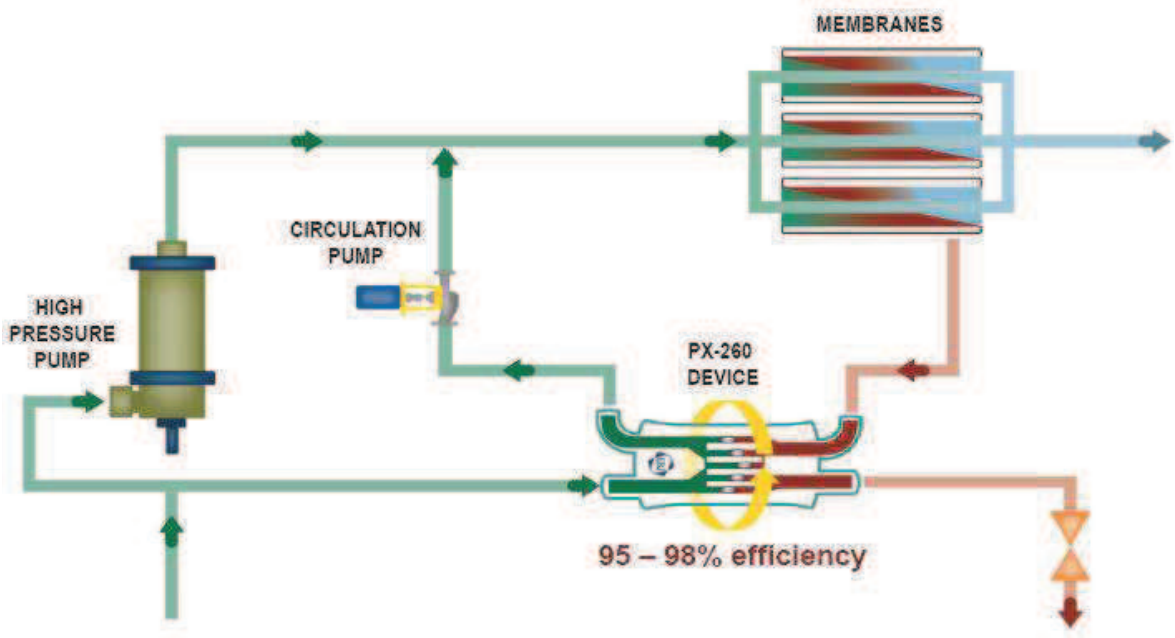
وتضم كل مجموعة من المجموعات الثلاثة عدد من أنظمة الاسترجاع التي تنطوي كل منها على مزايا وعيوب. وتعد المجموعة الثالثة، هي أخر ما توصلت إليها الأبحاث والدراسات والتي أعطت نظام استرجاع هو الأهم على الإطلاق بالنسبة لمحطات (RO) ما يعرف بـ ((The Pressure exchanger(PX) أو مبادل الضغط.

ويمتاز هذا النظام بكفاءة كبيرة جدا، ويسهم في تخفيض استهلاك الطاقة في محطة التحلية حيث يقوم باسترجاع جزء من طاقة المحلول الملحي ذي الضغط العالي ليعاد استخدامها مباشرة في عملية معالجة مياه البحر الداخلة للمحطة. وهذا ما يخفض من احتياجات الطاقة بشكل كبير.

إن المفاضلة بين نظام استرجاع للطاقة وآخر، يتم بالاعتماد على مجموعة من العوامل التي قد تختلف من موقع إلى أخر يمكن ذكر بعضها فيما يأتي:

- التكلفة الرأسمالية الإجمالية التي تختلف من إقليم لأخر؛
- تكلفة الصيانة؛
- إنتاج المحطة الإجمالي والاسترجاع المطلوب؛
- تكلفة التشغيل؛
- محددات مرتبطة بالجوانب البيئية وانبعاثات غازات الدفيئة...الخ.

الشكل رقم (3.4):آلية عمل نظام استرجاع الطاقة (PX)



Source :Mageed Jean Guirguis,Energy **Recovery devices in seawater reverse osmosis desalination plants with emphasis on efficiency and economical analysis of isobaric versus centrifugal devices**, Thesis of master, College of Engineering, University of South Florida, USA, 2011, p:07.

أولا: تعتمد محطات تحلية مياه البحر في الجزائر على نظام استرجاع الطاقة من النوع (PX)، الذي كان له تأثير ايجابي في استهلاك الطاقة وخفض بشكل أساسي من احتياجات الطاقة[1]. والاستثناء الوحيد هو محطة المقطع التي تعمل بنظام (Turbo-Charger)[2]. ورغم التكلفة الرأسمالية المرتفعة لنظام (PX)، وتكنولوجيته المعقدة والدقيقة إلا أن المزايا التي يوفرها تغني بكثير عن التكلفة المتحملة خاصة مع كفاءته المرتفعة التي تصل(95%-98%).

ثانيا: بالنسبة للمملكة العربية السعودية، تضم محطاتها (RO) أنواع متعددة من أنظمة استرجاع الطاقة. وقد واءمت بين أنظمة من الجيل الثاني والثالث، وكان لها تأثير كبير في احتياجات الطاقة وانعكست إيجابا على تكلفة التحلية.

الجدول رقم(22.4): استهلاك الطاقة وكفاءة نظام استرجاع الطاقة (عجلة بولتون نموذجا) محطة أملج– المملكة العربية السعودية–

	استهلاك الطاقة لمضخة ضغط عالي (كيلوواط ساعي/م^3)	تخزين الطاقة من قبل عجلة بولتون (%)	كفاءة عجلة بولتون(%)
الدنيا	7.09	23.61	53.89
القصوى	8.41	31.85	82.28
المتوسط	7.93	27.38	64.36
انحراف ستيودن	0.04	0.27	1.76

Source: Mageed Jean Guirguis, **Energy recovery devices in seawater reverse osmosis desalination plants with emphasis on efficiency and economical analysis of isobaric versus centrifugal devices**, Thesis of master, College of Engineering, University of South Florida, USA, 2011, p:36.

تظهر معطيات الجدول، أهمية نظام استرجاع الطاقة بالنسبة لمحطة أملج بالمملكة العربية السعودية. ورغم أن عجلة بولتون تعد من الجيل الثاني من أنظمة استرجاع الطاقة، إلا أن لها ميزات عديدة وتصل كفاءتها حسب ما هو ملاحظ إلى (82.28%) وهذا مرتبط بكمية الطاقة التي تستهلكها المضخة المعتمد عليها.

ثانيا: الأنظمة الهجينة (Hybrid Systems)

لم تتوقف عجلة البحث والتطوير في مجال صناعة تحلية مياه البحر، وجعل هذا البديل أكثر كفاءة خاصة ما تعلق بتكلفة تحلية مياه البحر. وقد تواصلت الجهود على مدار السنوات الماضية لتقدم أنظمة جديدة قادرة بشكل كبير على تحقيق تميز حقيقي في مجال ترشيد تكلفة التحلية ضمن ما يعرف بالأنظمة الهجينة.

وإذا كانت أنظمة استرجاع الطاقة قد حسنت كثيرا من كفاءة محطات التحلية (SWRO)، وخفضت تكلفة الطاقة المستهلكة ومن ثم تكلفة التحلية، فإن الأنظمة الجديدة التي تعتمد على المزاوجة بين التقنيات الحرارية والغشائية سيكون لها آثار جد ايجابية على تكلفة التحلية في المحطات التي تعمل وفق هذا النظام.

---

(1). مقابلة مع السيد/سامي غزالة، مهندس لدى شركة الطاقة الجزائرية، الجزائر، بتاريخ:2016/03/30.

(2). Djeddi Mohamed, **Algerian Energy Company Spa**, Quarantième anniversaire de la création de l'Université des sciences et des technologies Houari Boumediene, Forum-université-entreprises du02 a 05mai, Alger, 2014, p:13.

توفر الأنظمة الهجينة العديد من المزايا بالنسبة لصناعة تحلية مياه البحر، وتعتبر من بين الخيارات الإستراتيجية المطروحة أمام الدول التي تعتمد هذا البديل على غرار المملكة العربية السعودية.

وهناك نوعين من الأنظمة الهجينة:[1]

1) أنظمة هجينة بسيطة؛

2) أنظمة هجينة مندمجة.

الجدول رقم (23.4): مزايا الأنظمة الهجينة

مزايا عامة
1) تخفيض احتياجات مياه التغذية عن طريق استخدام المحلول الملحي الناتج عن محطات (MSF) كمصدر لمياه التغذية بالنسبة لمحطات (RO)؛ 2) تحسين أداء أغشية (RO) كدالة في درجة حرارة مياه التغذية؛ 3) استعمال معالجة أولية وثانوية مندمجة للماء المنتج عن طريق المحطتين (RO، MSF مثلا)؛ 4) تقليص التآكل والكلورين عن طريق استعمال ضغط بخار منخفض باستعمال المحلول الملحي المهوى كمياه تغذية لتغذية محطة (RO)؛ 5) تخفيض استبدال أغشية (RO)؛ 6) مراقبة درجة حرارة مياه التغذية في محطة (RO) باستعمال مياه التبريد عن طريق قسم طرح الحرارة لمكثفة محطة الطاقة أو(MSF/MED).
المزايا الرئيسية بالنسبة لتكلفة التحلية
1) تخفيض استهلاك الطاقة ما ينعكس على تخفيض تكلفة الطاقة والتأثيرات السلبية على البيئة، ومن ثم على التكلفة البيئية؛ 2) استخدام نفس مأخذ مياه التغذية (بدل المأخذين)، ونفس مأخذ التخلص من المحلول الملحي ما يسهم في تخفيض التكلفة الرأسمالية؛ 3) تكامل المعالجة الأولية والثانوية سيمكن من تخفيض تكلفة الكيميائيات. تخفيض: (التكلفة البيئية + التكلفة الرأسمالية + تكلفة الكيمائيات)= تخفيض تكلفة تحلية مياه البحر

Source: International Atomic Energy Agency (IAEA), **New technologies for seawater desalination using nuclear energy**, IAEA-TEC-DOC-1753, VIENNA, 2015, pp: 31-33.

تشير أغلب الدراسات التي أجريت حول المزاوجة بين التقنيات الحرارية والغشائية أنها تسهم بشكل كبير في التخفيض من تكلفة الإنتاج بحوالي (13%) مقارنة بتكلفة الإنتاج لمحطة غير هجينة.[2]

أولا: بدأت المملكة العربية السعودية في تطبيق الأنظمة الهجينة البسيطة (RO/MSF) في ثلاث محطات كبرى: جدة، الجبيل وينبع. وكان لها مزايا عديدة حيث:[3]

1) سنة 1989: تم إنشاء محطة جدة (SWRO)- المرحلة الأولى- في نفس موقع محطة جدة ثنائية الغرض (طاقة/MSF)، أين كانت المحطة تنتج (12) مليون جالون/اليوم؛

2) سنة 1994: تم مزاوجة محطة جدة (SWRO)- المرحلة الثانية- بإنتاج يومي (12.5) مليون جالون مع محطة جدة- المرحلة الأولى-؛ المحطتين معا تملكنا نفس المأخذ، وقد تم دمج منتجي المحطتين مع محطة (طاقة/ SWRO) ذات الإنتاج (80) مليون جالون/اليوم؛

---

(1).International Atomic Energy Agency, op.cit, p:30.

(2).Osman A.Hamed, **Overview of hybrid desalination systems-current status and future prospects**, International conference on water resources & arid environment, 2004, p:03.

(3).Ibid, p:04.

3) محطات الجبيل (طاقة/MSF) تم توسيعها بإدخال محطة (SWRO) ذات مرحلة واحدة، وبإنتاج يومي (20) مليون جالون. وكانت محطة (SWRO) تتشارك نفس المأخذ ومنفذ التخلص من المحلول الملحي مع محطة (طاقة/MSF).

أما حديثا، فتمثل محطة رأس الخير أولى المحطات التي صممت لتعمل وفق نظام (طاقة-MSF-RO)؛ هذه المحطة التي تعد الأكبر في العالم بسعة إنتاج ($1,050\times10^3$) م^3/اليوم. كما تتوفر هذه المحطة على نظام لاسترجاع الطاقة، وأيضا إنتاج الماء المحلى وتوليد الطاقة الكهربائية. وعلى هذا الأساس، فإن هذه المحطة (وقس على المحطات التي تعمل وفقا لهذا النظام)، ستسهم لا محالة في تخفيض استهلاك الطاقة واسترجاع طاقة المحلول الملحي ما يعني تخفيض تكلفة التحلية بشكل كبير.

ثانيا: لا تتوفر الجزائر حاليا على محطات تعمل بالأنظمة الهجينة في ظل تركيزها على تقنية (RO) في محطاتها العاملة. لكن مع ذلك، إذا حصل واعتمدت الجزائر على المزاوجة بين التقنيات الحرارية والغشائية مستقبلا فإن ذلك سوف يساعدها بشكل كبير في تحسين مردودية صناعة تحلية مياه البحر، وسيسهم في إحداث منافع متعددة لا المرتبطة بإنتاج الماء المحلى والطاقة الكهربائية فقط. ولكن أيضا سيجعل تحلية مياه البحر أكثر استدامة خاصة مع محافظة هذه الأنظمة إلى درجة ما على البيئة مقارنة بعمل محطات (RO) و(MSF) منفردة.

وتثبت الدراسات التي أجريت حول أفضلية تطبيق هذه الأنظمة على مستوى محطات التحلية أنه في حالة وجود اضطرابات معتبرة في الطلب على المياه والطاقة، فإنه من الملائم استخدام أنظمة التحلية الهجينة؛ حيث يسهم هذا الأسلوب في تخفيض تكلفة التحلية، على سبيل المثال: محطة بسعة إنتاج (150×10^3) م^3/اليوم، أين (100×10^3) م^3/اليوم تنتجها (RO) و(50×10^3) م^3/اليوم تنتجها (MSF/MED) فإن التكلفة الكلية للتحلية تنخفض بمقدار (0.064) دولار/م^3 ما يخلق منفعة اقتصادية تقارب (3.4) مليون دولار/سنويا.[1]

3.4. تحليل العلاقة: نوع المنتج النهائي– تكلفة تحلية مياه البحر

أسهم تركيز المملكة العربية السعودية على التقنيات الحرارية في تحلية مياه البحر على تحقيق هدفين أساسيين (تختص بهما هذه التقنيات) بخلاف التقنيات الغشائية، وهما: إنتاج المياه المحلاة وتوليد الطاقة الكهربائية. في الوقت الذي حرمت الجزائر هذه الميزة في ظل تركيزها على تقنية (RO).

وكما سبق ورأينا في المبحث الأول، أن محطات تحلية مياه البحر في المملكة العربية السعودية والجزائر، تنتج نوعين من المنتجات (المرغوبة وغير المرغوبة). وفي هذا المنحى سنعتمد التحليلين معا.

1.3.4. المنتج النهائي المرغوب فيه: الماء المحلى والطاقة الكهربائية

يتباين نوع المنتج النهائي المرغوب فيه في المملكة العربية السعودية عن نظيره في الجزائر تبعا لتباين نوع التقنية المعتمدة على مستوى محطات التحلية حيث:

1) المحطات الحرارية (MSF وMED): تنتج نوعين من المنتج النهائي المرغوب فيه (وخاصة باعتماد تقنيةMSF): الماء المحلى والطاقة الكهربائية؛

[1] .Noreddine Ghaffour et al, op.cit, p:201

2) المحطات الغشائية (RO تحديدا): تنتج منتج نهائي واحد مرغوب فيه: الماء المحلى.

أولا: المملكة العربية السعودية

تتنوع خريطة تحلية مياه البحر في المملكة العربية السعودية من حيث نوع التقنية المعتمدة في التحلية حيث تعتمد على التقنيات الحرارية (MSF تحديدا) وبدرجة أقل (MED)، والتقنيات الغشائية ممثلة أساسا في تقنية (RO).

1) **المياه المحلاة (قياسا على المحطات التابعة للمؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة)**: تأتي أغلب الكميات المنتجة من الماء المحلى في المملكة العربية السعودية من المحطات التابعة للمؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة (28 محطة)، والمنتشرة على ساحلي الخليج العربي والبحر الأحمر.

الجدول رقم (24.4): التصدير الفعلي والتصميمي للمياه المحلاة سنة 2014 (الوحدة: مليون م^3)

	التصدير الفعلي	التصدير التصميمي
الساحل الشرقي	550.1	701.3
الساحل الغربي	557.5	685.8
المؤسسة	1,107.6	1,387.1

المصدر: المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة، **التقرير السنوي2014**، المملكة العربية السعودية، 2014، ص:19.

من خلال قراءة معطيات الجدول، نلاحظ أن التصدير التصميمي لمحطات الساحل الشرقي يعطي أكبر كمية من المياه المحلاة بكمية (701.3) مليون م^3 مقارنة بمحطات الساحل الغربي بكمية (685.8) مليون م^3. لكن مكمن الاختلاف في التصدير الفعلي، حيث تفوقت محطات الساحل الغربي على محطات الساحل الشرقي بنسبة (50.33%) و (49.67%) على التوالي من إجمالي إنتاج المؤسسة لسنة 2014. ويتوقع أن يزداد الإنتاج مع دخول جميع وحدات محطة رأس الخير حيز الخدمة.

إن اختلاف التصدير الفعلي عن التصدير التصميمي، قد يرتبط بعوامل متعلقة بالمحطات في حد ذاتها خاصة التوقف لغرض الصيانة إلى جانب الإصلاحات التي يمكن أن تكون على مستوى شبكة الأنابيب الناقلة للمياه المحلاة خاصة مع طولها وامتدادها ضمن مناطق جغرافية واعرة. كما يمكن أن تكون ناتجة عن خروج بعض الوحدات من الخدمة أو تراجع مردوديتها خاصة، وأن هناك عدد كبير من الوحدات في المملكة التي تجاوزت أعمارها (20) سنة...الخ.

الجدول رقم (25.4): تطور تصدير المياه المحلاة من محطات المؤسسة خلال الفترة (2011-2015)(الوحدة: م^3/اليوم)

	2011	2012	2013	2014	2015[1]
جدة	132,971,437	129,021,118	160,113,108	186,443,877	139,774,625
الشعيبة	126,915,243	164,211,384	165,011,336	176,956,430	180,084,818
ينبع	114,962,423	123,980,425	137,122,852	139,789,071	136,199,271
الشقيق	1,133,747	11,014,123	25,545,843	29,974,534	30,473,535
المحطات الصغيرة	22,303,512	22,496,366	23,512,909	24,329,039	25,049,349
الساحل الغربي	398,286,362	450,723,416	511,306,048	557,492,951	561,581,598
الجبيل	354,967,264	363,410,836	367,656,072	370,383,147	359,940,756
الخبر	125,264,863	133,219,206	120,015,557	118,028,857	127,159,951
الخفجي	7,362,130	7,593,760	7,587,350	7,666,300	7,546,90
رأس الخير	-	-	-	54,076,929	191,701,382
الساحل الشرقي	487,594,257	504,223,802	495,258,979	550,155,233	686,348,989
المؤسسة	**885,880,619**	**954,947,218**	**1,006,565,027**	**1,107,648,184**	**1,247,930,587**

المصدر: المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة، **التقرير السنوي2014**، المملكة العربية السعودية، 2014، ص:25.

[1]: المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة، **التقرير السنوي1436/1437هـ**، المملكة العربية السعودية، 2015، ص:27.

من خلال قراءة معطيات الجدول، نلاحظ تباين كمية المياه المحلاة المصدرة من محطات الساحلين من سنة إلى أخرى حيث:

- حققت جميع محطات الساحل الغربي (جدة، الشعيبة، ينبع، الشقيق والمحطات الصغيرة) زيادات متواصلة في الكمية المصدرة خلال الفترة (2011-2015)، ليرتفع إجمالي الكمية المصدرة من محطات الساحل الغربي من (398,286,362) م^3 سنة 2011 إلى (561,581,598) م^3 سنة 2015؛
- شهدت كمية المياه المحلاة المصدرة من محطات الساحل الشرقي (الجبيل، الخبر والخفجي) تراجعا ملحوظا خلال سنة 2013، لترتفع الكمية المصدرة سنة 2014 بالنسبة لمحطتي الجبيل والخبر مع دخول محطة رأس الخير حيز الخدمة لكن هذا الارتفاع لم يدم طويلا لتنخفض الكمية المصدرة سنة 2015 لمحطتي الجبيل والخفجي في وقت ارتفعت كمية محطة رأس الخير والخبر. هذا التذبذب لم يؤثر كثيرا في إجمالي الكمية المصدرة من محطات الساحل الشرقي باستثناء سنة 2013 بكمية (495,258,979) م^3 لترتفع إلى (686,348,989) م^3 سنة 2015؛
- أما إجمالي الكمية المصدرة من محطات المؤسسة (الساحلين الشرقي والغربي)، فقد ارتفعت بشكل متواصل من سنة إلى أخرى خلال الفترة (2011- 2015)، لتتجاوز عتبة (1,200) مليون م^3 سنة 2015 بعدما كانت تقارب (900) مليون م^3 سنة 2011.

والسبب الرئيسي وراء هذه الزيادة هو دخول محطة رأس الخير على الساحل الشرقي حيز الخدمة لترتفع مساهمتها بشكل كبير مع مطلع سنة 2015 بكمية تجاوزت (191) مليون م^3.

2) **توليد الطاقة الكهربائية**: بالموازة مع إنتاجها للمياه المحلاة، تقوم غالبية المحطات التابعة للمؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة بتوليد الطاقة الكهربائية، وقس على ذلك المحطات التابعة للشركات المرخص لها بالإنتاج المزدوج. ويتم استخدام جزء من الطاقة الكهربائية المولدة في محطات المؤسسة لتشغيل مرافق محطاتها. وتسهم محطات المؤسسة في إنتاج الكهرباء بنسبة (12%).[1]

الجدول رقم (26.4): توليد الطاقة الكهربائية من محطات المؤسسة (الوحدة: ميجاواط ساعي)

	الساحل الغربي	الساحل الشرقي	المؤسسة
2010	8,214,616	16,491,461	24,706,077
2011	9,134,402	14,973,214	24,107,616
2012	8,925,472	14,721,727	23,647,199
2013	9,497,994	15,382,609	24,880,603
2014	8,542,940	21,147,492	29,690,432

المصدر: المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة، **التقرير السنوي2014**، المملكة العربية السعودية، 2014، ص:29.

من خلال قراءة معطيات الجدول، نلاحظ أن سنة 2014 سجلت أعلى كمية لتوليد الطاقة الكهربائية وتحديدا في محطات الساحل الشرقي؛ ليصل إنتاج المؤسسة (29.7) مليون ميجاواط ساعي بعدما كان (24.88) مليون ميجاواط ساعي سنة 2013.

وتظهر المعطيات، أن محطات الساحل الشرقي هي التي تسهم في توليد أكبر كمية من الطاقة الكهربائية مقارنة بمحطات الساحل الغربي. وترجع الزيادة المسجلة سنة 2014 إلى دخول وحدات توليد الطاقة في محطة رأس الخير حيز الخدمة، كذلك زيادة التوليد في محطات تحلية ينبع بنسبة (19.4%).

الجدول رقم (27.4): الطاقة الكهربائية المصدرة من محطات المؤسسة خلال الفترة (2011–2015) (الوحدة: ميجاواط ساعي)

	2011	2012	2013	2014	2015
جدة	2,043,656	1,117,447	1,438,671	328,916	143,820
الشعيبة	963,690	1,423,163	1,546,842	1,315,684	1,496,412
ينبع	1,927,644	1,639,608	1,639,608	1,416,746	1,572,446
الشقيق	19,251	71,446	71,446	304,704	416,743
الساحل الغربي	4,954,241	4,251,664	4,780,244	3,366,050	3,269,421
الجبيل	6,046,289	5,636,318	7,639,590	7,497,104	7,351,844
الخبر	4,624,180	4,690,739	3,343,359	3,793,010	4,636,140
رأس الخير	-	-	-	4,816,190	10,793,233
الساحل الشرقي	10,270,469	10,327,057	11,073,949	16,102,304	22,781,217
المؤسسة	**15,624,710**	**14,578,721**	**15,854,193**	**19,468,354**	**26,410,638**

المصدر: المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة، **التقرير السنوي1436/1437هـ**، المملكة العربية السعودية، 2015، ص:31.

[1]. نفس المرجع، ص:30.

من خلال قراءة معطيات الجدول، نلاحظ أن محطات الساحل الشرقي تتفوق على محطات الساحل الغربي فيما يرتبط بالكمية المصدرة من الطاقة الكهربائية حيث:

- بالنسبة لمحطات الساحل الغربي: سجلت محطة جدة أعلى كمية مصدرة من الطاقة الكهربائية سنة 2011 بأزيد من (02) مليون ميجاواط ساعي، فيما تجاوزت الكمية (01) مليون ميجاواط ساعي خلال سنتي 2012 و2013 لتنخفض بشكل كبير خلال سنتي2014 و 2015 إلى (328,916) و(143,820) ميجاواط ساعي على التوالي. فيما شهدت محطات الشعيبة وينبع تذبذبا في الكمية المصدرة على مدار السنوات الخمسة مع كمية تتجاوز(01) مليون ميجاواط ساعي لكل محطة؛
- بالنسبة لمحطات الساحل الشرقي: تأتي محطة الجبيل أولا في الكمية المصدرة من الطاقة الكهربائية، وتجاوزت الكمية (07) مليون ميجاواط ساعي على مدار سنوات (2013- 2014- 2015) مع انخفاض ضئيل سنة 2012. أما محطة الخبر، فتأتي ثانيا من حيث الكمية المصدرة أين شهدت تذبذبا خلال سنتي 2013 و2014 لأقل من (04) مليون ميجاواط ساعي بعدما كانت تتجاوز (04) مليون ميجاواط ساعي سنتي 2011 و2012 لكن الكمية المصدرة ارتفعت خلال سنة 2015 لنفس المستوى (أزيد من 04 مليون ميجاواط ساعي).

ثانيا: الجزائر

إذا كانت أغلب محطات التحلية العاملة في المملكة العربية السعودية تنتج نوعين من المنتج النهائي المرغوب فيه: الماء المحلى والطاقة الكهربائية انطلاقا من سيادة التقنيات الحرارية في محطاتها، فإن الجزائر عكسها تماما حيث تنتج نوع واحد فقط من المنتج المرغوب فيه، وهو الماء المحلى باستثناء محطة كهرامة التي تنتج ماء محلى وطاقة كهربائية وإن كان إنتاجها ضئيل جدا (320 ميجاواط ساعي).[1]

الجدول رقم (28.4): تطور الإنتاج من الماء المحلى خلال الفترة (2010-2015)(الوحدة: م^3/السنة)

السنوات	كمية المياه المحلاة المنتجة
2010	150,886,597
2011	240,962,909
2012	352,029,657
2013	379,727,772
2014	402,810,578
2015	435,304,130

المصدر: شركة الطاقة الجزائرية (AEC).

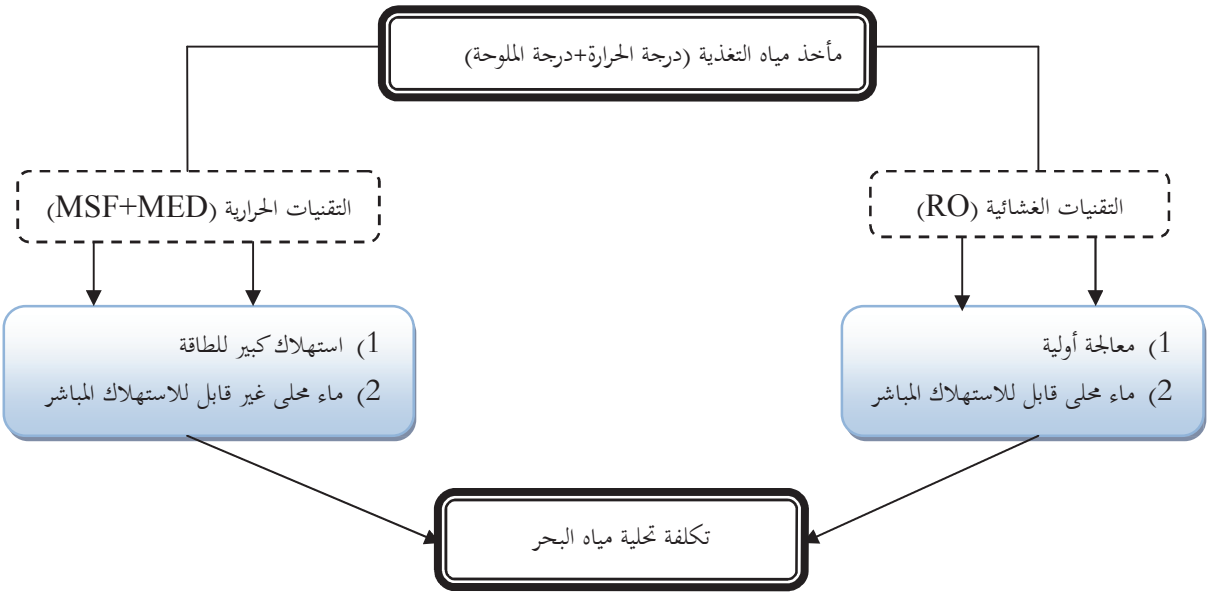
من خلال قراءة معطيات الجدول، نلاحظ أنه على مدار الفترة الممتدة بين (2010-2015) شهد الإنتاج السنوي من المياه المحلاة في الجزائر نموا متزايدا من سنة إلى أخرى حيث بين سنتي 2010 و2013 كانت الزيادة تقريبا بحصة تتجاوز (100×10^6) م^3 خلال سنة 2011 مقارنة بسنة 2010، وبنفس الكمية تقريبا خلال سنة

[1]. Algerian Energy Company, op.cit, p:03.

2013 مقارنة بسنة 2012. فيما انخفضت الزيادة سنتي 2014 و2015، فيما ظلت الكمية في تزايد ليصل الإنتاج نهاية 2015 إلى أزيد من (400×10^6) م^3.

رغم مرور (10) سنوات فقط على دخول أولى محطات التحلية حيز الخدمة (نهاية سنة 2005) إلا أن الجزائر تمكنت من تحقيق نتائج مشجعة فيما يرتبط بإنتاج المياه المحلاة. وعلى مدار الفترة الممتدة بين (2005-2015)، شهد الإنتاج نموا متواصلا ليقارب نصف مليار م^3 نهاية 2015. وقد تبدو المقارنة مع المملكة العربية السعودية في هذا المنحى مجحفة جدا بحق الجزائر، لاعتبارات عديدة أولها خبرة المملكة التي تمتد لنهاية ستينيات القرن العشرين مع عدد محطات يزيد عن (30) محطة وبإنتاج سنوي يزيد عن المليار م^3.

الشكل رقم(4.4): العلاقة بين: تكلفة تحلية مياه البحر – المنتج النهائي المرغوب فيه



المصدر: إعداد الباحثة اعتمادا على المعلومات الواردة في الفصول السابقة.

من خلال قراءة الشكل، يمكن توضيح العلاقة القائمة بين نوع المنتج النهائي المرغوب فيه (ماء محلى، ماء محلى وطاقة كهربائية) وتكلفة تحلية مياه البحر كمايلي:

أولا: بالنسبة للتقنيات الغشائية (RO)

1) تتطلب تقنية (RO) معالجة أولية كثيفة ترتبط أساسا بنوع مأخذ مياه التغذية، وبقدر ما تكون المياه ذات جودة بقدر ما تنخفض المعالجة الأولية لكن مهما كان فهي ضرورية بالنظر لطبيعة الأغشية وحساسيتها الدقيقة لمختلف الجزيئات. وتعتمد الجزائر والمملكة العربية السعودية على مآخذ مفتوحة في اقتطاع مياه التغذية؛ هذه المآخذ التي تتميز بموثوقية عالية، لكن مياهها تتطلب معالجة أولية كثيفة انطلاقا من المأخذ وحتى وصولها للمحطة. هذا الأمر يؤدي إلى زيادة تكلفة الكيميائيات المستخدمة في المعالجة الأولية، ما يسهم في زيادة تكلفة التحلية.

2) من جهة أخرى، تعطي تقنية (RO) ماء محلى قابلا للاستهلاك الآدمي مباشرة؛ وهذا ما يجعل من إضافة مواد كيميائية لتعديل ملوحته أمرا غير وارد (وإن أضيفت فهي قليلة جدا). وهذا ما يخفض من تكلفة المعالجة الثانوية، ومن ثم تكلفة التحلية.

ثانيا: بالنسبة للتقنيات الحرارية (MSF/MED)

تبدو الصورة مغايرة في حالة المحطات الحرارية نظرا لمبدأ عمل هذه التقنيات التي تقوم على التبخير لمياه البحر عند درجات حرارة مرتفعة، ومن ثم فإن نوع مأخذ مياه البحر على أهميته لكنه ليس بالقدر الذي هو عليه بالنسبة للمحطات الغشائية. وإبراز تأثير الماء المحلى والطاقة الكهربائية في تكلفة التحلية، قد يبدو معقدا ومتداخلا لكن التركيز سيكون على جانبين أساسيين بالنسبة لهذه التقنيات (بخلاف العناصر الأخرى):

1) لا تتطلب مياه البحر الداخلة لمحطات (MSF/MED) معالجة أولية كثيفة (منخفضة وأحيانا منعدمة). ويرجع ذلك إلى مبدأ عمل تقنية (MSF/MED) التي لا تتأثر بدرجة ملوحة وحرارة مياه التغذية. وهذا ما ينعكس إيجابا على تكلفة الكيميائيات المستخدمة في معالجة مياه البحر التي تكون منخفضة جدا مقارنة بتلك الضرورية لمحطات (RO)؛

2) تعطي محطات (MSF/MED) ماء محلى نقي جدا (مقطر)، وهو غير قابل للاستهلاك الآدمي مباشرة (بخلاف بعض الاستخدامات الصناعية). لذلك يتطلب إضافة بعض الكيميائيات لتعديل مذاقه وجعله مستساغا، وهذا ما يحمل المحطة تكلفة إضافية ترتبط بالمعالجة اللاحقة؛

3) رغم ارتفاع كمية الطاقة المستهلكة في محطات (MSF/MED) سواء الحرارية أو الكهربائية، إلا أن إعادة استهلاك جزء من الطاقة الكهربائية داخل المحطة سيسهم في تخفيض ولو ضئيل في كمية الطاقة المستهلكة إذا افترضنا أن محطات التحلية تقوم باعادة استخدام جزء من الطاقة التي تنتجها كما هو الحال في المملكة العربية السعودية.

وبشكل عام، يؤثر نوع المنتج النهائي المرغوب فيه في تكلفة التحلية انطلاقا:

- **تكلفة الكيميائيات**، التي تزداد مع ازدياد المعالجة الأولية الضرورية لمياه البحر مما يزيد من تكلفة التحلية؛ وهي الحال التي تسود محطات التحلية في الجزائر، وقسم صغير من محطات المملكة العربية السعودية العاملة بتقنية (RO)، والمعالجة اللاحقة للمياه المحلاة المقطرة (في حالة المحطات الحرارية) التي تتفرد بها بشكل كلي المملكة العربية السعودية (إذا استثنينا محطة كهرامة في الجزائر)؛
- **تكلفة الطاقة**، على افتراض إعادة استهلاك جزء من الطاقة المنتجة داخل محطات التحلية (المحطات الحرارية)، مما يسهم في تخفيض ولو نسبي في الكمية المستهلكة كما هو الحال في المحطات التابعة للمؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة.

2.3.4. المنتج النهائي غير المرغوب فيه: المحلول الملحي والانبعاثات الغازية

تنتج محطات تحلية مياه البحر في المملكة العربية السعودية والجزائر على غرار باقي محطات التحلية في العالم، نوعين من المنتج النهائي غير المرغوب فيه: المحلول الملحي والانبعاثات الغازية التي تعتبر غير مرغوبة بالنسبة لصناعة تحلية مياه البحر بالنظر لتأثيراتهما السلبية على البيئة بنظمها المختلفة.

هذه التأثيرات، التي تعد معروفة على المستوى العام لكن تحديدها بشكل دقيق لكل محطة ولكل اقتصاد لازال يخضع لسلسلة من المعايير والردود السريعة للقائمين على شؤون هذه المحطات خاصة في المملكة والجزائر، وإن

كانت المملكة قد قطعت شوطا كبيرا في إدراك مخاطر هذين المنتجين وكيفت برامجها واستراتيجياتها لتواءم طبيعة هذه المخرجات وتعقيداتها اللاحقة.

لكن التساؤل الذي يطرح هنا: ما مدى تأثير هذا المنتج في تكلفة تحلية مياه البحر في المملكة العربية السعودية والجزائر؟

أولا: الانبعاثات الغازية

إن تقدير الانبعاثات الغازية الصادرة عن محطات تحلية مياه البحر في الجزائر والمملكة العربية السعودية ليس بالأمر اليسير خاصة في ظل تنوع المصادر المسئولة عن انبعاث هذه الغازات:

1) تعد محطات التحلية في الجزائر والمملكة مستهلكا رئيسيا للطاقة؛ هذه الطاقة، التي تولد من مصادر أحفورية (نفط وغاز طبيعي). وتتباين كمية الانبعاثات الصادرة في البلدين تبعا لمصدر الطاقة المستخدم في توليد الطاقة الكهربائية لعمل محطات التحلية؛

2) الانبعاثات المرتبطة بالكيميائيات المستخدمة في المعالجة الأولية تحديدا، والتي تتركز بدرجة أساسية في محطات (RO)؛

3) الانبعاثات الناتجة أيضا عن تعويض الفلتر ومخلفات الصرف...الخ.

ويصنفها البعض إلى:[1]

- غازات الاحتباس الحراري (CO_2 تحديدا)؛
- غازات الأمطار الحمضية (NO_X، SO_2)
- غازات المواد الجزيئية الدقيقة (PM_{10}، $PM_{2.5}$).

الجدول رقم (29.4): كمية انبعاثات غاز(CO_2) تبعا لمصدر الطاقة

نوع الوقود	الفحم الأسود	الفحم الأسمر	النفط الأحفوري الخفيف	النفط الأحفوري الثقيل	الغاز الطبيعي	البترول	الديزل
غ CO_2/كيلوواط ساعي	338	404	266	281	202	259	266

Source: Sabine Latteman, **Development of an environmental impact assessment and decision support system for seawater desalination plants**, Thesis of Doctorat, CRC Press/Balkema, Netherlands, 2010, p: 95.

من خلال قراءة معطيات الجدول، نلاحظ أن الغاز الطبيعي هو أقل مصادر الطاقة إصدارا لغاز(CO_2) مقارنة بباقي المصادر حيث يسجل (202) غ/كيلوواط ساعي. في حين، ترتفع الكمية بالنسبة للفحم الأسمر والأسود لتصل إلى (404) و(338) غ/كيلوواط ساعي على التوالي فيما تتقارب الكمية بالنسبة للبترول والديزل والنفط بنوعيه الخفيف والثقيل.

[1] .Ibid, p:95.

الجدول رقم (30.4): الكمية المعادلة من انبعاثات(CO_2) لمحطة (RO) بسعة (100,000) م^3/اليوم

مدخلات العملية	الغرض	الكمية النموذجية (ملغ/ل)	الكمية النموذجية (كغ/اليوم)	الانبعاثات (كغ من co_2 المكافئ/كغ منتج)	طن من (co_2 المكافئ/اليوم)
الطاقة	مضخات تغذية كهربائية	4.5 كيلوواط ساعي/م^3		1.467 كغ من co_2 المكافئ/كيلوواط ساعي	660.15
Cl_2	معالجة أولية	50	12,345.67	1.2	14.81
$Fecl_2$	معالجة أولية	05	1,234.56	3.23	3.98
مضاد القشرة	معالجة أولية	03	740.7	7.4	5.48
NaoH	المرور الثاني- معالجة أولية	6.34	704.4	3.23	2.27
Nylon	أغشية	4,595	30.31	84.4	2.55
HCl	معالجة أولية	20	4,938.27	0.76	3.75

Source: UNESCO center for membrane science and technology and university of new south wals, **Emerging trends in desalination: A review**, Waterlines report series n°9, National water commission, Australia, 2008, p:49.

من خلال قراءة معطيات الجدول، نلاحظ أن الطاقة ليست المصدر الوحيد لانبعاثات غاز (CO_2) بالنسبة لمحطة (RO) وإن كان هي المساهم الأكبر بكمية (660.15) طن/اليوم. وإنما هناك كيميائيات أخرى يتم استخدامها أثناء المعالجة الأولية تحديدا، وينتج عنها انبعاثات غاز (CO_2) على غرار (NaoH، Cl_2...الخ). .

وبالنسبة لمحطات (RO)، فإن هذه المصادر منطقية بالنظر للحاجة الكبيرة للمعالجة الأولية التي تقتضيها مياه البحر فضلا عن المحافظة على الأغشية. أما المحطات الحرارية (MSF/MED)، فإن القسم الأكبر من الانبعاثات ينتج عن مصدر الطاقة في ظل انخفاض و/أو انعدام المعالجة الأولية انطلاقا من مبدأ عمل هذه التقنيات.

وقياسا على معطيات الجدول، واعتمادا على المعلومات المتوفرة في الجزائر والمملكة العربية السعودية نجد:

أولا: بالنسبة للجزائر

- تشير الآراء الصادرة عن الجهات المعنية لدى شركة الطاقة الجزائرية، أن جميع محطات التحلية العاملة في الجزائر تعتمد على الطاقة الكهربائية المولدة عن طريق الغاز الطبيعي؛ هذا الغاز الذي لا يتم حرقه داخل محطات التحلية على اعتبار أن محطات (RO) لا تعمل بالموازاة مع محطات طاقة، بما يؤشر إلى أن هناك تلوث صفري بالنسبة للمحطات الغشائية (RO)، والاستثناء الوحيد هو محطة كهرامة التي تعمل بتقنية (MSF).

لكن هذه الحقيقة قد تكون منافية للواقع ولو بشكل جزئي على اعتبار أن هناك كما هائلا من الكيميائيات التي تستخدم بشكل يومي في محطات التحلية، والتي ينتج عنها انبعاثات متباينة كما سبق توضيحه. ورغم أن الجميع، يؤكد أن محطات التحلية التي أنجزت أخذت بعين الاعتبار كافة الجوانب البيئية والتأثيرات المحتملة إلا أن الحقيقة أن الحديث عن انبعاثات غازية لمحطات التحلية في الجزائر أمر غير وارد على الأقل بشكله العام كمصدر من مصادر التكلفة البيئية مع العلم أن شركة المشروع التي تتولى مهمة العقود المرتبطة بالصيانة والهندسة على مستوى جميع محطات التحلية تتوفر على إدارة خاصة بالبيئة والصحة والسلامة.

● أما الكيميائيات المصروفة بالنسبة لمحطات التحلية في الجزائر فإنها مرتبطة بكثافة المعالجة الأولية التي ترتبط أساسا بنوعية مياه البحر إلى جانب تلك المستخدمة في تنظيف الأغشية والفلتر. وإذا أخذنا منطقة البحر المتوسط لوحدها (كما سبق ورأينا)، فإن الكمية المصروفة في البحر من بعض الكيميائيات:[1]

1) (23) طن من مضادات القشرة؛

2) أكثر من (1.9) طن من الكلورين؛

3) (18) كغ من النحاس لمحطة (MSF).

وإذا كانت الجزائر هي ثاني منتج للمياه المحلاة في حوض المتوسط، وكانت الكميات أعلاه هي المصروفة أو المتخلص منها. فهذا يعني أن كمية الانبعاثات من الكيميائيات المستخدمة مقارنة مع الحجم المتخلص منه، ستكون أيضا كبيرة انطلاقا من سعة الإنتاج اليومي التي تتجاوز (1.5) مليون م^3 من الماء المحلى.

ثانيا: بالنسبة للمملكة العربية السعودية

لأن خريطة تحلية مياه البحر في المملكة العربية السعودية هي الأغنى على الإطلاق في العالم، وتعمل محطاتها بالتقنيات الحرارية والغشائية معا. فهذا يعطي نظرة عامة عن حجم الانبعاثات الغازية التي تنتجها محطاتها العاملة خاصة الحرارية منها.

1) تنتج المحطات الحرارية في المملكة ملايين الأمتار المكعبة يوميا من الماء المحلى، وآلاف الكيلوواطات ساعية من الطاقة الكهربائية؛ وبالنظر لارتفاع كمية الطاقة التي تستهلكها محطات التحلية الحرارية (MSF تحديدا) التي تشغل الحيز الأكبر من خريطة التحلية في المملكة خاصة مع حجم الإنتاج اليومي الذي بلغ (6.6) مليون م^3 نهاية 2015[2]، يعطي صورة واضحة عن حجم الانبعاثات الغازية التي تصدرها هذه المحطات، إذا ما علمنا أن المحطات الحرارية أكثر إصدار للغازات مع اعتمادها على الطاقة الكهربائية المولدة من مختلف المصادر الأحفورية.

الجدول رقم (31.4): استهلاك الوقود السنوي لتوليد الكهرباء في المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة (الوحدة: النسبة المئوية)

	غاز طبيعي	زيت خام	زيت الوقود الثقيل	الديزل
المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة	60	18	20	02

المصدر: هيئة تنظيم الكهرباء والإنتاج المزدوج، **الكتب الإحصائي السنوي لصناعتي الكهرباء وتحلية مياه البحر**، الإصدار السابع، المملكة العربية السعودية، 2014، ص:19.

إن محطات التحلية الحرارية (MSF) كثيفة الاستهلاك للطاقة بنوعيها الحرارية والكهربائية، وينتج عنها آلاف الغرامات من الغازات الصادرة خاصة (CO_2) وإن كانت معطيات الجدول توضح أن (60%) من الطاقة المستخدمة في محطات التحلية بالمملكة مصدرها غاز طبيعي الذي يتميز بإصدارات أقل، يليه زيت الوقود الثقيل وزيت الخام بنسبة (20%) و(18%) على التوالي.

وإذا أخذنا بعين الاعتبار آلية عمل المحطات الحرارية في المملكة العربية السعودية (إنتاج الماء المحلى والطاقة الكهربائية)، فإن هذه الأخيرة لها ميزة تخفيض الانبعاثات الغازية الصادرة عن محطات التحلية في ظل انخفاض استهلاكها للطاقة بخلاف المحطات أحادية الغرض ما يخفض من استهلاك الطاقة ومن ثم تكلفة التحلية.

---

[1].Ibid, p:88.

[2]. نبذة عن المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة، مرجع سبق ذكره.

الجدول رقم (32.4): تكلفة انبعاثات (CO_2) لمختلف تقنيات التحلية

تقنية التحلية	$Kg\text{-}co_2/m^3$	حصة co_2 (دولار/$م^3$)
MSF	25.0 -20.4	0.50 -0.41
MSF Cogen	15.6 -13.9	0.31 -0.28
MED	17.6 -11.8	0.35 -0.24
MED Cogen	8.9 -8.2	0.16 -0.12
SWRO	6.0 -3.4	0.12 -0.07

Source: Escwa (Economic and Social Commission for western Asia), **Role of desalination addressing water scarcity**, Escwa development report3, United Nations, USA, p:28.

تظهر معطيات الجدول، أن المحطات الحرارية (MSF وMED) هي المسببة الرئيسية لانبعاثات (CO_2)، وأن درجة هذه الانبعاثات أيضا تتباين بين (MSF) و(MED) من جهة، وبين (MSF Cogen) و(MED Cogen) من جهة أخرى حيث:

- ترتفع الكمية المنتجة للمتر المكعب من الماء المحلى بالنسبة لمحطة (MSF) إلى (2.5)كغ مقابل (17.6) كغ لمحطة (MED). مقابل ذلك، تنخفض الكمية المنتجة لمحطة (MSF Cogen) إلى (15.6)كغ. في حين، تسجل محطة (MED Cogen) كمية منتجة تتراوح بين (8.2-8.9)كغ/$م^3$؛
- أما فيما يرتبط بتكلفة الانبعاثات لكل متر مكعب منتج من الماء المحلى، فتسجل التقنيات الحرارية أعلى تكلفة كما هو الحال بالنسبة للكميات المنتجة؛ حيث تتراوح بين (2.24-2.50) دولار/$م^3$بالنسبة لتقنيتي (MED وMSF). مقابل (0.12-0.31) دولار/$م^3$ لتقنيتي (MED Cogen وMSF Cogen) فيما تسجل تقنية (RO) أقل تكلفة للانبعاثات الصادرة، وتتراوح بين (0.07- 0.12) دولار/$م^3$.

2) بالنسبة لمحطات (RO)، تتوفر المملكة على عدد لا بأس به من هذه المحطات التي بدأ عددها يزداد وسعتها الإنتاجية أيضا. وما قيل عن الجزائر في هذا المنحى، ينطبق على الوضع في المملكة لكن مع اختلاف أساسي فيما يرتبط بخصائص مياه البحر التي تعتمد عليها محطات التناضح العكسي (البحر الأحمر والخليج العربي).

الجدول رقم (33.4): الصرف الكيميائي لمحطات التحلية على ساحلي الخليج العربي والبحر الأحمر

	الكلورين (طن متري)	مضادات القشرة (طن)	النحاس (كغ)
البحر الأحمر	5.6	20.7	74
الخليج العربي	23.7	64.9	296

Source: Sabine Lattemann, **Development of an environmental impact assessment and decision support system for seawater desalination plants**, CRC Press/Balkema, Netherlands, 2010, pp: 82-86.

تظهر معطيات الجدول، التفاوت الكبير بين حجم الكيميائيات المصروفة في الخليج العربي والبحر الأحمر انطلاقا من محطات التحلية في دلالة واضحة حول مقدار الاستخدامات لهذه الكيميائيات أثناء المعالجة الأولية وتنظيف الأغشية والفلتر في محطات (RO)، وبالتالي في كمية الانبعاثات الصادرة عن هذه الكيميائيات. ورغم أن الإحصائيات، تشمل الدول الممارسة لتحلية مياه البحر على الساحلين إلا أن المملكة تستحوذ على النسبة الأكبر بالنسبة للإنتاج على الساحلين معا.

إن تقدير حجم الانبعاثات الغازية الصادرة عن محطات التحلية في الجزائر والمملكة العربية السعودية غير معروف لحد اليوم في ظل غياب قاعدة معطيات في هذا الاتجاه بسبب عدم إدراج هذا الجانب كأولوية بالنسبة لهذه المحطات على الأقل من منظور بيئي بحت. رغم أن الأصداء الشعبية تحديدا في المملكة العربية السعودية، تؤشر لحجم انبعاثات كبيرة خاصة بالنسبة للمحطات الحرارية والتي تتواجد ضمن المناطق العمرانية. لذلك كان لمحافظ المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة رأي حول ضرورة الاعتماد على محطات (RO) داخل المناطق العمرانية لانخفاض انبعاثاتها الغازية بدل الحرارية.

ثانيا: المحلول الملحي

إلى جانب الانبعاثات الغازية التي تنتجها محطات تحلية مياه البحر في الجزائر والمملكة العربية السعودية كأهم المنتجات غير المرغوب فيها، فإنه يوجد منتج ثان غير مرغوب فيه (على الأقل في الوقت الراهن) رغم المنافع التي يمكن أن يمنحها للبلدين إذا ما تمت إعادة تدويره واستعادته كمنتج مفيد للإنسان والبيئة على حد سواء.

هذا المنتج هو المحلول الملحي الذي تنتجه محطات التحلية بنوعيها الحرارية والغشائية، والذي يحتوي على نسبة تركيزات مرتفعة جدا من الأملاح والكيميائيات التي تم استخدامها أثناء المعالجة الأولية والثانوية. وتنتج الجزائر والمملكة العربية السعودية كميات هائلة من المحلول الملحي، ترتبط أساسا بمقدار الكميات المأخوذة لإنتاج المياه المحلاة التي تتجاوز(06) مليون م^3 يوميا في المملكة و(1.5) مليون م^3 يوميا في الجزائر بما يعطي تقديرا لحجم المحلول الملحي الناتج عن هذه الكميات يتجاوز ملايين الأمتار المكعبة بأضعاف.

الجدول رقم (34.4): الاحتياجات من مياه البحر لمختلف عمليات التحلية المرتبطة بمعدل الاسترجاع

	معدل استرجاع المنتج (كنسبة من مياه التغذية)	الاحتياج من مياه التغذية لكل(01) م^3 منتج	المتركز الناتج عن(01) م^{3}منتج
SWRO	60-35	(2.9-1.7) م^3	(1.9-0.7) م^3
MSF	20-10	(10.0-5.0) م^3	(9.0-4.0) م^3
MED	35-20	(5.0-2.9) م^3	(4.0-1.9) م^3

Source: Sabine Lattemann, **Development of an environmental impact assessment and decision support system for seawater desalination plants**, CRC Press/Balkema, Netherlands, 2010, pp:82-86.

تبين معطيات الجدول، العلاقة القائمة بين حجم مياه التغذية الضرورية لإنتاج المتر المكعب من الماء المحلى وحجم المتركز الناتج عن نفس الحجم تبعا للتقنيات الحرارية (MSF/MED) وتقنية (RO) مع تباين معدلات الاسترجاع. ويلاحظ أن الكمية الضرورية لإنتاج المتر المكعب الواحد بالنسبة للتقنيات الحرارية أكبر بكثير من تلك الضرورية لإنتاج نفس الكمية بالنسبة لتقنية (RO) حتى بالنسبة للتقنيات الحرارية هناك تباين. وهذا ينعكس بشكل مباشر على كمية المتركز الناتجة عن كل متر مكعب منتج ومعدل الاسترجاع:

1) لإنتاج متر مكعب واحد باستخدام تقنية (MSF) يتطلب بين (5-10) م^3 من مياه البحر مع كمية تتراوح بين (4-9) م^3 من المتركز الناتج، أي بمعدل استرجاع بين (10%-20%). مقابل ذلك، لإنتاج نفس الكمية باستخدام (MED) يتطلب بين (2.9-5) م^3 من مياه التغذية مع كمية تتراوح بين (1.9-4) م^3 من المتركز أي بمعدل استرجاع بين (20%-35%)؛

2) لإنتاج متر مكعب واحد باستخدام تقنية (RO)، يتطلب بين (1.7-2.9) م^3 من مياه التغذية مع كمية تتراوح بين (0.7-1.9) م^3 من المتركز الناتج أي بمعدل استرجاع بين (35%-60%).

تعكس معطيات الجدول، حقيقة أفضلية تقنية (RO) على التقنيات الحرارية (MSF/MED) فيما يرتبط بحجم المحلول الملحي الناتج واحتياجاتها لمياه البحر. كما تبين أيضا أفضلية تقنية (MED) على تقنية (MSF) لكن مع ذلك، تبقى الكميات مرتفعة جدا لجميع التقنيات.

وإذا أسقطنا ذلك على حالة الجزائر والمملكة العربية السعودية، فالأمر يؤشر لكميات هائلة من المحلول الملحي المنتج خاصة أن المملكة العربية السعودية تنتج الكمية الأكبر من المياه المحلاة باعتماد تقنية (MSF). مقابل ذلك، تركز الجزائر على تقنية (RO). وكمثال على هذا الجانب، فإنه في الجزائر لإنتاج (200,000) م^3/اليوم نحتاج إلى ضخ (460,000) م^3/اليوم من مياه البحر بالنسبة لمحطة (RO)[1] ، بمعنى:

- الكمية المنتجة من المياه المحلاة:(200,000) م^3/اليوم؛
- الكمية اللازمة من مياه التغذية:(460,000) م^3/اليوم؛

لإنتاج (01) م^3 من الماء المحلى نحتاج إلى: (460,000)/(200,000)=(2.3) م^3 من مياه البحر

الجدول رقم (35.4): خصائص قنوات صرف المحلول الملحي لبعض محطات تحلية مياه البحر في الجزائر

	تنس	فوكة	مستغانم	حنين	سكيكدة
السعة (10^3م^3/اليوم)	200	120	200	200	100
العدد	01	01	01	01	01
الطول (م)	480	370	1,530	550	790
العمق (م)	04	07	-	11	10
القطر(ملم)	1,400	1,200	1,800	1,500	1,500
كمية المحلول الملحي(م^3)	255,072	152,616	244,680	231,919	115,957.44

المصدر: شركة الطاقة الجزائرية (AEC).

توضح معطيات الجدول، الخصائص المرتبطة بقنوات صرف المحلول الملحي لبعض المحطات العاملة في الجزائر ومقدار المحلول الملحي المنتج تبعا لكل محطة. وتعكس الأرقام الواردة الحقيقة التي سبق وتطرقنا إليها سابقا، على أن كمية المحلول الملحي أكبر بكثير من الكمية المنتجة من المياه المحلاة كما أنها تظهر تباين خصائص قنوات صرف المحلول الملحي من محطة إلى أخرى (حتى ولو كانت لنفس السعة). والأهم صرف المحلول الملحي، يتم على أعماق تتراوح بين (04-11) م من سطح البحر؛ وهذه الأخيرة، لها ارتباط وثيق بمآخذ مياه التغذية.

[1]. مقابلة مع السيد/ سامي غزالة، مهندس لدى شركة الطاقة الجزائرية، الجزائر، بتاريخ:2016/03/28.

الجدول رقم (36.4): إنتاج المياه المحلاة حسب نوع التقنية في محطات المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة (الوحدة: النسبة المئوية)

محطات المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة	MSF		MED		RO	
	الشرقي	الغربي	الشرقي	الغربي	الشرقي	الغربي
	32	42	-	14	07	36

المصدر: هيئة تنظيم الكهرباء والإنتاج المزدوج، **الكتيب الإحصائي السنوي لصناعتي الكهربائي وتحلية مياه البحر**، الإصدار السابع، المملكة العربية السعودية، 2014، ص:19.

تؤشر معطيات الجدول للاستخدام الكثيف لتقنية (MSF) في محطات المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة على الساحلين الشرقي والغربي بنسبة (74%) وبنسبة (14%) على التوالي لتقنية (MED). في حين تصل النسبة (42%) بالنسبة لتقنية (RO) بمعدل (07%) للساحل الشرقي و(36%) للساحل الغربي.

الجدول رقم (37.4): التركيب الكيميائي للمحلول الملحي وعلاقته بمياه التغذية

الأيونات	ماء البحر (ملغ/ل)	المحلول الملحي (ملغ/ل)	النسبة (محلول ملحي/ماء البحر)
Ca^{++}	962	1,583	1.64
Mg^{++}	1,021	1,909	1.87
Na^{+}	11,781	19,346	1.64
K^{+}	514	830	1.61
NH_4^{+}	0,004	0,005	1.25
HCO_3^{-}	195	256	1.31
SO_4^{-}	3,162	5,548	1.75
Cl^{-}	21,312	43,362	2.03
F^{-}	1.5	1.9	1.26
NO_3^{-}	2.6	4	1.54
$CaCO_3$	6,600	11,800	1.78
الملوحة الكلية (TDS)	38,951	63,840	1.63

Source: Juan cànovas Cuenca, **Report on water desalination status in the Mediterranean countries**, 1ére édition, Institute murciano de investigacion, Spain, 2012, p:46.

وفي هذا المنحى، تشير جميع الدراسات أن التكاليف الناتجة عن التخلص من المحلول الملحي في الجزائر غير معروفة لحد اليوم، ونفس الأمر بالنسبة لتأثيرها على البيئة الذي يرفض القائمين والمسئولين عن محطات التحلية الحديث عنه. ويؤكدون أن هذه الجوانب تم أخذها بعين الاعتبار عند تشييد المحطات، وأن عملية التخلص من المحلول الملحي ملائمة ومطابقة للمعايير التي تحافظ على سلامة البيئة حيث يتم مراعاة الخصائص البيئية في تشييد قنوات صرف المحلول الملحي من حيث عمقها وطولها.

مقابل ذلك، يشير محافظ المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة في المملكة العربية السعودية أنه لا توجد أي نفايات أو صرف صناعي يتم صرفه مباشرة من محطات التحلية على شواطئ المملكة؛ وما يتم تصريفه في البحر،

هو المياه التي تستخدم في تبريد وحدات الطاقة بالإضافة لمياه الرجيع من وحدات التحلية، وهي ليست أكثر من مياه بحر عادية تمت معالجتها بتقنية صديقة للبيئة.[1]

مع ذلك، لازال الجدل قائما بشأن إدراج هذه التكلفة ضمن تكلفة تحلية مياه البحر خاصة مع مطالبة البعض بإدخالها ضمن دفتر الشروط في المشاريع القادمة (كما يراه البعض في الجزائر). ورغم إصرار القائمين على شؤون هذه المحطات في البلدين معا، أنه يتم مراعاة البيئة في التخلص من المحلول الملحي إلا أن التساؤل الذي يطرح هنا:

هل فعلا هناك تلوث صفري في محطات التحلية العاملة في الجزائر والمملكة العربية السعودية؟ الإجابة على هذا السؤال، قد يحملها المستقبل عند تطوير دراسات مرتبطة بالتأثيرات البيئية الحقيقية لمحطات تحلية مياه البحر في الجزائر والمملكة لأنه مهما كانت درجة الحرص والعناية بمخلفات محطات التحلية سواء كانت الانبعاثات الغازية أو المحلول الملحي، فأكيد سيكون لها تأثيرا ولو قليلا. والمستقبل ربما قد يحقق تلوث صفري خاصة إذا تم اعتماد الطاقة المتجددة في التحلية، وتم تطبيق آليات للاستفادة من المحلول الملحي.

4.4. تحليل العلاقة: مصدر مياه التغذية – تكلفة تحلية مياه البحر

إن تحليل تأثير طبيعة مصدر مياه التغذية في تكلفة تحلية مياه البحر في الجزائر والمملكة العربية السعودية مرتبط ارتباطا وثيقا بمتغيرات أخرى يصعب حصر التداخل، والتأثير المتبادل بينها على غرار: نوع مأخذ مياه التغذية، نوع التقنية المعتمدة، الموقع الجغرافي للمحطة ومدى التأثيرات التي تتعرض لها المحطة...الخ.

ومع ذلك، سنحاول هنا التركيز على التأثير الذي تحدثه مياه التغذية في تكلفة التحلية انطلاقا من خصائصها وما يمكن أن يؤثر في نوعيتها فضلا عن علاقة ذلك بمأخذ مياه التغذية وكيفية التخلص من المحلول الملحي.

1.4.4. ملوحة مياه التغذية تبعا لكل مصدر(البحر المتوسط، البحر الأحمر والخليج العربي)

أفرز اختلاف الجغرافية الطبيعية والطبوغرافية لمصدر مياه البحر التي تغذي محطات التحلية في الجزائر والمملكة العربية السعودية، اختلافا واضحا في خصائصها الرئيسية (درجة الحرارة ودرجة الملوحة)، وما ارتبط بهما من خصائص أخرى (الناقلية، PH...).

هذه الجوانب تحديدا لها تأثير مباشر و/أو غير مباشر في تكلفة تحلية مياه البحر بالنسبة للبلدين، انطلاقا من التأثير في نوع التقنية المعتمدة، نوع المأخذ...الخ.

[1].أخبار البيئة، **قنوات ومآخذ المياه في محطات التحلية السعودية صديقة للبيئة**، تاريخ التصفح:2015/07/17، متوفر على الرابط:-http://www.env / news .com/energy

الجدول رقم (38.4): خصائص المسطحات المائية (البحر المتوسط، البحر الأحمر و الخليج العربي)

	البحر المتوسط	البحر الأحمر	الخليج العربي
1) المساحة (10^3كم^2)	2,500	450	251
2) العمق(م)	أ) أقصى عمق: 5,257؛ ب) متوسط العمق: 1,500.	أ) أقصى عمق: 2,211؛ ب) متوسط العمق: 490.	أ) أقصى عمق: 90؛ ب)متوسط العمق: 50.
3) ممرات مائية	مضيق جبل طارق، مضيق الدردنيل، مضيق البوسفور، قناة السويس...الخ.	مضيق باب المندب، قناة السويس...الخ.	مضيق هرمز، خليج عدن...الخ.
4) التبخر والملوحة	• نسبة التبخر تتجاوز بكثير نسبة هطول الأمطار وجريان الأنهار إليه؛ وهذه هي حقيقة مركزية دوران المياه داخل الحوض؛ • يكون التبخر عاليا خاصة في النصف الشرقي مما يتسبب في انخفاض منسوب المياه وزيادة الملوحة شرقا.	• نسبة التبخر عالية، مما أدى إلى ارتفاع درجة الملوحة حيث تتراوح بين (36غ/ل) في الجزء الجنوبي نظرا لتأثير مياه خليج عدن، وتصل إلى (41غ/ل) في الجزء الشمالي. ويرجع ذلك أساسا إلى مياه خليج السويس والتبخر العالي؛ • مياه البحر الأحمر تتبدل مع مياه البحر العربي والمحيط الهندي خاصة عبر خليج عدن؛ هذه الخاصية تقلل تأثير الملوحة العالية التي يسببها تبخر المياه في الشمال وسخونة المياه نسبيا في الجنوب.	• ارتفاع معدلات الملوحة نظرا لقلة المياه العذبة المتدفقة إليه؛ وهي في معظمها من أنهار دجلة والفرات وكارون إضافة لقلة الأمطار وارتفاع معدلات التبخر نتيجة لدرجات الحرارة العالية؛ • وتتراوح معدلات الملوحة بين (37غ/ل) و(38غ/ل) في مدخل الخليج. وتصل إلى (38-41غ/ل) في أقصى الشمال الغربي.
تعتبر نسبة تجدد مياه البحر المتوسط ضعيفة نتيجة لضيق الممرات التي تربطه بالمحيط الأطلسي عبر مضيق جبل طارق، وبالبحر الأحمر عن طريق قناة السويس وبالبحر الأسود عبر مضيق البوسفور[1]. ونفس الأمر ينطبق على مياه البحر الأحمر والخليج العربي، التي تشهد نسبة تجدد ضعيفة بالنظر لضيق الممرات التي تربطها خاصة البحر الأحمر . هذا الجانب،كان له تأثيرا كبيرا في نوعية مياه هذين البحرين.			

المصدر: إعداد الباحثة بالاعتماد على: موسوعة ويكيبيديا:.http://www.Wikipédia.wiki

[1]: الاتحاد العالمي لصون الطبيعة، **البحر الأبيض المتوسط: محيط بحري وساحلي في تحول حسب السيناريوهات المحتملة لتغير المناخ**، اسبانيا، 2012، ص:03.

من خلال قراءة معطيات الجدول، نجمل الملاحظات التالية:

1) يعد البحر المتوسط، أكبر المسطحات المائية مساحة وأكثرها عمقا مقارنة بالبحر الأحمر والخليج العربي حيث من مجموع مساحة المسطحات الثلاثة يمثل البحر المتوسط ما نسبته (78.10%) بعمق (5,257م)، يليه البحر الأحمر بنسبة (14.06%) وبعمق (2,211م)، وأخيرا الخليج العربي بنسبة (07.84%) وبعمق (90م)؛

2) تضم المسطحات المائية الثلاثة، سلسلة من الممرات المائية التي تؤثر في خصائص مياه البحر على غرار مضيق جبل طارق، مضيق الدردنيل، مضيق البوسفور (البحر المتوسط)، قناة السويس (البحر الأحمر) ومضيق هرمز (الخليج العربي)؛

3) ترتفع كمية التبخر في المسطحات المائية الثلاثة بسبب ارتفاع درجة الحرارة؛ وهي في الخليج أكثر ارتفاعا. هذا الجانب، أثر بشكل كبير في ملوحة مياهها حيث ترتفع درجة الملوحة إلى (41غ/ل) في البحر الأحمر والخليج

العربي؛ فيما البحر المتوسط ترتفع إلى (39)غ/ل. وتتباين هذه الدرجة بين مناطق المسطح المائي الواحد (على سبيل المثال لا الحصر (37- 38)غ/ل في مدخل الخليج، مقابل (38- 41)غ/ل في أقصى الشمال الغربي).

إن هذه الخصائص،كان لها تأثير في نوعية مياه التغذية التي تغذي محطات تحلية مياه البحر في الجزائر (البحر المتوسط) والمملكة العربية السعودية (البحر الأحمر والخليج العربي)؛ وتظهر المقارنة، أن مياه البحر المتوسط هي الأقل ملوحة مقارنة بالمسطحين الأخريين،كما أن هناك عوامل أخرى لها تأثير ذي أهمية في هذا الجانب.

الجدول رقم (39.4): التكلفة السنوية لتحلية مياه البحر(الوحدة: دولار/م^3)

	MSF	MED	RO
البحر المتوسط	-	1.59 -1.36	1.32 -1.08
البحر الأحمر	-	1.48 -1.28	1.23 -1.06
الخليج العربي	1.6	1.34 -1.21	1.36 -1.23

Source: The World Bank, **Renewable energy desalination: An emerging solution to close the water gap in the Middle East and North Africa**, MENA development report, USA, 2012, p:11.

من خلال قراءة معطيات الجدول، نلاحظ:

1) هناك تقارب نسبي في مستوى تكلفة التحلية بين محطات (RO) على سواحل البحر المتوسط والبحر الأحمر، مع أفضلية لمحطات البحر الأحمر حيث تتراوح التكلفة بين (1.06-1.32) دولار/م^3 للمحطات العاملة على البحر المتوسط، فيما ترتفع إلى (1.23-1.36) دولار/م^3 بالنسبة للمحطات العاملة على سواحل الخليج العربي؛

2) تسجل محطات (MED) العاملة على سواحل الخليج العربي أخفض تكلفة مقارنة بباقي المحطات على سواحل البحر المتوسط والأحمر حيث تتراوح بين (1.21-1.34) دولار/م^3. مقابل (1.28-1.59) دولار/م^3 بالنسبة للمحطات العاملة على سواحل المتوسط والأحمر، فيما تسجل محطات (MSF) على الخليج تكلفة (1.6) دولار/م^3.

قد تكون معطيات الجدول أعلاه عامة، وتشمل جميع الدول التي تقوم بتحلية مياه البحر انطلاقا من المصادر الثلاثة (دول حوض المتوسط الشمالية والجنوبية، دول الخليج العربي إلى جانب مصر) فضلا عن عدم المعرفة بسعات المحطات ولا بالمواقع التي أخذت منها مياه التغذية؛ وهذا ما يعني تباين التكلفة من بلد إلى آخر تباينا جذريا بين الارتفاع والانخفاض إلا أن ذلك يعطي صورة عامة حول مستوى التكلفة بشكل عام من هذه المصادر.

إن ارتفاع مستوى تكلفة التحلية في البحر المتوسط مرتبط أيضا بمقدار الطاقة المستهلكة خاصة بالنسبة للدول التي تفتقر لموارد الطاقة الدائمة على غرار اسبانيا في المتوسط، ومصر في البحر الأحمر. وهذا ما جعل التكلفة مرتفعة بالنسبة لحوض المتوسط والبحر الأحمر فيما يرتبط بتقنية (RO).

لكن الواقع الملموس يبين أن مستوى هذه التكلفة ينخفض بشكل كبير في الجزائر والمملكة العربية السعودية مع توفر الطاقة بأسعار منخفضة.

وتظهر معطيات الجدول فكرة مؤداها: أن اعتماد تقنية (MED) في تحلية مياه البحر في حوض المتوسط يمتاز بتكلفة مرتفعة (1.36-1.59) دولار/م^3 مقارنة بتلك السائدة في البحر الأحمر (1.28-1.48) دولار/م^3 والخليج العربي (1.21-1.34) دولار/م^3. وهذا الجانب كان له دور في تفضيل دول الحوض المتوسطي، التقنيات الغشائية (RO) في محطاتها العاملة.

2.4.4. نوعية مياه التغذية تبعا لكل مصدر(البحر المتوسط، البحر الأحمر والخليج العربي)

أولا: تتواجد جميع محطات تحلية مياه البحر في الجزائر على الشريط الساحلي للبحر المتوسط، وجميعها تقع بالقرب من الشاطئ ولا تفصلها عن البحر إلا مسافات قليلة. هذا التميز،كان له تأثير في تكلفة ضخ المياه من البحر من جهة، وعلى نوعية هذه المياه من جهة أخرى حيث لوحظ انخفاض نسبي في طول الأنابيب الممتدة من البحر للمحطة ما انعكس على تكلفة تمديد هذه الأنابيب وصيانتها فضلا عن تكلفة المضخات المستخدمة .

هذه العناصر ترتبط بشكل أساسي بنوعية مياه التغذية، حيث اختارت الجزائر المواقع التي لا تدخل ضمن مسار الخطوط اليومية لبواخر الشحن والنقل خاصة ناقلات النفط.كما تم الاعتماد على ضخ المياه انطلاقا من الأحواض المفتوحة والآبار الشاطئية، وهذا ما جعل نوعية المياه الداخلة للمحطة تمتاز بنوعية مقبولة من حيث درجة نقاوتها النسبية.

لكن التباين مرده إلى درجة الحرارة والملوحة لمياه التغذية التي تختلف من موقع إلى آخر، وأيضا قد تختلف داخل الموقع نفسه خلال فصول السنة تبعا للظروف الجوية وتأثيراتها المتباينة (ارتفاع درجة الحرارة، قلة الهطول المطري). كما يمكن للمشاكل التي تتعرض لها المضخات العاملة في البحر والأنابيب الناقلة لمياه البحر للمحطة أن تتعرض للتآكل والصدأ نتيجة الملوحة المرتفعة والكائنات المجهرية التي تحويها مياه البحر، وهذا ما يحمل المحطة تكاليف إضافية.

الجدول رقم (40.4): خصائص قنوات اقتطاع مياه البحر لبعض محطات التحلية في الجزائر

	تنس	فوكة	مستغانم	حنين	سكيكدة
السعة (10^3م^3)	200	120	200	200	100
العدد	02	02	02	01	01
الطول (م)	480	900	2,490	903	1,000
العمق (م)	10	15	16	18	17
القطر (ملم)	1,800	1,600	1,800	2,400	1,600

المصدر: شركة الطاقة الجزائرية (AEC).

من خلال قراءة معطيات الجدول، نلاحظ تباين خصائص قنوات اقتطاع مياه البحر بالنسبة لمحطات تحلية مياه البحر من حيث الطول، العمق والقطر حيث:

1) بالنسبة لمحطات تنس، فوكة ومستغانم تعتمد على قناتين لاقتطاع مياه البحر في حين تعتمد محطتي حنين وسكيكدة على قناة واحدة؛

2) تباين طول قنوات اقتطاع مياه البحر بين المحطات، حيث يصل طول قناتي محطة مستغانم إلى (2,490) م تليها محطة سكيكدة بطول (1,000) م فيما أطوال قنوات محطات (تنس، فوكة وحنين) هي (408) م، (900) م و(903) م على التوالي؛

3) تباين عمق اقتطاع مياه البحر من محطة إلى أخرى مع تسجيل عمق يتراوح بين (10-18) م أين تسجل محطة حنين أكبر عمق (18) م.

وبمقارنة معطيات الجدول أعلاه مع معطيات الجدول رقم (35.4) نتوصل إلى:

1) التخلص من المحلول الملحي، يتم باعتماد قناة واحدة بالنسبة لجميع المحطات مع تسجيل طول أقل لقنوات صرف المحلول الملحي مقارنة بطول قنوات اقتطاع مياه البحر؛

2) عمق قنوات التخلص من المحلول الملحي أقل من عمق قنوات اقتطاع مياه البحر.

توضح هذه المقارنة، أن التخلص من المحلول الملحي يتم بعيدا عن مآخذ اقتطاع مياه البحر (أي تخلص قبلي) على أعماق أقل من تلك المعتمدة في اقتطاع مياه البحر. وهذا الإجراء من أجل المحافظة على نوعية مياه التغذية وعدم اختلاطها بالمحلول الملحي، والأهم من أجل تخفيف تركيز المحلول الملحي حتى يتم تجنب تأثيراته المرتفعة على النظم البحرية حسب تفسيرات الجهات المعنية.

ويؤشر هذا لجانب مهم بالنسبة لنوعية مياه التغذية بالنسبة لمحطات تحلية مياه البحر في الجزائر على أنه يتم الأخذ بعين الاعتبار لتأثيرات المحلول الملحي على مآخذ مياه التغذية.

ثانيا: ما قيل عن الجزائر ينطبق على المملكة العربية السعودية، وإن كانت نوعية المياه التي تغذي محطات التحلية في المملكة تتباين بشكل كبير خاصة في ظل وجود مصدرين رئيسيين لمياه التغذية: مياه الخليج العربي ومياه البحر الأحمر.

1) يمتاز البحر الأحمر بأنه منطقة عبور إستراتيجية لاقتصاديات العالم فيما يرتبط بالطاقة، حيث تشهد مياهه حركة غزيرة على مدار السنة لناقلات النفط لمختلف دول العالم انطلاقا من موانئ المملكة ودول الخليج العربي؛ وهذا ما جعل مياهه مهددة باستمرار خاصة مع تزايد حجم التجارة العالمية في مجال النفط، وحتى في مجال مواد أخرى هذا من جهة. لكن أيضا تمتاز مياه البحر الأحمر بارتفاع نسبي لدرجة ملوحتها وكذا درجة حرارتها، وهذا ما أفرز تباينا واضحا بين نوعية مياه التغذية الداخلة لمحطات تحلية المملكة المطلة على ساحل البحر الأحمر (الساحل الغربي).

2) كما أن مياه الخليج العربي التي تغذي محطات الساحل الشرقي تمتاز بارتفاع نوعي في درجة ملوحتها إلى جانب درجة حرارتها واحتواءها على كميات هائلة من الشوائب الناتجة عن الممارسات السابقة التي أفرزتها الحروب التي تعرضت لها منطقة الخليج العربي(1991،2003...).كما أن غالبية حقول النفط في المملكة تقع في هذا الجانب الاستراتيجي، وتعد أيضا قاعدة إستراتيجية لعبور ناقلات النفط العالمية فضلا عن احتواءها على أهم الموانئ النفطية في العالم.

وقد تعرضت مياه الخليج العربي لعدة أنواع من التلوث (بخلاف التلوث النفطي)، هذا ما أثر في نوعيتها بدرجة كبيرة. ومع ذلك، تشير مختلف المصادر في المملكة العربية السعودية وخاصة مسئولي المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة، أن جميع المحطات العاملة على الساحل الشرقي تراعي المعايير المطلوبة في اقتطاعها لمياه التغذية من الخليج العربي،كما أنه تم الأخذ في الاعتبار مختلف الاحتمالات التي يمكن أن تنجر عن حدوث تلوث مفاجئ (خاصة النفطي)، وأن مآخذ المياه صممت بطريقة تتماشى مع نوعية أرضية المحطات، وطبيعة الموقع المأخوذة منه مياه التغذية. لذلك، استبعدت كل التأثيرات المرتبطة بالتلوث تحديدا.

وبين مياه الخليج العربي والبحر الأحمر، تتقارب الصورة أكثر فأكثر خاصة من حيث تكلفة التحلية التي تتأثر بعوامل الملوحة والحرارة فضلا عن درجة التلوث التي يمكن أن تعترضها. والأهم من كل هذا، التفاوت الواضح في معدلات تدفق مياه التغذية، والتي ترتبط بنوعية المضخات المعتمدة وبمدى القرب أو البعد من محطة التحلية.

وفي قراءة حول الصعوبات البيئية التي تواجهها محطات التحلية التابعة للمؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة، أشار محافظ المؤسسة إلى جملة من الصعوبات:[1]

- التآكل (الصدأ)، وتكون الترسبات في المواسير وعلى أسطح المبادلات الحرارية؛
- مشكلة قناديل البحر(سمك هلامي)، يتسبب في انسداد فلاتر التحلية في مآخذ مياه البحر ما يتسبب في توقف محطات التحلية؛
- دورة تجديد المياه في البحار المغلقة كالبحر الأحمر والخليج العربي تكون طويلة نسبيا، ما يؤثر بشكل سلبي في جودة مياه البحر خصوصا في مناطق الشواطئ القريبة من محطات التحلية؛
- حركة السفن العالية تؤثر بشكل سلبي في المياه بالإضافة إلى احتمال حدوث تسرب زيتي من السفن أو منصات تنقيب واستخراج النفط، والتي في حال عدم التعامل السليم معها ستؤدي إلى توقف محطات التحلية لشهور.

وتعتبر هذه الصعوبات نفسها بالنسبة للجزائر بالنظر لطبيعة البحر المتوسط فضلا على أن غالبية مخلفات الصرف الصحي تلقى في البحر،كما أن بعض المحطات (على غرار محطة الحامة) تقع بالقرب من الميناء الدولي الذي يشهد حركة غزيرة للسفن.

ورغم التباين النسبي الذي يميز نوعية مياه التغذية بين الجزائر والمملكة العربية السعودية إلا أن النقطة المشتركة بينهما هو تأثر تكلفة التحلية بنوعية هذه المياه؛ وهذا التأثير يختلف تبعا لاختلاف نوع مأخذ مياه التغذية، مدى نقاوة المياه المأخوذة فضلا عن المسافة الفاصلة بين محطات التحلية ومواقع اقتطاع المياه.

---

[1]. الوطن، **محافظ التحلية: تسربات النفط تهدد محطاتنا**، تاريخ التصفح:2016/01/01، متوفر على الرابط: http://akhbaar24.argaam.com/article/detail

5.4. تحليل العلاقة: أعمار وحدات التحلية– تكلفة تحلية مياه البحر

تمتد تجربة المملكة العربية السعودية في تحلية مياه البحر لأزيد من (50) سنة؛ هذه التجربة، التي أنشئت قاعدة صناعية ضخمة تضم أكبر محطات التحلية في العالم بسعات مختلفة وبتقنيات متنوعة. وتتنوع أعمار وحدات تحلية مياه البحر في المملكة تنوعا كبيرا يعكس التجربة الطويلة للمملكة في هذا الجانب.

ودأبت المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة على إصدار تقريرها السنوي حول عمليات التشغيل والصيانة وإدارة محطات تحلية مياه البحر في المملكة. ومن بين أهم الإحصائيات التي يقدمها هذا التقرير، أعمار وحدات التحلية بنوع من التفصيل تبعا لكل محطة وسنوات الخدمة المتبقية في دلالة قوية حول الدور المحوري الذي تلعبه المؤسسة في النهوض بصناعة التحلية من جميع الجوانب.

وتبدو العلاقة بين أعمار وحدات التحلية وتكلفة التحلية وثيقة الصلة، والتي تظهر أكثر وضوحا من حيث تكلفة التشغيل والصيانة الضرورية لعمل هذه الوحدات على مدار سنوات عمرها الافتراضي. وبقدر ما تزداد أعمار وحدات التحلية، بقدر ما تزداد حاجتها للصيانة ومن ثم تزداد تكلفة الصيانة نتيجة تقادم هذه الوحدات (المعدات، الآلات...الخ) ما ينعكس على تكلفة التحلية نحو الارتفاع (بخلاف الصيانة الدورية التي تتعرض لها محطة التحلية في السنة).

الجدول رقم (41.4): أعمار وحدات التحلية في المملكة العربية السعودية حسب سعات الإنتاج (الوحدة: 1,000 م^3/اليوم)

	المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة	الشركات المرخص لها
MED		
[0-5 سنوات]	131	992
MSF		
[0-5 سنوات]	-	888
[11- 20 سنوات]	879	920
[21- 25 سنوات]	209	209
[26- 30 سنوات]	134	189
[31-35 سنوات]	1,638	1,638
RO		
[0-5 سنوات]	240	660
[6-10 سنوات]		359
[11-20 سنوات]	276	290
[21-25 سنوات]	66	66
[26-30 سنوات]	4.4	4.4

المصدر: المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة، **التقرير السنوي 2014**، المملكة العربية السعودية، 2014، ص:98.

من خلال قراءة معطيات الجدول، نلاحظ تنوع أعمار وحدات التحلية العاملة في المملكة العربية السعودية حيث:

1) الوحدات العاملة بتقنية (MED) هي أصغر الوحدات عمرا، وتتراوح أعمارها بين [0-5 سنوات]. ويتباين إنتاجها بين (131×10^3) م^3/اليوم للوحدات التابعة للمؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة و(992×10^3) م^3/ اليوم للوحدات التابعة للشركات المرخص لها؛

2) تنوع أعمار وحدات (MSF)، وتعد أكثر الوحدات إنتاجا في المملكة العربية السعودية حيث:

- بالنسبة للمؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة: الوحدات التي أعمارها بين[31-35 سنة] هي أكثر الوحدات من حيث الإنتاج بسعة تتجاوز المليون م^3 يوميا، تليها الوحدات ذات الأعمار بين [11-20 سنة] بسعة إنتاج (879×10^3) م^3/ اليوم ثم الوحدات ذات الأعمار بين [21-25 سنة] بسعة إنتاج (209×10^3) م^3/ اليوم؛
- بالنسبة للشركات المرخص لها: تأتي الوحدات التي تتراوح أعمارها بين [31-35 سنة] الأولى من حيث الإنتاج بسعة تتجاوز المليون م^3 يوميا، تليها الوحدات ذات الأعمار بين [11-20 سنة] بسعة إنتاج (920×10^3) م^3/اليوم ثم الوحدات ذات الأعمار بين [0-5 سنة] بسعة إنتاج (888×10^3) م^3/اليوم.

3) الوحدات العاملة بتقنية (RO)، نميز بين:

- بالنسبة للمؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة: تأتي الوحدات ذات الأعمار بين [11-20 سنة] أولا بسعة إنتاج (276×10^3) م^3/ اليوم، تليها الوحدات ذات الأعمار بين[0-5سنوات] بسعة إنتاج (240×10^3) م^3/ اليوم فيما تأتي الوحدات ذات الأعمار بين [26-30 سنوات] أخيرا بسعة إنتاج (4,400) م^3/ اليوم ؛
- بالنسبة للشركات المرخص لها: تأتي الوحدات ذات الأعمار بين[0-5 سنوات] أولا بسعة إنتاج (660×10^3) م^3/ اليوم، تليها الوحدات ذات الأعمار بين [6-10 سنوات] بسعة إنتاج (359×10^3) م^3/ اليوم فيما تأتي الوحدات ذات الأعمار بين [26-30 سنوات] أخيرا بسعة إنتاج (4,400) م^3/اليوم.

أما فيما يتعلق بأعمار وحدات تحلية مياه البحر في الجزائر فلازالت صغيرة. وفي ظل غياب مؤسسة توفر مثل هذه المعلومات، سنعتمد في تحديد أعمارها انطلاقا من تاريخ دخول محطات التحلية حيز الخدمة (وإن كان هذا الجانب ليس دقيقا مائة في المائة) على اعتبار بداية انجاز هذه المحطات من أجل إيجاد مقاربة مع أعمار وحدات التحلية في المملكة العربية السعودية.

الجدول رقم (42.4): أعمار وحدات التحلية العاملة في الجزائر(2005-2015)

اسم المحطة	تاريخ دخول الخدمة	العمر (بالسنوات)
كهرامة- وهران-	2005	10
الحامة- الجزائر-	2008	07
سكيكدة	2009	06
بني صاف- عين تموشنت-	2009	06
سوق الثلاثاء- تلمسان-	2011	04
فوكة- تيبازة-	2011	04
مستغانم	2011	04
كاب جنات- بومرداس-	2012	03
تنس- الشلف-	2015	]1-0]
حنين- تلمسان-	2012	03

المصدر: إعداد الباحثة بالاعتماد على: معطيات الجدول رقم (14.3) ضمن الفصل الثالث، ص: 123.

من خلال قراءة معطيات الجدول، نلاحظ أن أعمار جميع وحدات التحلية العاملة في الجزائر صغيرة حيث:

1) بالنسبة للوحدات التي تتراوح أعمارها بين[06-10]سنوات تمثل نسبة (40%)، وتضم وحدات محطات (كهرامة، الحامة، سكيكدة وبني صاف) بإنتاج يومي(588,600م^3)؛

2) تمثل وحدات التحلية التي تبلغ أعمارها (04) سنوات نسبة (30%)، وتضم وحدات (سوق الثلاثاء، مستغانم وفوكة) بإنتاج يومي (520,000م^3) فيما تأتي الوحدات التي تبلغ أعمارها (03) سنوات ثالثا بنسبة (20%)، وتضم وحدات محطتي حنين وكاب جنات بإنتاج يومي (300,000م^3)؛

3) أما الوحدات التي تتراوح أعمارها بين[0-1]سنة، تمثل نسبة (10%). وتضم وحدات محطة تنس بإنتاج يومي(200,000م^3)، دون الأخذ في الاعتبار محطة المقطع التي لم تبدأ الإنتاج بعد رغم استكمال انجازها تماما.

وبمقارنة معطيات الجدول (41.4) مع معطيات الجدول أعلاه، نجد أن أعمار وحدات التحلية في المملكة العربية السعودية متنوعة (صغيرة، متوسطة وكبيرة) وتتراوح بين (0-36) سنة. ومع ذلك، لازالت هذه الوحدات (الكبيرة) في الخدمة حتى أن المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة كان لها دورا في زيادة أعمار العديد من وحدات تحليتها حتى بعد انتهاء أعمارها الافتراضية. مقابل ذلك، لازالت أعمار وحدات التحلية في الجزائر صغيرة جدا وتتراوح فقط بين (0-10) سنوات.

الجدول رقم (43.4): العلاقة بين أعمار وحدات التحلية وتكلفة تحلية مياه البحر في الجزائر والمملكة العربية السعودية

	أعمار وحدات التحلية	تكاليف التشغيل والصيانة	تكلفة تحلية مياه البحر
المملكة العربية السعودية	متباينة (كبيرة، متوسطة وصغيرة)	1) مرتفعة في حالة الوحدات ذات الأعمار الكبيرة؛ 2) منخفضة في حالة الوحدات ذات الأعمار الصغيرة.	1) تأثير سلبي- تميل التكلفة نحو الارتفاع؛ 2) تأثير ايجابي- تميل التكلفة نحو الانخفاض (التكاليف المعتادة للصيانة).
الجزائر	صغيرة	منخفضة	تأثير ايجابي- تميل التكلفة نحو الانخفاض (التكاليف المعتادة للصيانة).

المصدر: إعداد الباحثة.

إن تكلفة الصيانة من التكاليف العادية التي تتحملها محطات تحلية مياه البحر على مدار فترة حياة المحطة، لكن هذه التكلفة تميل نحو الارتفاع كلما زاد عمر هذه المحطات نتيجة تقادم المعدات والتجهيزات المستخدمة في عملها. وهذا ما يزيد من تكلفة التحلية نظريا خاصة في حالات توقف بعض الوحدات عن العمل أو تعرض إحداها للخلل ما يسهم في تخفيض سعة الإنتاج، ويزيد من تكلفة التحلية.

وبالنسبة للمملكة العربية السعودية، فإن العديد من وحدات التحلية تجاوزت عمرها الافتراضي الذي حدد لها ومع ذلك لازالت في الخدمة. وكان مرد ذلك لبرامج الإعمار التي اعتمدتها محطات التحلية في المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة؛ هذه البرامج، وضعت من أجل المحافظة على استمرارية تشغيل المحطات اقتصاديا، وبكفاءة عالية وآمان وفق المقاييس والمرتكزات التالية:[1]

1) استبدال كافة الأنظمة والمعدات المتقادمة بالمحطات، والتي لم يعد بالإمكان توفير قطع الغيار لها؛

2) إعادة رفع كفاءة المعدات الرئيسية بالمحطات، وأنظمة نقل المياه واستبدال الأجزاء التالفة منها؛

3) إعادة ترميم وإصلاح الأعمال الخرسانية المتدهورة بالمحطات والمباني؛

4) القيام بأعمال الطلاء اللازمة للخزانات وأجزاء المحطات.

وتم تقسيم برامج إعمار المحطات وإطالة عمرها الافتراضي إلى:[2]

1) خطة الإعمار الأولى خلال الفترة (2001-2004)؛

2) خطة الإعمار الثانية خلال الفترة (2005-2009)؛

3) خطة الإعمار الثالثة خلال الفترة (2010-2014)، وتم اعتمادها بعد النجاح الذي حققته خطتي الإعمار الأولى والثانية.

[1]. المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة، **تقرير التشغيل والصيانة2013**، المملكة العربية السعودية، 2014، ص:106.

[2]. نفس المرجع، ص:106.

6.4. تأثير اعتماد الطاقة المتجددة في تكلفة تحلية مياه البحر في الجزائر والمملكة العربية السعودية

إذا كانت التحسينات التي شهدتها مختلف التقنيات الحرارية و(RO) خاصة، قد أسهمت في تخفيض نسبي لتكلفة التحلية على مدار العقود الماضية؛ فإنها لازالت تشكل هاجسا كبيرا بالنسبة لاقتصاد الجزائر والمملكة العربية السعودية مع اعتمادها الأساسي على الطاقة الأحفورية (الغاز الطبيعي والنفط) في توليد الطاقة الكهربائية الضرورية لعمل محطات التحلية. وهذا ما طرح تساؤلات عديدة، حول مدى استدامة صناعة تحلية مياه البحر في البلدين من عدة جوانب أهمها:

1) الاعتماد على الطاقة الأحفورية (غير المتجددة) (التكلفة الاجتماعية تحديدا)؛

2) التأثيرات البيئية الناتجة عن استخدام هذا النوع من الطاقة (الانبعاثات الغازية تحديدا))؛

هذه التساؤلات مثلت نقطة بحث مشتركة بين الاقتصاديين، التقنيين والمهندسين لإيجاد بدائل وآليات جديدة قادرة على الاستعاضة عن الطاقة الأحفورية، وتقليص تأثيراتها البيئية خاصة بالنسبة للمحطات الحرارية ومن ثم جعل تحلية مياه البحر صناعة مستدامة.

وقد توصلت جميع الدراسات، التي قامت بها المنظمات والهيئات الدولية ومراكز البحث في العديد من الدول أن الاعتماد على الطاقة المتجددة في تحلية المياه سيكون هو الخيار الأكثر استدامة من النواحي البيئية والاجتماعية خاصة بالنسبة للدول التي ترتكز في تأمين احتياجاتها المائية على المياه المحلاة. كما هو الحال تحديدا في المملكة العربية السعودية، التي تصل النسبة فيها إلى (60%) فيما لا تتجاوز (14%) في الجزائر.

وبالنسبة للجزائر والمملكة العربية السعودية، فإنها تتوفر على كميات هائلة من الطاقة المتجددة (تحديدا الطاقة الشمسية) أين تصنف الدول العربية ضمن الدول الأكثر استقبالا لأيام مشمسة على المستوى العالمي؛ وهذا ما جعل المزاوجة بين تحلية مياه البحر والطاقة الشمسية أساسا إحدى البدائل الإستراتيجية التي يعول عليها مستقبلا خصوصا في المملكة في تعويض الطاقة الأحفورية.

لكن إلى أي مدى سيسهم اعتماد الطاقة المتجددة (الشمسية أساسا) في التأثير في تكلفة تحلية مياه البحر في الجزائر والمملكة العربية السعودية؟

1.6.4. معطيات عامة حول الطاقة المتجددة في الجزائر والمملكة العربية السعودية

يشير تقرير المنتدى العربي للبيئة والتنمية لسنة 2013 حول"البيئة العربية– 6– الطاقة المستدامة"، أنه عمليا لا يوجد مكان على الأرض لا يحوي مصادر للطاقة المتجددة؛ المسألة فقط هي في حصاد الطاقة، ونقلها وإيصالها بشكل صحيح واقتصادي. وهذا إطار أساسي لمضامين عميقة؛ فالطاقة، بشكل أو بآخر متوافرة بكثرة في طبيعتها الخام سواء أكانت أشعة شمسية أو عصف رياح أو تيارات بحرية.[1]

[1]. كريستين لينس وآخرون، **الطاقة المتجددة**، تقرير البيئة العربية–6–الطاقة المستدامة:التوقعات، التحديات والخيارات"، المنتدى العربي للبيئة والتنمية، لبنان، 2013، ص:70.

1.1.6.4. قدرات الطاقة المتجددة في الجزائر والمملكة العربية السعودية

سعت الجزائر والمملكة العربية السعودية على غرار باقي الدول العربية للاستفادة من طاقتها المتجددة، ووضعت أهدافا لتحقيقها:[1]

1) بالنسبة للجزائر: (05%) من الكهرباء المنتجة سنة 2015، (15%) سنة 2020 و(40%) سنة2030؛ أين (37%) من الخلايا الشمسية والمركزات الشمسية و(03%) من الرياح؛

2) بالنسبة للمملكة: (20%) من الكهرباء المنتجة سنة 2032.

وفيما يرتبط ببرامج البحث والتطوير في مجال الطاقة المتجددة، ستفرض المملكة ضريبة (01%) على مشروعات الطاقة المتجددة لتمويل صندوق أبحاث الطاقة الشمسية لأبحاث الطاقة المتجددة ومشروعات التنمية المحلية.[2]

الجدول رقم(44.4): توليد الطاقة الكهربائية اعتمادا على الطاقة المتجددة في الجزائر والمملكة العربية السعودية (الوحدة:ميجاواط/السنة)

	2010	2011	2012	2013	2014	2015
إجمالي التوليد من الطاقة المتجددة						
الجزائر	230	255	255	255	266	537
المملكة العربية السعودية	25	28	28	28	28	28
إجمالي التوليد من الطاقة الشمسية						
الجزائر	02	27	27	27	28	299
المملكة العربية السعودية	-	-	19	25	25	25

Source: International Renewable Energy Agency, **Renewable capacity statistics2016**, United Arab Emirates, 2016, pp:01,31.

من خلال قراءة معطيات الجدول، نلاحظ أن هناك تباين في قدرات توليد الطاقة الكهربائية باستخدام الطاقة المتجددة بين الجزائر والمملكة حيث:

1) تطور إجمالي توليد الطاقة الكهربائية اعتمادا على الطاقة المتجددة في الجزائر على مدار الفترة الممتدة بين (2010-2015)، مع تسجيل ثبات في الكمية خلال سنوات2011، 2012 و2013 بكمية (255) ميجاواط لترتفع سنتي 2014 و2015 إلى (266) و(537) ميجاواط على التوالي. مقابل ذلك، حافظت المملكة العربية السعودية على نفس الكمية من سنة 2011 حتى سنة 2015 والمقدرة بـ (28) ميجاواط مقابل (25) ميجاواط سنة 2010؛

2) تتفوق الجزائر على المملكة العربية السعودية أيضا في مجال توليد الكهرباء باستخدام الطاقة الشمسية، وتباينت الكمية على مدار الفترة (2010- 2015) حيث ارتفعت من (02) ميجاواط سنة 2010 إلى (299) ميجاواط سنة 2015، وهو ارتفاع كبير جدا. مقابل ذلك، لم تبدأ المملكة في توليد الطاقة الكهربائية باستخدام الطاقة الشمسية إلا مطلع سنة 2012 بكمية (19) ميجاواط لترتفع إلى (25) ميجاواط سنة 2015.

---

[1]. نفس المرجع، ص:59.

[2]. نفس المرجع، ص:64.

الجدول رقم (45.4): قدرات توليد الكهرباء من الطاقة المتجددة في الجزائر والمملكة العربية السعودية (الوحدة: تيرواط ساعة/السنة)

	المركزات الشمسية	الخلايا الشمسية	الرياح	الجيوحرارية	الطاقة المائية	الكتلة الحيوية
الجزائر	135,771	20.9	35	4.7	0.5	12.3
المملكة العربية السعودية	75,832	20.8	20	70.9	10.0	10.0
المجموع[1]	462,196	356.0	304.0	233.0	182.0	111.0

Source: The World Bank**, Renewable Energy Desalination-An Emerging Solution to Close The Water Gap in The Middle East and North Africa**, MENA Development Report, USA, 2012, p:83.

[1]: قدرات التوليد لمجموع الدول العربية المستخدمة للطاقة المتجددة.

من خلال قراءة معطيات الجدول، نلاحظ تباين قدرات توليد الطاقة الكهربائية من مصادر الطاقة المتجددة بين الجزائر والمملكة حيث:

1) تتفوق الجزائر بشكل كبير على المملكة في مجال توليد الطاقة الكهربائية من المركزات الشمسية والرياح بنسبة (29.38%) و(11.51%) على التوالي. مقابل (16.41%) و (06.58%) على التوالي بالنسبة للمملكة. فيما تتقارب النسبة بالنسبة للخلايا الشمسية والكتلة الحيوية؛

2) تتفوق المملكة على الجزائر في مجال توليد الطاقة الكهربائية من الطاقة الجيوحرارية والمائية بنسبة (30.43%) و(05.49%) على التوالي. مقابل (02.02%) و(0.27%) بالنسبة للجزائر.

وتشير توقعات القائمين على هذا الجانب في المملكة، أن منظومة الطاقة المستقبلية في المملكة ستستهدف إنتاج (50%) من القدرة المركبة للطاقة الكهربائية من مصادر الطاقة النووية والمتجددة؛ وذلك بشكل تدريجي وحتى سنة 2032، مما سيمكن من خفض استهلاك الموارد الهيدروكربونية في كل من توليد الطاقة الكهربائية وتحلية المياه المالحة وذلك بنسبة (50%) خلال عشرين سنة.[1]

2.1.6.4. الطاقة الشمسية: مصدر مستدام لتحلية مياه البحر في الجزائر والمملكة العربية السعودية

تمتد الجزائر والمملكة ضمن الحزام الشمسي الذي يستقبل أكثر من (300) يوم مشمس في السنة؛ ولأن الطاقة الشمسية هي الأنظف مقارنة بباقي الطاقات المتجددة الأخرى، وهي الأقل تكلفة حسب الدراسات التي أجريت فإنها ستكون مصدرا مستداما بكل المقاييس لصناعة التحلية في البلدين.

وتشير التقديرات أن الطاقة الشمسية الساقطة على الكيلومتر المربع، يمكنها أن تنتج (70) مليون م^3 من الماء الصالح للشرب في السنة بمعدل (192×10^3 م^3/اليوم ما يعادل (42) مليون جالون يوميا. وهي تمثل الطاقة الإنتاجية لمحطة تحلية كبيرة.[2]

[1]. كريستين لينس وآخرون، مرجع سبق ذكره، ص:70.

[2]. درويش محمد خميس فريح القبيسي، عمران بن سلطان الحلامي، **طاقة المستقبل في العالم العربي–مقارنة الطاقة الشمسية بالطاقة الذرية–**، المركز الدولي لأنظمة المياه والطاقة، الإمارات العربية المتحدة، 2010، ص:26.

ولغرض استخدام الطاقة الشمسية في تحلية المياه، يتم:

1) تحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة حرارية باستخدام اللاقطات الشمسية؛ هذه الطاقة الحرارية، يمكن استخدامها كمصدر حراري ذو درجة حرارة مرتفعة لتشغيل توربينات بخارية أو غازية كما هو الحال في محطات الطاقة التقليدية التي تستخدم الوقود الأحفوري؛

2) أو عن طريق تحويلها إلى طاقة كهربائية مباشرة باستخدام الخلايا الشمسية.

وكما سبق وعلمنا، أن تقنيات تحلية المياه تنقسم إلى مجموعتين: التقنيات الحرارية، وتحتاج إلى نوعين من الطاقة: حرارية وكهربائية؛ والتقنيات الغشائية (RO)، وتحتاج إلى طاقة كهربائية فقط.

وانطلاقا من ذلك، فإن تحلية المياه باستخدام الطاقة الشمسية تقوم على إحدى الطرق التالية:[1]

1) حقل اللاقطات الحرارية المركزة (CPS) مع خزانات للحرارة، تمد الطاقة الحرارية لتشغيل توربينات بخارية أوغازية لتوليد الطاقة الكهربائية ووحدات تناضح عكسي تستعمل جزء من كهرباء المحطة الرئيسية؛

2) حقل من اللاقطات الحرارية المركزة (CPS) مع خزانات للحرارة، تمد الطاقة الحرارية لتوربينات بخارية أو غازية لتوليد الطاقة الكهربائية، وعدد من وحدات التقطير البخارية؛

3) حقل من الخلايا الشمسية (PV) مع خزانات للطاقة الكهربائية، وعدد من وحدات التناضح العكسي تستخدم جزء من الطاقة الكهربائية المنتجة.

وحسب دراسات الباحثين، فإن الطريقة الثالثة غير اقتصادية في الوقت الحاضر نظرا لارتفاع سعر الخلايا الشمسية ولاسيما بالنسبة للطاقات الإنتاجية الصغيرة.

وباختصار أكثر، هنالك خياران أساسيان لاستغلال الطاقة الشمسية لتحلية المياه المالحة:[2]

1) **الخيار الأول**: يشمل المقطرات الشمسية التي تشغل الطاقة الشمسية بطريقة مباشرة لتحلية المياه، وهي أبسط الطرق للحصول على المياه المحلاة. وبالرغم أن المقطرات الشمسية، تتسم ببساطة التصميم إلا أنها ذات كفاءة إنتاجية متدنية؛

2) **الخيار الثاني**: يشمل استخدام الطاقة الشمسية بطريقة غير مباشرة لتحلية المياه المالحة. وذلك بالتقاط الإشعاع الشمسي أولا عن طريق أحد الوسائل الحديثة (البرك الشمسية، الخلايا الكهروضوئية، مرايا القطع المكافئ والأبراج الشمسية)، وتحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة حرارية أو كهربائية. ومن ثم يتم إمداد الطاقة الحرارية لوحدات تحلية المياه التقليدية التي تعمل بنظام التبخير متعدد التأثير أو التبخير الومضي متعدد المراحل، وإمداد الطاقة الكهربائية المنتجة بواسطة الخلايا الكهروضوئية لوحدات التحلية التي تعمل بنظام التناضح العكسي والديلزة الكهربائية والتقطير بضغط البخار الميكانيكي.

إن التأكيد على حقيقة أن الطاقة الشمسية ستكون مصدرا مستداما لتحلية مياه البحر في الجزائر والمملكة العربية السعودية ينطلق من جانبين رئيسيين:

---

[1]. نفس المرجع، ص:30.

[2]. عثمان أحمد حمد، مرجع سبق ذكره، ص ص:86-87.

أولا: الجانب الاجتماعي: إن اعتماد محطات التحلية الحرارية والغشائية في الجزائر والمملكة العربية السعودية على الطاقة الأحفورية في تأمين احتياجاتها من الطاقة له تأثير سلبي على احتياطات هذا المصدر الحيوي لاقتصاد البلدين. والأهم من ذلك للأجيال اللاحقة خاصة، وأن معدلات الاستهلاك اليومي مرتفعة جدا لهذا المورد غير المتجدد رغم تباين المدة الزمنية التي لازالت تحظى بها هذه الموارد.

وهذا ما يعني أن زيادة استهلاك الطاقة الأحفورية في تحلية مياه البحر يقابله زيادة في التكلفة الاجتماعية التي ستتحملها أجيال المستقبل، التي لن تكون قادرة على الحصول على أدنى متطلباتها المعيشية في ظل اعتبار الطاقة هي المورد الرئيسي لإيرادات البلدين.

ثانيا: الجانب البيئي: ينتج عن حرق الوقود الأحفوري (النفط والغاز الطبيعي) أطنان من الغازات وخاصة (CO_2)؛ هذه الغازات التي تمثل مصدر أساسي للتلوث الجوي الذي ينعكس بطريقة ما على التغير المناخي. والأهم من ذلك، أن اعتماد محطات تحلية مياه البحر على الطاقة الكهربائية المولدة من هذين المصدرين (خاصة المحطات الحرارية منها) تسهم بشكل كبير في إصدار انبعاثات غازية يكون لها تأثير في الغلاف الجوي ما ينعكس على البيئة.

إن تحلية مياه البحر ليست فقط زيادة للعرض المائي ومواجهة أزمة مياه الشرب في الجزائر والمملكة العربية السعودية، ولكنها بديل يجب أن يكون قادرا على المحافظة على موارد البيئة الحالية لأجيال المستقبل ويقدم منافع يستفيد منها الجيل الحالي والقادم. وهذا لن يتحقق ما لم تراع التكلفة البيئية والاجتماعية في هذه الصناعة.

2.6.4. تكلفة تحلية مياه البحر باستخدام الطاقة المتجددة في الجزائر والمملكة العربية السعودية

تظهر مختلف التقديرات التي أجريت حول تكلفة تحلية مياه البحر باستخدام الطاقة المتجددة أنها لا تزال مرتفعة بشكل كبير خاصة لبعض البدائل (النووية، الرياح). وتؤكد أيضا التجارب الحديثة في بعض الدول التي اعتمدت الطاقة الشمسية في تحلية مياه البحر كما هو حاصل في أستراليا والولايات المتحدة الأمريكية، أن تكلفتها مرتفعة جدا كما أنها تنتج كميات قليلة خاصة مع ارتفاع تكلفتها الرأسمالية.

والأمر بالنسبة للمملكة العربية السعودية والجزائر، يبدو أكثر صعوبة بالنظر لاعتمادهما الكبير على الخارج في تأمين متطلبات صناعة تحلية مياه البحر فكيف إذا كان الأمر مرتبط بتقنية الطاقة المتجددة. لكن ربما المملكة تتميز بأفضلية في هذا الجانب، خاصة مع وجود مدينة عبد العزيز للعلوم والتقنية التي تجمعها اتفاقية شراكة مع المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة لتطوير تقنيات التحلية المختلفة خاصة باستخدام الطاقة الشمسية؛ هذه المدينة التي حققت مكاسب عديدة في مجال البحوث التقنية، ويشهد لها بذلك براءات الاختراع التي حصلت عليها.

الجدول رقم(46.4): تكلفة تحلية مياه البحر باستخدام بدائل الطاقة المتجددة

مصدر الطاقة المتجددة	حرارة الشمس			PV		الرياح		
تقنية التحلية	CPS-MED	MEH	Stills	EDR	RO	MVC	RO	RO
الإنتاج (م^3/اليوم)	5,000<	100-1	0.1>	100>	100>	100>	50	1,000
التكلفة (يورو/م^3)	2.2-1.8	5-2	15-1	9-8	12-9	6-4	7-5	4-1.5

Source: The World Bank, **Renewable energy desalination-An emerging solution to close the water gap in the Middle East and North Africa**, MENA development report, USA, 2012, p:91.

تظهر معطيات الجدول، تباينا كبيرا في تكلفة تحلية مياه البحر تبعا لتباين نوع التقنية المعتمدة في التحلية وسعة المحطة أين تتزايد التكلفة كلما انخفضت سعة المحطة وفقا للمبدأ المعروف. ونلاحظ أن المحطات العاملة بتقنية (MED) باستخدام المركزات الشمسية لسعة إنتاج أكبر من (5,000) م^3/اليوم تسجل أقل تكلفة (1.8-2.2) يورو/م^3، فيما ترتفع لتصل (15) يورو/م^3 بالمقطرات الشمسية لسعة إنتاج (<0.1) م^3/اليوم؛

من الصعب الإقرار بأفضلية مصدر طاقوي على آخر بالنسبة لتحلية مياه البحر في ظل تباين المعطيات واختلاف سعة المحطة إلا أن الحقيقة الواضحة أن اختيار أي مصدر من مصادر الطاقة المتجددة متوقف بدرجة كبيرة على مدى وفرته خلال أيام السنة فضلا عن توفر رأس المال الكافي لتحصيل هذه التقنيات.

الجدول رقم (47.4): تكلفة الطاقة الكهربائية في تحلية المياه باستخدام تقنية (CPS) وتقنيات أخرى

مصدر الطاقة	CPS	Wind	PV	Combined cycle gas turbine	Simple cycle gas turbine
التكلفة (دولار/ميجاواط ساعي)	196	102	100	80	116

Source : The World Bank**, Renewable Energy Desalination-An emerging solution to close the water gap in the Middle East and North Africa**, MENA development report, USA, 2012, p:83.

تظهر معطيات الجدول، تباين تكلفة الطاقة الكهربائية المعتمدة في التحلية تبعا لتباين مصدر الطاقة الذي استخدم في الحصول عليها حيث تسجل الطاقة الكهربائية المولدة عن طريق المركزات الشمسية أعلى تكلفة (196) دولار/ميجاواط ساعي فيما تسجل تكلفة الطاقة الكهربائية المولدة عن طريق (Combined cycle gas turbine) أخفض تكلفة (80) دولار/ ميجاواط ساعي. وتتقارب التكلفة بالنسبة لباقي المصادر (الرياح، الخلايا الشمسية، توربين الغاز البسيط)، وتتراوح بين (102-116) دولار/ميجاواط ساعي.

الجدول رقم (48.4): التكلفة الرأسمالية لبديلين (محطة: 100×10^{3}م^3/اليوم)

	MED-CPS	RO-CPS+dry Cooling
التكلفة الرأسمالية- التحلية (دولار/م^3)	3,136	2,425-1,748
التكلفة الرأسمالية (CPS+PB) (دولار/م^3)	9,125	10,145-9,877
تكلفة الاستثمار الكلية (دولار/م^3)	12,261	12,570-11,625
Break down of capital costs for CPS energy (%)		
المجال الشمسي	57	54
التخزين الحراري	21	20
محطة الطاقة	18	19
Back-up-boiler	04	05
Cooling	00	02

Source: The World Bank**, Renewable energy desalination-An emerging solution to close the water gap in the Middle East and North Africa**, MENA development report, USA, 2012, p:103.

من خلال قراءة معطيات الجدول، نلاحظ تباين التكلفة الرأسمالية بالنسبة لمحطات (MED-CPS) و(RO-CPS)، وتسجل محطة (RO-CPS) أعلى تكلفة كلية حيث تتراوح بين (12,570-11,625) دولار/م^{3}مقابل (12,261) دولار/م^3 بالنسبة لمحطة (MED-CPS).

كما أن مساهمة معدات تحصيل الطاقة الشمسية في التكلفة الرأسمالية تتباين تبعا لنوع التقنية، ونجد أن: المجال الشمسي، التخزين الحراري ومحطة الطاقة تستحوذ على أكبر النسب بالنسبة لمحطة (RO-CPS)، (54%)، (20%) و(19%) على التوالي. ونفس الأمر، ينطبق على محطة (MED-CPS) بنسب (57%)، (21%) و(19%) على التوالي.

الجدول رقم (49.4): التكلفة السنوية الكلية لتحلية مياه البحر باستخدام (CPS)

	CPS-MED	CPS-RO
البحر المتوسط	2.08 -1.97	1.74 -1.50
البحر الأحمر	1.96 -1.87	1.66 -1.56
الخليج العربي	1.89 -1.77	1.87-1.78

Source: The World Bank**, Renewable energy desalination-An emerging solution to close the water gap in tThe Middle East and North Africa**, MENA development report, USA, 2012, p:103.

من خلال قراءة معطيات الجدول، نلاحظ تباين تكلفة التحلية باستخدام الطاقة الشمسية تبعا لكل مسطح مائي من جهة، ولنوع التقنية المعتمدة من جهة أخرى حيث:

1) بالنسبة لـ (CPS-MED): يسجل حوض المتوسط أعلى تكلفة بالنسبة للتحلية باستخدام (CPS-MED)، حيث تتراوح بين (1.97-2.08) دولار/م^3. فيما يسجل الخليج العربي أخفض تكلفة، وتتراوح بين (1.77-1.89) دولار/م^3 أما البحر المتوسط فيحتل مرتبة وسط؛

2) بالنسبة لـ (CPS-RO): تسجل التحلية في الخليج العربي باعتماد هذا الأسلوب أعلى تكلفة، وتتراوح بين (1.78-1.87) دولار/م^3 فيما تنخفض نسبيا بالنسبة للبحر المتوسط والبحر الأحمر. وتتراوح بين (1.50-1.74) دولار/م^3 و (1.56-1.66) دولار/م^3 على التوالي.

وبالإجمال، مكمن تباين هذه التكلفة بين الأقاليم الثلاثة مرتبط بشكل كبير بملوحة هذه المصادر تبعا للتقنية المعتمدة، وأيضا بالمواقع الداخلية والشاطئية لتحصيل أشعة الشمس.

إن التكلفة الرأسمالية لمحطات تحلية مياه البحر بالنسبة للجزائر والمملكة العربية السعودية، تبدو أكثر ارتفاعا مقارنة بالواردة في الجدول أعلاه. وذلك بالنظر لغياب قاعدة صناعية لمعدات وتجهيزات المحطات العاملة بالطاقة المتجددة، وهذا ما يعني أن الاعتماد سيكون على الاستيراد ما سيرفع التكلفة الرأسمالية.

وتنخفض هذه التكلفة إلى (0.15) دولار/م^3 في حالة المواقع الداخلية، ويتوقع أن تنخفض تكلفة التحلية الحرارية باستخدام (CPS) في الخليج العربي بحلول سنة 2050 إلى (0.9) دولار/م^3.

وفي دراسة للجدوى الاقتصادية لتحديد تكلفة إنتاج المياه المحلاة والطاقة الكهربائية لمحطة إنتاج مشترك، قام بتنفيذها معهد أبحاث تقنيات التحلية- المملكة العربية السعودية- بالتعاون مع شركة دوسان الكورية؛ هذه المحطة، يتم فيها استغلال الطاقة الشمسية أثناء النهار، وأثناء الليل يتم إمداد الطاقة جزئيا بواسطة الطاقة الحرارية التي يتم تخزينها أثناء النهار والجزء المتبقي باستخدام الوقود الأحفوري. بينت هذه الدراسة أن:[1]

[1]. عثمان أحمد حمد، مرجع سبق ذكره، ص:91.

1) سعر تكلفة إنتاج الكهرباء حوالي (0.9) ريال/كيلوواط/ساعة؛

2) سعر تكلفة إنتاج المياه المحلاة يعادل (7.6) ريال/م^3، وهو يمثل ضعف تكلفة إنتاج المياه باستخدام أحد مشتقات البترول أو الغاز.

وخلصت هذه الدراسة إلى أن استخدام الطاقة الشمسية المركزة لعمليات التحلية الحرارية مجديا اقتصاديا عندما يصبح سعر برميل البترول الخام المكافئ أكثر من (40) دولار أمريكي.

إن خيار الاعتماد على تحلية مياه البحر باستخدام الطاقة المتجددة (تحديدا الطاقة الشمسية) في المملكة العربية السعودية لازال في بداياته الأولى مع انطلاق محطة الخفجي في الإنتاج التي تعد أولى تجارب المملكة في هذا المنحى. وتخطط المملكة مستقبلا لتنويع خريطة تحليتها باعتماد محطات تحلية تعمل بالطاقة الشمسية خاصة مع وجود دراسات وبحوث يتم العمل عليها من قبل المراكز البحثية في المملكة، والتي تركز على تطوير تقنيات التحلية وتأهيل كوادر بشرية للاستعاضة بها عن الكوادر الأجنبية.

مقابل ذلك، تبدو خطوات الجزائر نحو اعتماد الطاقة المتجددة في تحلية مياه البحر لازالت قيد الدراسة ولا يتوقع أن تعتمد عليها على الأقل في المستقبل القريب. مع العلم، أنها تعتمد على تحلية المياه الجوفية في الجنوب باستخدام الطاقة الشمسية إلا أن الأمر بالنسبة لمياه البحر مكلف جدا خاصة في ظل غياب إستراتيجية واضحة وقاعدة وطنية (تقنية وبشرية) قادرة على تحمل تبعات هذه المشاريع.

كما أن حاجة الجزائر لزيادة عدد محطات التحلية مستقبلا أقل من حاجة المملكة العربية السعودية التي ستكون تحلية مياه البحر المورد الأساسي مع تراجع احتياطات المياه الجوفية.

7.4. قراءة مقاربتية لتكلفة تحلية مياه البحر في الجزائر والمملكة العربية السعودية

قدمنا في المباحث السابقة قراءة تحليلية لتكلفة تحلية مياه البحر في الجزائر والمملكة العربية السعودية انطلاقا من تحليل العلاقات القائمة بين تكلفة التحلية والمحددات الأكثر تأثيرا في هذه التكلفة؛ هذه المحددات، التي تتداخل وتترابط بشكل كلي لتعطي صورة عامة عن مستوى تكلفة التحلية وكيفية التحكم فيها.

وانطلاقا مما تم تناوله سابقا، سنحاول في هذا المبحث إعطاء مقاربة شاملة (اقتصادية، اجتماعية وبيئية) لتكلفة تحلية مياه البحر في الجزائر والمملكة العربية السعودية للوقوف على مكامن القوة ونقاط الضعف التي يجب التركيز عليها للتحكم في اتجاهات تكلفة التحلية.

1.7.4. التكلفة الاقتصادية لتحلية مياه البحر

إنه من الصعب الفصل على أساس تكلفة اقتصادية، اجتماعية وبيئية لتحلية مياه البحر لكن ضمن هذا الجانب سنركز على ثلاثة نقاط مرتبطة بـ :

1) الهياكل المؤسسية التي تتولى الإشراف على برنامج تحلية مياه البحر؛

2) عقود الشراكة (القطاع الوطني/القطاع الأجنبي)؛

3) توطين صناعة تحلية مياه البحر.

أولا: الهياكل المؤسسية: المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة وشركة الطاقة الجزائرية

لم يكن لتحلية مياه البحر في الجزائر والمملكة العربية السعودية أن تحقق نجاحا، وتقدم منافع لولا وجود شركتي الطاقة الجزائرية والمؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة اللتين تتوليان الإشراف على برنامجي التحلية في البلدين:

1) تأسست المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة سنة 1974؛ هذه المؤسسة، التي تشرف اليوم على سيرورة أداء محطات تحلية مياه البحر الأهم في المملكة لعدد (28) محطة. وتتولى مهمة الإنتاج، النقل والتوزيع للماء المحلى. إلى جانب ذلك، فإنها تعد المحرك الرئيسي لعجلة الاستثمار في هذه الصناعة. ويتفاعل دورها أكثر ويزداد مع تأسيسها لمعهد أبحاث تقنيات التحلية، الذي يتولى مهمة تكوين الكوادر البشرية السعودية في مختلف المجالات المرتبطة بتحلية مياه البحر. والأهم من ذلك، توقيعها لاتفاقيات شراكة مع الدول الرائدة عالميا في مجال تصنيع ملحقات صناعة تحلية مياه البحر.

لقد أهلت هذه الأدوار والمسؤوليات المؤسسة للحصول على جائزة أفضل منظمة للتحلية في العالم سنة 2015، كما حصلت المحطة التابعة لها (رأس الخير) على جائزة أفضل محطة للتحلية في العالم لنفس السنة.

2) تأسست شركة الطاقة الجزائرية سنة 2003، كشراكة بين شركتي سوناطراك وسونلغاز بغرض الإشراف على برنامج تحلية مياه البحر. وكانت مساهمة في انجاز(11) في انتظار باقي المحطات الأخرى.

ويختلف أسلوب عملها ومتابعتها لبرنامج التحلية انطلاقا من آلية عملها والعقد الذي يربطها بالشريك الأجنبي. وتتولى مهمة شراء المياه المحلاة لصالح الجزائرية للمياه في دلالة واضحة لدورها المحوري في تمويل تحلية مياه البحر.

ومن أجل الوصول إلى إظهار تأثير هذين المؤسستين في تكلفة تحلية مياه البحر في الجزائر والمملكة العربية السعودية. وانطلاقا من المباحث السابقة، يلخص الجدول أدناه بعض المعطيات حول المؤسستين.

الجدول رقم (50.4): معطيات عامة حول المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة وشركة الطاقة الجزائرية

	المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة	شركة الطاقة الجزائرية
سنوات الخبرة (سنة)	42	12
عدد محطات التحلية	28	11
سعة الإنتاج اليومي	تتجاوز (04) مليون $م^3$	تتجاوز (1.5) مليون $م^3$
تقنيات التحلية المعتمدة	التقنيات الحرارية (MSF/MED)، وتقنية (RO)	تقنية (RO) في جل محطاتها باستثناء محطة كهرامة (MSF)
الأدوار التي تقوم بها تبعا للمحطات التابعة لها	1) الإنتاج والنقل والتوزيع للمياه المحلاة؛ 2)تكوين الكوادر البشرية (سعودة اليد العاملة)؛ 3)توقيع اتفاقيات شراكة متنوعة بخصوص تطوير صناعة التحلية على غرار: اتفاقية التعاون مع المعهد الفرنسي للتآكل؛ اتفاقية للتعاون البحثي مع شركة كورتك الأمريكية؛ اتفاقية تعاون مع شركة دوسان الكورية...الخ.[1]	انجاز محطات التحلية+ شراء المياه المحلاة

المصدر: إعداد الباحثة بالاعتماد على المعلومات الواردة في الفصل الثالث والمباحث السابقة ضمن هذا الفصل.

[1]. لمعلومات أكثر أنظر: المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة، **تقرير التشغيل والصيانة**، المملكة العربية السعودية، 2014.

تبين المؤشرات أعلاه، تفوق المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة في مجال التأثير الإيجابي في تكلفة تحلية مياه البحر انطلاقا من خبرتها الطويلة التي أكسبتها مرونة كبيرة في التكيف مع مختلف المستجدات ومواكبة مختلف التطورات الحاصلة في سوق التحلية العالمي خاصة مع اتساع خريطة تعاونها مع أكثر المصنعين لتقنيات التحلية عالميا. لكن بالنسبة لشركة الطاقة الجزائرية، تأثيرها أقل بالنظر لخبرتها القصيرة فضلا عن آلية عملها المعقدة التي تقلص من صلاحياتها كطرف رئيسي في معادلة تحلية مياه البحر في الجزائر.

بشكل أوضح، للمؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة تأثير ايجابي في تكلفة تحلية مياه البحر ضمن حدود كبيرة انطلاقا من ملكية محطات التحلية ومتابعة سيرورة أداء هذه المحطات انطلاقا من الإنتاج، النقل والتوزيع وكل ما يرتبط بهذه الوظائف من أنشطة جزئية. أما بالنسبة لشركة الطاقة الجزائرية، فتأثيرها أيضا ايجابي لكن ضمن حدود ضئيلة انطلاقا من نسبة امتلاكها لهذه المحطات (49%).

وتعكس الغايات الإستراتيجية للمؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة ذلك الدور المحوري الذي تلعبه هذه المؤسسة في صناعة تحلية مياه البحر؛ هذه الغايات التي تعكس الأبعاد الاقتصادية، الاجتماعية والبيئية لتحلية مياه البحر:[1]

- **خدمة العملاء:** تلبية احتياجات عملائنا من مياه البحر المحلاة والكهرباء، وتأسيس خدماتنا بأعلى جودة وموثوقية؛
- **الاستدامة المالية:** تحقيق أعلى مردود اقتصادي من خلال زيادة العائدات وتخفيض التكاليف؛
- **فعالية التشغيل:** تحقيق الكفاءة والفعالية في المنتج والعمليات؛
- **الموارد البشرية:** تنمية وتطوير الموارد البشرية وتحفيزها وبناء الكفاءات الوطنية في مناخ تسوده العدالة وروح الفريق الواحد مع الشعور بالمسئولية والانتماء؛
- **التنمية الاقتصادية:** المشاركة الفعالة في تطوير وتوطين صناعة التحلية؛
- **استدامة الأمن والسلامة:** الالتزام بأفضل ممارسات الأمن والسلامة؛
- **الاستدامة البيئية:** الالتزام بتطبيق قواعد وأنظمة البيئة.

ثانيا: عقود الشراكة (القطاع الوطني/القطاع الأجنبي)

يتطلب الاستثمار في صناعة تحلية مياه البحر رؤوس أموال كبيرة بالنظر لارتفاع تكلفة جميع ملحقات محطات التحلية (المعدات، المضخات، الأغشية...الخ) إلى جانب الرأس المال البشري بالنظر لطبيعتها التقنية المعقدة. من أجل ذلك،كان لابد من توفير قاعدة استثمارية ضخمة لإنشاء محطات التحلية في الجزائر والمملكة العربية السعودية خاصة مع الاعتماد على محطات ذات سعات إنتاجية كبيرة.

[1]. المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة، **التقرير السنوي1436/1437هـ**، مرجع سبق ذكره، ص:14.

الجدول رقم (51.4): ملكية محطات تحلية مياه البحر في الجزائر والمملكة العربية السعودية

المملكة العربية السعودية	الجزائر
1) تتراوح ملكية محطات تحلية مياه البحر في المملكة العربية السعودية بين الشريك المحلي (المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة) التي تمثل القطاع العام، وبين القطاع الخاص ممثل في بعض الكيانات المرخص لها بإنتاج الماء المحلى والتي تعمل بالتعاون مع المؤسسة؛ 2) قسم من هذه المحطات تم تشييدها وفق عقود (IWPP) و(BOO) لكن مساهمة الشريك المحلي كانت أكبر مع توقع إنجاز محطات مستقبلا بإشراف القطاع الخاص خاصة المحلي منه. كما أن للشريك الأجنبي دور في تأسيس العديد من محطات التحلية في المملكة لكن بنسب قليلة.	1) أنشئت جميع محطات تحلية مياه البحر في الجزائر بالشراكة مع الشريك الأجنبي. وكانت السيطرة لهذا الشريك بنسبة (51%) مقابل (49%) للشريك الجزائري ممثلا في شركة الطاقة الجزائرية باستثناء محطتي كهرامة أين كانت المساهمة الأكبر للجزائر بنسبة (95%)، والحامة بنسبة (70%) للشريك الأجنبي؛ 2) كان إنشاء هذه المحطات وفق عقود (BOOT) التي تمنح للشريك الأجنبي حق إنشاء، تشغيل، صيانة وملكية محطات التحلية لمدة (25) سنة؛ 3) إن حصة (51%) للشريك الأجنبي منحت له الأفضلية في تأسيس شركة المشروع واختيار الشركات المسئولة عن الهندسة والصيانة ضمن عقدي (EPC) و(O&M)، أين يلاحظ أن الشركات المسئولة عن هذين العقدين جميعها من الخارج.

المصدر: إعداد الباحثة بالاعتماد على المعلومات الواردة في الفصل الثالث والمباحث السابقة ضمن هذا الفصل. .

إن فتح المجال أمام الشريك الأجنبي خاصة في الجزائر، كان ضرورة استدعتها الظروف نتيجة ارتفاع تكلفة إنشاء هذه المحطات من جهة، وللحاجة القصوى للخبرة الأجنبية في ظل افتقار الجزائر لقدرات وطنية في مجال تقنيات التحلية في بداياتها الحقيقية لتحلية مياه البحر. عكس المملكة، التي اكتسبت خبرة في هذا الجانب وإن كان اعتمادها في بداياتها الأولى لتحلية مياه البحر على الخارج.

إن الإقرار بتأثير نوع عقود إنشاء محطات تحلية مياه البحر في الجزائر والمملكة العربية السعودية في تكلفة التحلية، ينطلق من نقطتين أساسيتين: اليد العاملة الأجنبية، وملكية المحطات حيث ترتفع تكلفة اليد العاملة الأجنبية مقارنة بالوطنية كما أن ملكية المحطات في البلدين لا تحقق أي عائد بالنسبة للمؤسسة العامة لتحلية المالحة ولا شركة الطاقة الجزائرية، وإنما الطرف المستفيد أكثر هو الجهة المالكة للمشروع خاصة في الجزائر.

ومن هنا، فإن تأثير نوع الشراكة في تكلفة تحلية مياه البحر قد يكون ايجابيا و/أو سلبيا ضمن حدود الظروف الاقتصادية للبلد (سعر الصرف، معدل التضخم، درجة الاعتمادية على السوق الأجنبي في تأمين احتياجات محطات التحلية...الخ) هذا من ناحية. ومن ناحية أخرى، ضمن المعايير الاجتماعية والبيئية لعمل هذه المحطات (نوعية مياه التحلية المنتجة، مقدار التلوث...الخ). وهذه الجوانب طبعا مرتبطة بكيفية إبرام العقد والاتفاق على بنوده.

ثالثا: توطين صناعة تحلية مياه البحر

نجحت المملكة في بناء قاعدة صناعية ضخمة لتحلية مياه البحر تضم أكبر محطات التحلية في العالم، وبأكبر السعات الإنتاجية لكن رغم هذه الميزة التي تختص بها إلا أنها لم تتمكن لحد اليوم من توطين هذه الصناعة على أراضيها والأمر ذاته بالنسبة للجزائر.

الجدول رقم (52.4): معايير توطين صناعة تحلية مياه البحر في الجزائر والمملكة العربية السعودية

	المملكة العربية السعودية	الجزائر
1) اليد العاملة	• أطلقت المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة مشروع سعودة اليد العاملة في محطاتها العاملة، ونجحت إلى حد بعيد في الوصول إلى نسبة مرتفعة من العمالة السعودية في محطاتها (91%) فيما النسبة الباقية يد عاملة أجنبية (أنظر: **الملحق رقم(1.4)**). • تتميز اليد العاملة السعودية بقدرات عالية في مجال التحلية خاصة مع الاهتمام الكبير الذي منحته المؤسسة لتكوين جميع مواردها البشرية ضمن سلسلة من البرامج لتنميتها على غرار: البرامج الداخلية الموجهة وغير الموجهة، البرامج الخارجية، برنامج كامبردج لتقنية المعلومات...الخ.	• تعتمد الجزائر على عدد قليل من اليد العاملة الأجنبية لكنها تحتل المراكز الحساسة داخل محطات التحلية على غرار (مدير المحطة، مدير شركة المشروع...) إلى جانب اليد العاملة الجزائرية التي تمثل النسبة الأكبر؛ • تتوفر أيضا محطات التحلية في الجزائر على كوادر بشرية جزائرية مؤهلة بشكل كبير، ولها دور أساسي في سيرورة إنتاج الماء المحلى كما لمسنا ذلك من المسئولين لدى شركة الطاقة الجزائرية والجزائرية للمياه بدليل أن مدير محطة بني صاف جزائري وليس أجنبي .
2) قطع الغيار	تمكنت المملكة من دخول عالم تصنيع قطع الغيار الضرورية لعمل محطات التحلية. وتسهم اليوم بنسبة (13%) من قطع الغيار الضرورية لمحطاتها. ويرجع الفضل في ذلك، إلى الشركات الوطنية التي وقعت اتفاقات شراكة مع المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة (أنظر: **الملحق رقم(2.4)**). وتقوم المملكة حاليا بتصنيع (1,500) قطعة غيار محليا في الوقت الذي يستخدم في تحلية مياه البحر (400,000) قطعة غيار أي أن المملكة تقوم بتصنيع (0.375 %) من احتياجات قطع الغيار محليا.[1](أنظر: **الملحق رقم (3.4)**)	لازالت الجزائر تعتمد على الخارج في ضمان احتياجاتها من قطع الغيار الأساسية الضرورية لعمل محطاتها. مع توفير بعض الأجزاء البسيطة من السوق المحلي كما يشير المسئولين لدى شركة الطاقة الجزائرية.
3) موارد الطاقة	تتوفر الجزائر على غرار المملكة العربية السعودية على كميات هائلة من الطاقة التي تعد العنصر الأساسي بالنسبة لعمل محطات التحلية بنوعيها الحرارية والغشائية. ومن ثم، فإن البلدين ليس بحاجة لاستيراد هذا العنصر من الخارج وستظل قدرة البلدين على الاعتماد على مصادر الطاقة الداخلية لعقود طويلة في ظل الاحتياطات المرتفعة لها خاصة بالنسبة للمملكة العربية السعودية (راجع: **الجدول رقم (15.4)**).	
4) المواد الكيميائية	(85%) من الكيميائيات المستخدمة في محطات تحلية المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة تنتج أو متوفرة محليا فيما نسبة (15%) المتبقية يتم استيرادها من الخارج.[2]	لا تتوفر بيانات دقيقة حول هذه المواد، لكن انطلاقا من طبيعة الصناعات المتوفرة في الجزائر هناك العديد من الكيميائيات ذات مصدر محلي.
5) (الأغشية، المبخرات،...)	يتم استيرادها من الخارج بشكل شبه كلي باستثناء بعض المحاولات لتصنيع بعض المبخرات محليا كما أشار إليه محافظ المؤسسة.	يتم استيرادها من الخارج بشكل كلي خاصة مع طبيعة التقنية المعتمدة (RO).
6) الأنابيب المستخدمة لنقل المياه المحلاة	يشير محافظ المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة أن جميع الأنابيب المستخدمة في نقل المياه المحلاة صناعة محلية.	يشير مسئول لدى الجزائرية للمياه أن أغلب الأنابيب المستخدمة لنقل المياه المحلاة يتم استيرادها.

المصدر: إعداد الباحثة بالاعتماد على المعلومات الواردة في الفصل الثالث والمباحث السابقة ضمن هذا الفصل.

[1]. عبد الرحمان بن محمد آل إبراهيم- محافظ المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة-، مداخلة ضمن برنامج"بوضوح"، مرجع سبق ذكره.
[2]. نفس المرجع.

إن توطين صناعة تحلية مياه البحر في الجزائر والمملكة العربية السعودية لازال بعيد المنال خاصة بالنسبة للجزائر (إذا استثنينا أن صناعة تحلية مياه البحر ليست كثيفة العمالة). وإذا كانت المملكة قد نجحت في تحقيق بعض التقدم البسيط في هذا الجانب، فإنها بحاجة إلى خطوات كبيرة جدا للوصول إلى إقامة صناعة تحلية مياه البحر بمدخلات وطنية. ومن ثم، فإن هذا الجانب له تأثير سلبي في تكلفة تحلية مياه البحر انطلاقا من كون أغلبية مدخلات محطات التحلية خاصة (الأغشية، قطع الغيار، المضخات...)، يتم استيرادها من الخارج ما يجعل هذه الصناعة مرهونة بما يستجد في السوق العالمي. وربما التأثير الايجابي الوحيد هو لعنصر الطاقة، الذي يتوفر بكميات كبيرة وبأرخص الأسعار في ظل الدعم الذي تقدمه حكومة البلدين.

2.7.4. التكلفة الاجتماعية لتحلية مياه البحر

تظهر التكلفة الاجتماعية لتحلية مياه البحر كما سبق ورأينا في جانبين أساسيين:

1) نوعية المياه المحلاة المنتجة، ومدى مطابقتها لمعايير منظمة الصحة العالمية؛

2) معايير الصحة والسلامة المهنية بالنسبة للعاملين في محطات التحلية.

الجدول رقم (4.53): مقاربة اجتماعية لتكلفة تحلية مياه البحر

المملكة العربية السعودية	الجزائر
1) تشير جميع الآراء في المملكة العربية السعودية وخاصة المسئولين لدى المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة، أن نوعية المياه المحلاة المنتجة والموزعة للمواطنين تتصف بالنوعية والجودة ومطابقة تماما لمعايير منظمة الصحة العالمية. ويرجع الفضل في ذلك إلى المخابر التي تتولى المتابعة اليومية لرصد نوعية هذه المياه. 2) تتوفر المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة على الإدارة العامة للأمن الصناعي ضمن هيكلها التنظيمي؛ هذه الإدارة مهمتها ضمان أمن وسلامة وحماية المنشآت والمحطات والمرافق التابعة للمؤسسة حماية كاملة وشاملة لكل عناصر العمل، الإنتاج والنقل في مقدمتها العنصر البشري؛[1] 3) أقسام السلامة والإطفاء على مستوى محطات التحلية، والتي تتولى العديد من المهام: ● تدريب موظفي التشغيل والصيانة على كيفية استخدام طفايات الحريق في محطات التحلية؛ ● تنفيذ برامج التأهيل للموظفين الجدد للعمل وفق قواعد وتعليمات أنظمة ولوائح السلامة المهنية...الخ.	1) يشير المسئولين لدى شركة الطاقة الجزائرية والجزائرية للمياه تحديدا، أن نوعية المياه المحلاة المنتجة ممتازة وتتوافق مع معايير منظمة الصحة العالمية. وتتوفر محطات التحلية على مخابر للمراقبة اليومية لنوعية المياه المحلاة مع وجود ممثل للجزائرية للمياه على مستوى محطات التحلية. كما أن نقل المياه المحلاة إلى مراكز التوزيع أيضا يخضع للمتابعة والإشراف اليومي لنوعية المياه من قبل مخبري الجزائرية للمياه. 2) يقر المسئولين لدى شركة الطاقة الجزائرية أن جميع محطات التحلية العاملة تتوفر على معايير وشروط للصحة والسلامة المهنية. وضمن شركة المشروع، التي تتولى عملية إنشاء ومتابعة محطات التحلية توجد إدارة تختص بجانب الصحة والسلامة والبيئة أيضا.

المصدر: إعداد الباحثة بالاعتماد على المعلومات الواردة في الفصل الثالث والمباحث السابقة ضمن هذا الفصل..

[1]. المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة، **التقرير السنوي1437/1436هـ**، مرجع سبق ذكره، ص: 58.

وإذا أخذنا بعين الاعتبار هذه الجوانب، يمكن أن نصل لنتيجة مفادها أن محطات تحلية مياه البحر العاملة في الجزائر وتحديدا في المملكة العربية السعودية لا تتحمل تكلفة اجتماعية مرتفعة على الأقل حسب ما يصرح به. وأن جميع الشروط والمعايير يتم تطبيقها بحيث يكون العائد الاجتماعي(100%) مقابل تكلفة اجتماعية صفرية.

بيد أن التسليم بهذا الفرض غير صحيح مائة في المائة انطلاقا من أن أي محطة يمكن أن تحدث فيها بعض الحوادث غير المتوقعة على غرار الحرائق، التسربات...الخ. لكن على هذا الأساس، يمكن الإشارة إلى أن هذين الجانبين تأثيرهما ايجابي في تكلفة تحلية مياه البحر.

3.7.4. التكلفة البيئية لتحلية مياه البحر

لاحظنا خلال تحليلنا لنوع المنتج النهائي غير المرغوب فيه في محطات تحلية مياه البحر في الجزائر والمملكة العربية السعودية، أن المحلول الملحي والانبعاثات الغازية من أكثر المنتجات التي يمكن أن تسهم في زيادة تكلفة التحلية انطلاقا من زيادة التكلفة البيئية المتحملة.

الجدول رقم (54.4): مقاربة بيئية لتكلفة تحلية مياه البحر

	المملكة العربية السعودية	الجزائر	الملاحظات
المحلول الملحي	تأثير سلبي وايجابي		اختلاف درجة التأثير تبعا لنوع التقنية المعتمدة، ولأسلوب المعالجة المستخدم.
الانبعاثات الغازية	تأثير سلبي	تأثير ايجابي	1) بالنسبة للجزائر، محطات (RO) أقل إطلاقا لغاز (CO_2)؛ 2) المملكة، المحطات الحرارية أكثر إطلاقا لغاز(CO_2). فيما محطات (RO) أقل إطلاقا.

المصدر: إعداد الباحثة بالاعتماد على المعلومات الواردة في الفصل الثالث والمباحث السابقة ضمن هذا الفصل.

كما سبق ورأينا أن هناك إجماع شبه تام لدى المسئولين عن نشاط تحلية مياه البحر في الجزائر والمملكة بأن التكلفة البيئية لتحلية مياه البحر خاصة ما ارتبط بالمحلول الملحي منعدمة. وإذا سلمنا بهذا الفرض، فهذا يعني أن هناك تأثير ايجابي للجانب البيئي من ناحية المحلول الملحي في تكلفة التحلية مع تأثير سلبي للانبعاثات الغازية بالنسبة للمملكة العربية السعودية.

بيد أن الإقرار بهذه الحقيقة، صعب للغاية في ظل غياب دراسات وبرامج يعتد بها في قياس مقدار الانبعاثات الغازية في البلدين أو حتى الآثار التي تنتج عن المحلول الملحي في ظل إثبات هذه التأثيرات عالميا خاصة إذا كان:

1) مصدر الطاقة الكهربائية أحفوري (نفط وغاز طبيعي)، ينتج عنه انبعاثات متباينة من(CO_2) وبعض الغازات الأخرى؛

2) استخدام كم هائل من الكيميائيات أثناء المعالجة الأولية والثانوية؛

3) المسطحات المائية الثلاثة (البحر المتوسط، البحر الأحمر والخليج العربي) شبه مغلقة أي دورة تجدد مياهها طويلة نوعا ما، ومن ثم فإن تلوث النظم البيئية البحرية أمر وارد.

لكن مع ذلك، تحظى المملكة بالأفضلية النسبية خاصة مع الاتفاقيات التي وقعتها مع مختلف المعاهد والجامعات داخل المملكة ومع شركاء أجانب كما أن اعتمادها على نظم متطورة خاصة ما ارتبط بأنظمة استرجاع الطاقة والأغشية فائقة الترشيح ربما منحها الأفضلية في هذا الجانب.

4.7.4.نموذج مقترح لتقدير تكلفة تحلية مياه البحر باعتماد طريقة الأقسام المتجانسة

بشكل عام، حتى يتم الوصول إلى حصر دقيق وشامل لمختلف التكاليف التي تتحملها محطات تحلية مياه البحر في الجزائر والمملكة العربية السعودية لابد من اعتماد الطرق المحاسبية التي تسهل ذلك خاصة مع التعقيد الذي يلازم هذه الصناعة والذي يتطلب تحديد دقيق لمختلف الأقسام التي تتوفر عليها محطات التحلية بحيث يسهل حصر التكاليف الخاصة بكل قسم وتوزيعها بالطريقة الملائمة والمباشرة.

وربما طريقة الأقسام المتجانسة من أهم الطرق التي يمكن تطبيقها على مستوى محطات تحلية مياه البحر في الجزائر والمملكة العربية السعودية بما يساعد على تحديد التكلفة الاقتصادية، الاجتماعية والبيئية بشكل دقيق انطلاقا من طبيعة الأقسام التي تكون كل محطة أكانت حرارية أو غشائية.

بالنسبة **للمحطات الغشائية(RO)**: بالنظر لآلية عملها، فإنه يمكن تصنيف أقسامها إلى:

- أقسام أساسية، وتشمل: التموين، الإنتاج والتوزيع؛
- أقسام ثانوية، وتشمل: الإدارة، الصيانة، البيئة، والصحة والسلامة؛
- وحدة القياس: المتر المكعب.

بالنسبة **للمحطات الحرارية(MSF/MED)**: بالنظر لآلية عملها، فإنه يمكن تصنيف أقسامها إلى:

- أقسام أساسية، وتشمل: التموين، الإنتاج والتوزيع؛
- أقسام ثانوية، وتشمل: الإدارة، الصيانة، البيئة، الطاقة والصحة والسلامة.
- طبيعة وحدات القياس: المتر المكعب بالنسبة لقسمي التموين والتوزيع، المتر المكعب والكيلوواط ساعي بالنسبة لقسم الإنتاج.

واعتمادا على المعلومات الواردة في الفصل الثاني فيما يرتبط بطريقة الأقسام المتجانسة التي تقوم على التوزيع الأولي والثانوي للأعباء غير المباشرة، وباعتماد الدليل المحاسبي الجزائري فيما يرتبط بحسابات المجموعة السادسة. وانطلاقا من تصور الباحثة (أنظر: **الملحق رقم(4.4)** المرتبط بمحطات التحلية الحرارية (MSF+MED)، و**الملحق رقم (5.4)** المرتبط بالمحطات الغشائية (RO)).

خلاصة الفصل

كان لتحليل تكلفة تحلية مياه البحر دور رئيسي في إبراز مضامين هذه التكلفة في كل بلد وإيضاح محددات هذه التكلفة وكيفية تأثير كل محدد. وأظهر التحليل ذلك التقارب بين مستويات هذه التكلفة، وإن كانت الأفضلية للجزائر من حيث انخفاضها بالنظر لاعتمادها على تقنية (RO). لكن مع ذلك، فإن سلوك جميع المحددات (كمية الطاقة، نوع المنتج النهائي، نوع التقنية، مصدر مياه التغذية فضلا عن أعمار وحدات التحلية) هو نفسه في الجزائر والمملكة العربية السعودية لكن الاختلاف يكمن في الخصائص التي تميز التقنية المعتمدة في تحلية مياه البحر.

وكشف تحليل هذه التكلفة عن تباين درجة تأثير كل محدد بين المملكة العربية السعودية والجزائر، وتداخل هذه المحددات المؤثرة تداخلا كبيرا، يعكس حقيقة صناعة التحلية في البلدين المرتبطة بشكل كبير بسوق التحلية العالمي وبنوعية المؤسسات التي تتولى مهمة الإشراف على برنامج تحلية مياه البحر في البلدين على غرار المؤسسة العامة لتحلية للمياه المالحة وشركة الطاقة الجزائرية أين تتفوق المؤسسة على شركة الطاقة بشكل كبير بالنظر لخبرتها ولاتساع مجالات عملها.

كما بين تحليل التكلفة أن مستقبل تحلية مياه البحر في الجزائر والمملكة العربية السعودية مرتبط باعتماد الطاقة المتجددة خاصة الشمسية منها في التحلية لوقف استنزاف الطاقة الأحفورية التي تعاني أيضا من الدعم اللامشروط لأسعارها. كما أن التحليل بين بشكل واضح نقاط القوة والضعف التي تطبع إستراتيجية تحلية مياه البحر في البلدين مع توضيح ذلك اقتصاديا، اجتماعيا وبيئيا انطلاقا من تقديم مقاربة للعناصر الرئيسية المكونة لتكلفة تحلية مياه البحر في كل منهما.

وبالإجمال نصل إلى نتيجة مفادها، أنه رغم تباين مستوى التكلفة بين البلدين إلا أن حقيقة أن الخيار الأقل تكلفة هو الذي تم اعتماده في كل بلد يثبت حقيقة أن التكلفة في البلدين تتلاءم مع المعطيات الجغرافية والاقتصادية للبلدين من ناحية، ومع المعطيات العالمية من ناحية أخرى.

الخاتمة

إذا كانت منافع تحلية مياه البحر كثيرة ومتعددة، فإنها أيضا تعد بديلا مكلفا سواء من حيث مدخلاته أو مخرجاته. ومنذ اعتمادها ستينيات القرن العشرين،كان التحدي الأكبر للدول الممارسة لصناعة تحلية مياه البحر هو تخفيض تكلفتها التي ظلت عقبة كبيرة بالنسبة لهذه الدول وللدول الراغبة أيضا في توطين هذه الصناعة على أراضيها مستقبلا.

وعلى مدار العقود الخمسة الماضية، تمكنت جهود الباحثين والتقنيين من تخفيض هذه التكلفة وجعلها ضمن الحدود المقبولة من الناحية الاقتصادية ولو بشكل جزئي خاصة مع التحسينات التي شهدتها مختلف تقنياتها، والابتكارات التي مست أكثر من جانب في هذه الصناعة على غرار التوأمة بين تقنيات التحلية. لكن مع هذا، لا تزال هذه التكلفة مرتفعة خاصة للدول التي تفتقر لموارد الطاقة والموارد المالية.

وكانت المملكة العربية السعودية والجزائر من بين الدول التي تبنت تحلية مياه البحر، وكغيرها من الدول الممارسة لهذه الصناعة فإن تكلفة التحلية لازالت تمثل إحدى التحديات الكبرى بالنسبة لاقتصاد البلدين في ظل متطلباتها الباهظة خاصة ما ارتبط بالطاقة الأحفورية واعتمادها شبه الكلي على الخارج في تأمين كافة مدخلات محطات التحلية التقنية منها والمادية.

لقد بذلت جهود كثيرة للتحكم وضبط هذه التكلفة، وبدا خيار الاستعاضة بالطاقات المتجددة أكثر ملائمة للمحافظة على الطاقات الأحفورية وجعل تحلية مياه البحر مستدامة، إلا أن دراسته أكدت أنه مكلف جدا خاصة في المدى القصير. ويرجح أن هذا الخيار، سيكون أفضل في العقود المقبلة مع استمرار الأبحاث والدراسات من أجل الوصول إلى ضبط والتحكم في تكلفة التحلية.

النتائج واختبار فرضيات الدراسة

أولا: أوجد تحليل تكلفة تحلية مياه البحر في الجزائر والمملكة العربية السعودية انطلاقا من تحليل العلاقة القائمة بين تكلفة تحلية مياه البحر ومحدداتها الرئيسية(كمية الطاقة المستهلكة، نوع تقنية التحلية المستخدمة، نوع المنتج النهائي، مصدر مياه التغذية وأعمار وحدات التحلية) مقاربة اقتصادية، اجتماعية وبيئية لاتجاهات تكلفة تحلية مياه البحر:

1) **التكلفة الاقتصادية**: تبين من تحليل البعد الاقتصادي لتكلفة تحلية مياه البحر أن هناك تباين في آلية إنشاء محطات تحلية مياه البحر وتمويلها، أين (28) محطة في المملكة تملكها المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة مع وجود القطاع الخاص ممثلا ببعض الكيانات المرخص لها بتحلية المياه وتوليد الكهرباء بالتعاون مع المؤسسة؛ هذه الأخيرة مملوكة بالكامل للدولة في الوقت الحاضر مع تقديمها لدراسات بشأن التخصيص. مقابل ذلك، أنشئت محطات تحلية مياه البحر في الجزائر وفق عقود الشراكة (BOOT) لجميع المحطات التي في الخدمة، هذه العقود التي منحت الأفضلية للشريك الأجنبي بنسبة (51%) في أغلب المحطات والتي تعني أن هذه المحطات مملوكة للشريك الأجنبي على مدار(25) سنة مع مساهمة شركة الطاقة الجزائرية بنسبة (49%) ممثلة للقطاع العام.

وانطلاقا من هذا، يظهر تأثير هذا الجانب في تكلفة تحلية مياه البحر كمايلي:

- تميل تكلفة تحلية مياه البحر نحو الانخفاض كلما انخفضت درجة الاعتماد على المستثمر الأجنبي خاصة وأن آلية إنشاء محطات التحلية (على غرار ما هو في الجزائر)، تمنحه الأفضلية في مجال عقود الصيانة والهندسة ما يؤدي لارتفاع التكلفة (في ظل الاعتماد على الأجانب). في وقت تنخفض هذه التكلفة كلما كانت الشركات المحلية هي من تتولى عملية الصيانة والتشغيل(كما هو الحال في محطات المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة)؛
- الاعتماد على الخارج في تأمين كافة متطلبات محطات تحلية مياه البحر(الأغشية، المضخات، المبخرات...الخ) يرفع من فاتورة الاستيراد بشكل كبير خاصة مع ما يتعرض له سوق هذه المنتجات، والذي ينعكس بصورة آلية في سعر الصرف ومعدلات التضخم؛
- الاعتماد على اليد العاملة الأجنبية والتي تشغل المراكز الحساسة داخل محطات تحلية مياه البحر على غرار ما هو موجود في الجزائر(مدير المحطة، مدير شركة المشروع)، مع ارتفاع أجورها مقارنة بالعمالة الوطنية.

بشكل أدق، تميل التكلفة الاقتصادية لتحلية مياه البحر للارتفاع كلما ارتفعت درجة الاعتماد على الخارج في تأمين متطلبات محطات تحلية مياه البحر إلى جانب الاعتماد على اليد العاملة الأجنبية. وهذا الجانب مرتبط بشكل جذري بما يعرفه سوق هذه المتطلبات، والذي ينعكس بشكل مباشر في سعر الصرف ومعدلات التضخم. وعلى هذا الأساس، فالتأثير سلبي بشكل كبير في الجزائر وبدرجة أقل في المملكة وهذا ما يجعل تكلفة التحلية تميل نحو الارتفاع.

2) **الاجتماعية**: تبين من تحليل البعد الاجتماعي لتحلية مياه البحر أن:

- نوعية المياه المحلاة المنتجة في البلدين تتطابق مع معايير منظمة الصحة العالمية. وقد كرس هذا الجانب حسب الجهات المعنية في البلدين، تكلفة اجتماعية صفرية من الناحية الصحية خاصة مع وجود مراقبة دورية ومستمرة لنوعية المياه المنتجة؛
- معايير الصحة والسلامة: تتوفر جميع محطات المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة على أقسام خاصة بمراعاة الجوانب الصحية والسلامة للعاملين داخل محطاتها كما أنها تتوفر على أقسام خاصة بالإطفاء والمتابعة المستمرة لأداء محطاتها وعمالها. وقد اكتسبت المؤسسة خبرة طويلة جدا في هذا الجانب، وتشمل على تدريب ورفع كفاءة المسئولين عن هذه الأقسام داخل محطاتها. وهذا ما أسهم في تخفيض الحوادث وانعدامها، وقلص من تكلفة المخاطر. وبالنسبة للجزائر، فإن شركة المشروع لكل محطة تتوفر على إدارة خاصة بالصحة، البيئة والسلامة تتولى المتابعة المستمرة لهذه الجوانب. ورغم حداثة تجربة الجزائر في هذا المنحى إلا أنه لم تسجل حوادث خطيرة داخل محطات التحلية، وهذا ما قلص من تكلفة المخاطر.

وبشكل أدق، تميل التكلفة الاجتماعية نحو الارتفاع كلما انخفضت جودة الماء المحلى المنتج وعدم تطابق مواصفاته مع معايير منظمة الصحة العالمية بالإضافة إلى ضعف أو غياب آليات للسلامة بالنسبة للعاملين داخل محطات التحلية ما ينعكس سلبا على تكلفة التحلية أين تميل للارتفاع والعكس صحيح. وفي البلدين حسب الجهات المعنية بقطاع تحلية مياه البحر، فإن الجانبين متوفران بشكل كلي، وهذا ما يعني تأثير ايجابي في تكلفة تحلية مياه البحر أي تميل نحو الانخفاض.

3) **التكلفة البيئية:** تبين من تحليل البعد البيئي لتحلية مياه البحر أن:

- توليد الطاقة الكهربائية الضرورية لعمل محطات التحلية في الجزائر والمملكة العربية السعودية، يتم بالاعتماد على مصادر الطاقة الأحفورية (النفط والغاز الطبيعي). ويعد الغاز الطبيعي المصدر الرئيسي لتوليد الطاقة الكهربائية في محطات التحلية في الجزائر، و(60%) من المستخدم في محطات المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة. ومن هنا يظهر تكلفة بيئية صفرية (انبعاثات غازية منعدمة) بالنسبة للمحطات التي تعتمد على الغاز الطبيعي على اعتبار أنه لا يتم حرق الغاز الطبيعي داخل المحطات كما هو الحال بالنسبة للجزائر. في حين، ترتفع كمية الانبعاثات بالنسبة للمحطات الحرارية كما هو الحال في المملكة العربية السعودية التي تحرق الغاز الطبيعي والنفط لتوليد الطاقة الكهربائية.
- تنتج محطات التحلية كميات هائلة من المحلول الملحي الذي يتم إعادته للبحر دون الاستفادة منه حيث تنتج المحطات الحرارية كميات أكبر مقارنة بالمحطات الغشائية في ظل حاجتها الأكبر لمياه التغذية. وعمليا، تنتج محطات التحلية في المملكة كميات هائلة من المحلول الملحي بالنظر لسعة الإنتاج اليومي التي تتجاوز(06) مليون م^3، أين يرجع فيها النصيب الأكبر للمحطات الحرارية التي تتجاوز سعة بعضها(900×10^3) م^3/اليوم. مقابل انخفاض الكمية بالنسبة للمحطات الغشائية أين تتميز بمعدل استرجاع مرتفع نسبيا، وهي الحالة السائدة في الجزائر مع سعة إنتاج يومي(1.7) مليون م^3.

هناك اختلاف بين قنوات اقتطاع مياه البحر والتخلص من المحلول الملحي في الجزائر في دلالة قوية لإدراك القائمين على شؤون محطات التحلية للتأثيرات الكامنة بالنسبة للمحلول الملحي على النظم البيئية البحرية. مقابل ذلك، تشير مصادر رسمية في المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة أن المحلول الملحي المنتج تتم معالجته قبل إعادته للبحر ولا يوجد تأثيرات سلبية على النظم البيئية البحرية.

وفي الحالتين معا، لا يوجد إعادة تدوير للمحلول الملحي المنتج فضلا عن غياب دراسات بيئية حقيقية لتأثير تحلية مياه البحر على النظم البيئية تحديدا البحرية بغض النظر عن المبادرات التي تقوم بها المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة.

وبشكل أدق، كلما زادت كمية الطاقة المستهلكة في محطات التحلية (خاصة الحرارية منها) والكيميائيات المطلوبة للمعالجة كلما أدى ذلك إلى زيادة حجم الانبعاثات الغازية بما يؤثر سلبا في تكلفة تحلية مياه البحر أين تميل للارتفاع. وبالمقابل، كلما زادت كمية المحلول الملحي والتخلص منه في البحر دون مراعاة للضوابط البيئية كلما ارتفعت التكلفة البيئية لترتفع معها تكلفة التحلية والعكس صحيح.

وكخلاصة لما تم تحليله، يمكن التأكيد على حقيقة أن تكلفة تحلية مياه البحر في الجزائر والمملكة العربية السعودية لازالت مرتفعة وأن تحليلها إلى أبعادها الثلاثة(الاقتصادية، الاجتماعية والبيئية) أعطى صورة عامة حول تأثير كل محدد من المحددات في اتجاهات هذه التكلفة رغم أن تقسيم التكلفة إلى أبعادها الثلاثة غير معمول بها في البلدين على حد سواء. ومن ثم، فإن تحليل تكلفة التحلية تبعا لأبعادها الثلاثة وضح بشكل كبير العناصر الأساسية المؤثرة في تكلفة التحلية، وحدد ارتباطاتها المختلفة والوزن النسبي لكل عنصر بما أسهم في تحديد تأثير

كل عنصر في اتجاها هذه التكلفة نحو الانخفاض أو الارتفاع، ومن ثم تحديد العناصر التي يجب أن يركز عليها القائمين على برنامج تحلية مياه البحر مستقبلا من أجل تخفيض هذه التكلفة. وهذا ما يثبت صحة الفرضية الأولى.

ثانيا: كان لجوء المملكة العربية السعودية لتحلية مياه البحر ضرورة اقتضتها الوضعية المائية الهشة للمملكة؛ هذه الوضعية، هي نتيجة حتمية لكون البلد صحراوي بشكل كلي. وهذا ما أفرز كميات محدودة جدا من المياه الجوفية التي في غالبيتها غير متجددة، وأثرت في كمية الهطول بنوعيه (المطر والثلوج) التي تتباين بين أقاليم المملكة؛ وأقصى كمية تحققها لا تتعدى (400 ملم) سنويا، وتسجل بالساحل. في وقت، تتراوح بين (100-200 ملم) في الأقاليم الشمالية أما الأقاليم الجنوبية فجزء كبير منها ينعدم فيه الهطول.

ومع التزايد السكاني الكبير الذي بلغ (30.7) مليون نسمة سنة 2015، وتغير أنماط الاستهلاك خاصة مع وجود سكان غير سعوديين يمثلون الفئة العاملة تحديدا. كانت الحاجة لزيادة العرض المائي وخاصة ما ارتبط بمياه الشرب قضية مصيرية للمملكة، وجعلت من تحلية مياه البحر بديلها الوحيد ليرتفع نصيب الفرد اليومي من مياه الشرب إلى (253 ل) سنة 2015 بعدما كان (231 ل) سنة 2010.

وتتقارب الصورة بشكل كبير مع الجزائر، أين أفرزت تحديات التغير المناخي على غرار الجفاف، وتعرض مواردها المائية الجوفية للاستنزاف فضلا عن تزايد السكان الذي بلغ (40.3) مليون نسمة سنة 2015. ما نتج عنه زيادة الضغط على الموارد المائية التقليدية التي لم تعد كافية لتلبية متطلبات الاقتصاد الوطني، وخاصة من مياه الشرب في ظل التركز الحضري على المدن الساحلية؛ فكانت تحلية مياه البحر بمثابة الحل السحري لمشكلتها المائية، ليرتفع نصيب الفرد اليومي من مياه الشرب إلى (180ل) سنة 2015 بعدما كان لا يتجاوز (168ل) سنة 2010. ومن هنا الجزء الأول من الفرضية الثانية غير صحيح.

إن خبرة المملكة الممتدة لأزيد من (40) سنة أوجدت خريطة تحلية متنوعة من حيث تقنيات التحلية الحرارية والغشائية لعدد محطات يتجاوز(28) محطة بسعات متباينة على ساحلي البحر الأحمر والخليج العربي. وهذا ما رفع من مساهمة المياه المحلاة في المملكة إلى (60%) في دلالة واضحة لأهمية هذا المورد غير التقليدي في ضمان موازنة المعادلة المائية في المملكة. مقابل ذلك، فإن خبرة الجزائر محدودة ولم تتجاوز(13) سنة، وهذا ما أوجد خريطة تحلية تضم (10) محطات في الخدمة، أغلبيتها تعمل بتقنية (RO) باستثناء محطة واحدة (كهرامة) التي تعمل بتقنية (MSF)؛ هذه المحطات ذات سعات كبيرة تتراوح بين (88.6×10^3-500×10^3) م^3/اليوم بإجمالي مساهمة (14%) في الميزان المائي الوطني سنة 2015.

وتوضح هذه الأرقام، مدى الاختلاف القائم بين خريطة تحلية مياه البحر ووزنها ضمن اقتصاد الجزائر والمملكة العربية السعودية، والذي أوجد اختلاف جزئي بين جغرافية تحلية مياه البحر لكل منهما. ومن ثم فإن الجزء الثاني من الفرضية الثانية صحيح.

ثالثا: ساعدت العوائد النفطية الكبيرة التي يحققها اقتصاد المملكة العربية السعودية والجزائر في توفير الموارد المالية الضرورية لقيام صناعة تحلية مياه البحر على أراضيهما؛ هذه الصناعة، التي تتطلب استثمارات ضخمة (مادية،

مالية وبشرية) في ظل طبيعتها التقنية المعقدة. هذه الجوانب، لم تكن متوفرة في البلدين مع الانطلاق الحقيقي لهذه الصناعة.

وتعتمد المملكة العربية السعودية والجزائر على استيراد ملحقات محطات التحلية كما سبق ورأينا واعتمادها على اليد العاملة الأجنبية. هذا الاتجاه رفع من فاتورة إقامة محطات تحلية مياه البحر في البلدين، خاصة مع ارتفاع التكلفة الاستثمارية لإنشاء محطات التحلية أين تتجاوز(100) مليون دولار في جميع محطات الجزائر، وفي المملكة يتجاوز بعضها (01) مليار دولار خاصة بالنسبة للمحطات الكبرى على غرار محطتي الشعيبة والجبيل.

ولولا وفرة مصادر الطاقة الأحفورية (الغاز الطبيعي والنفط) في البلدين وارتفاع حجم صادراتهما خاصة من النفط بإنتاج يومي في المملكة يتجاوز (09) مليون برميل، ويتجاوز(01) مليون برميل في الجزائر(**راجع الجدول رقم(15.4)**) التي أغدقت عليهما بعوائد مالية كبيرة كان لها تأثير كبير في اقتصاد البلدين والأهم بالنسبة لصناعة تحلية مياه البحر، التي ما كانت لتقوم وتتبنى في البلدين لولا وجود مصادر الطاقة الأحفورية كمصدر للموارد المالية، وكمصدر أيضا للطاقة الكهربائية. وهذا ما يؤكد، أن أي محاولة لتحييد دور الطاقة الأحفورية في صناعة تحلية مياه البحر في الجزائر والمملكة العربية السعودية، يعتبر ضربا من الخيال في بلدين ريعيين بامتياز لا تتوفر لهما خيارات الاستعاضة عن هذا المصدر على الأقل في العقدين القادمين مع ضعف نسيجهما وبناءهما الصناعي. وهذا ما يثبت أن الجزء الأول من الفرضية الثالثة صحيح.

لكن على أهمية الدور الذي تسهم به مصادر الطاقة الأحفورية في إقامة صناعة حقيقية لتحلية مياه البحر في البلدين، فإن البحث عن بدائل لهذه الطاقة غير المتجددة أمر ضروري للمحافظة على هذه الموارد لأجيال المستقبل ولجعل تحلية مياه البحر صناعة مستدامة. ومن ثم، فإن تبني الطاقة المتجددة كخيار لتوليد الطاقة الكهربائية الضرورية لعمل محطات تحلية مياه البحر في البلدين، سيسهم في إحداث مواءمة بين العائد الاجتماعي والاقتصادي لتحلية مياه البحر وحتى البيئي منه؛ الإبقاء على احتياطات الطاقة الأحفورية، ضمان حقوق أجيال المستقبل وتقليل الانبعاثات الغازية الصادرة عن حرق الطاقة الأحفورية لتوليد الطاقة الكهربائية.

وقد بدأ خيار تحلية مياه البحر يأخذ مجراه ضمن خريطة تحلية مياه البحر في المملكة العربية السعودية مع محطة الخفجي مع مشاريع قيد التنفيذ والدراسة. مقابل ذلك، لازالت تجربة الجزائر في هذا الجانب لم تبدأ فعليا مع تحلية مياه البحر إذا ما استثنينا بعض التجارب الصغيرة مع المياه قليلة الملوحة.

وهذا يفسر بأن اعتماد الطاقة المتجددة في توليد الطاقة الكهربائية بدل الطاقة الأحفورية لن يؤدي إلى توقيف محطات التحلية عن العمل أو إضعاف صناعة تحلية مياه البحر بل سيكون له تأثير ايجابي ما يمنح ميزة مهمة لصناعة تحلية مياه البحر، ويخفف العبء الكبير والضغط الشديد على موارد الطاقة الأحفورية. وهذا ما يثبت أن الجزء الثاني من الفرضية الثالثة صحيح.

رابعا: تأسست المؤسسة العامة لتحلية المالحة لتقوم بدورها الريادي في تحلية مياه البحر في المملكة العربية السعودية. وعلى مدار(42) سنة، نجحت هذه المؤسسة في جعل المملكة العربية السعودية أول منتج للمياه المحلاة في العالم بنسبة (22%)، وبعدد محطات (28) محطة تنتج أكثر من (04) مليون م^3 يوميا من إجمالي المياه المحلاة

في المملكة. هذه المؤسسة التي تتنوع أدوارها وتتعدد لتعبر بشكل واضح عن أهميتها الإستراتيجية كيكان مؤسسي كفء وفعال، ساهم في تحقيق الأهم بالنسبة للمملكة، وهو توفير مياه الشرب.

يتجاوز دور المؤسسة من المتابعة والإشراف على انجاز محطات التحلية إلى الإشراف على الإنتاج والتشغيل والصيانة لجميع المحطات التابعة لها، كما تتولى مسئولية عقد اتفاقات تعاونية في مجال تطوير تقنيات التحلية وتحسين أداء محطاتها سواء من خلال تكوين الكوادر البشرية أو تأمين المتطلبات الرئيسية.

ورغم أن الجزء الكبير من محطات المؤسسة يعمل وفق التقنيات الحرارية ذات التكلفة المرتفعة إلا أن المؤسسة نجحت إلى حد كبير في إعادة تشكيل خريطة محطات التحلية التابعة لها من خلال:

1) اعتماد التقنية (RO) في بعض محطاتها العاملة (ذات الاستهلاك المنخفض للطاقة)؛

2) التركيز على إنشاء محطات ذات سعات كبيرة في رؤيتها للعلاقة بين سعة المحطة وتكلفة التحلية (علاقة عكسية)؛

3) محاولة بناء قاعدة صناعية وطنية لتوفير مدخلات محطات التحلية:

- (100%) من الكيميائيات المستخدمة في محطات التحلية من داخل المملكة؛
- (13%) من قطع الغيار محلية الصنع؛
- (91%) من اليد العاملة في محطات التحلية سعودية ؛

4) تدعيم قدراتها البحثية الوطنية بعقد اتفاقات شراكة مع جامعات ومراكز بحث وطنية على غرار مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية...الخ.

هذه العوامل أثرت بشكل ايجابي في تكلفة تحلية مياه البحر (تحديدا تكلفة الإنتاج) فضلا عن تكلفة النقل، التي يشير محافظ المؤسسة إلى أن جميع المدخلات المستخدمة في إنشاءها سواء كانت أنابيب أو مضخات من صنع محلي بأيد سعودية . وهذا ما يثبت أن الجزء الأول من الفرضية الرابعة صحيح.

بالنسبة لشركة الطاقة الجزائرية بدأ عهدها مع تحلية مياه البحر سنة 2003 كأول شركة تتولى المتابعة والإشراف على برنامج تحلية مياه البحر في الجزائر؛ هذه الشركة التي تعد توأمة بين شركتي الطاقة الجزائرية(سوناطراك وسونلغاز)، ومساهمة بنسبة (49%) في محطات التحلية المنجزة مقابل (51%) للشريك الأجنبي.

إن دور هذه الشركة بسيط مقارنة بما تقوم به المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة، ويقتصر أداءها على إنشاء محطات للتحلية وشراء المياه المحلاة لصالح الجزائرية للمياه في إطار الاتفاق المبرم بين الطرفين. ورغم أن حضورها أساسي في إنشاء شركات المشروع لمختلف محطات تحلية مياه البحر إلا أن مسئوليتها محدودة بمسئولية الشريك الأجنبي، الذي ترجع له الكلمة الفصل فيما يرتبط باختيار الشركات المسئولة عن الإنشاء والتشغيل والصيانة لمحطات التحلية. إضافة إلى ذلك، فإن الشركة ليست لديها مجالات معرفية لتطوير تقنيات تحلية مياه البحر أو رصد برامج مستقلة لتكوين الكوادر البشرية العاملة في محطاتها وتأهيلها بشكل كبير كما أنها تعتمد في تأمين متطلبات محطاتها على الخارج إذا أخذنا بعين الاعتبار أن هذا الجانب تتولاه الشركة التي حازت على عقدي التشغيل والصيانة والهندسة أيضا.

ومن ثم، فإن تأثير شركة الطاقة الجزائرية في اتجاهات تكلفة تحلية مياه البحر سلبيي ضمن حدود المسئولية التي تتحملها الشركة فيما يرتبط بعملية الإنتاج (إذا استثنيا دورها الرئيسي في تمويل شراء المياه المحلاة). وهذا ما يعني أن الجزء الثاني من الفرضية الرابعة صحيح.

خامسا: تتقاطع الجغرافية الطبيعية مع الجغرافية الاقتصادية في صنع جغرافية الموارد المائية العالمية التي بدأت تظهر ملامحها مع التقدم الصناعي الهائل الذي عرفه العالم في العقود الأخيرة، والذي أفرز زيادة سكانية هائلة أدت إلى زيادة الطلب المائي العالمي لتلبية احتياجات ملايير الأفواه البشرية من مياه الشرب والغذاء تحديدا. وبدا جليا، أن العالم مقبل على تغييرات عديدة نتيجة التوزيع غير المتكافئ للموارد المائية العذبة بين أقاليمه المختلفة، وتباين أنماط الاستهلاك وسوء الاستخدام لهذه الموارد من ناحية أخرى.

سادسا: تعد التغيرات المناخية، التحدي العالمي رقم واحد الذي سيواجه الخريطة المائية العالمية في العقود المقبلة في ظل تزايد مظاهره في نقاط مفصلية من العالم خاصة في جزيرة جرينلاند والقطب المتجمد. وهذا نتاج سلسلة من المظاهر الاقتصادية والاجتماعية التي أفرزها النشاط الإنساني (الصناعي والزراعي)، والذي كان سببا في تراكم غازات الاحتباس الحراري خاصة غاز ثاني أكسيد الكربون المسبب لارتفاع درجة الحرارة.

وتثبت الشواهد، أن مناسيب المياه العذبة قد شهدت تغيرا ملحوظا في عدة أقاليم بسبب مظاهر التغير المناخي. ولعل أخطرها على الإطلاق، هو بداية ذوبان جليد القطبين وجزيرة جرينلاند. وما سيترتب عليه من مضار عديدة لأجيال المستقبل ما لم يتم ضبط ذلك.

سابعا: تحلية مياه البحر واحدة من أكثر الحلول الإستراتيجية لدول الندرة المائية في العالم بل حتى لدول الوفرة المائية لما أسهمت به من تخفيف المشاكل المترتبة عن نقص هذا المورد الحيوي. وما كان سيترتب عليه من انعكاسات سلبية على التوازن الاقتصادي العالمي هذا من ناحية. كما أن الدول المتقدمة مستفيدة بدرجة كبيرة من نجاح وتطور هذا البديل غير التقليدي لكونها المنتج الرئيسي لتقنيات التحلية بجميع ملحقاتها (المعدات، الآلات، الكيميائيات...الخ)، وهذا ما ساعدها على تحقيق فوائض مالية هائلة من ناحية أخرى.

ثامنا: نمو سوق التحلية العالمي بوتيرة متسارعة في العقدين الأخيرين، عكسته كميات الإنتاج التي ارتفعت لتتجاوز (80) مليون م^3/اليوم عبر (150) دولة في العالم إلى جانب تنوع التقنيات المستخدمة التي شهدت تحسنا وتطورا كبيرا بعد الجهود والبحوث التي عرفها حقل الأغشية والكيميائيات ولازال لحد اليوم؛ والتي كان لها تأثير ايجابي على تبني العديد من الدول لهذه التقنية ضمن خريطتها المائية. وتعد أسواق الشرق الأوسط وحوض المتوسط من أنشط الأسواق الإقليمية للتحلية على المستوى العالمي.

تاسعا: لا تزال تكلفة تحلية مياه البحر تلقي بظلالها على صناعة التحلية وتوطينها في العالم في ظل الارتفاع الذي يلازم هذه التكلفة منذ عقود رغم التراجع النسبي الذي عرفته خلال هذه الفترة، والذي أثبت أنه يمكن جعل هذه التكلفة مثلى ومقبولة اقتصاديا.

عاشرا: تتداخل المحددات المؤثرة في تكلفة تحلية مياه البحر تداخلا كبيرا فيما بينها، ولا يمكن فصل بعضها عن الأخر. وتأتي الطاقة المستهلكة ونوعية مياه التغذية والتقنية المستخدمة في مقدمة هذه المحددات، التي تؤثر بشكل متوافق ومتواز في تكلفة تحلية مياه البحر.

حادي عشر: يظهر تحليل تكلفة تحلية مياه البحر، الأبعاد الاقتصادية والاجتماعية والبيئية التي تميز هذه التكلفة عن باقي تكاليف الصناعات الأخرى. ويرتبط ذلك، بالجانب الاقتصادي الذي تعكسه تكاليف الاستثمار المرتفعة؛ الجانب البيئي يمثله حجم الانبعاثات الغازية والمحلول الملحي أما الجانب الاجتماعي، فترسم ملامحه معايير الصحة والسلامة للعاملين في محطات التحلية ومدى جودة المياه المحلاة المنتجة.

ثاني عشر: تتماثل الجغرافية الطبيعية للجزائر والمملكة العربية السعودية تماثلا كبيرا من حيث نوعية المناخ السائد، وسيطرة الصحراء إلى جانب تنوع التضاريس. وهذا ما أفرز تشابها نوعيا في جغرافيتهما المائية التي تمتاز بالندرة على حد سواء، وإن اختلفت حدتها ودرجتها حيث ترتفع أكثر في المملكة عما هو عليه في الجزائر مع اعتماد المملكة على الموارد المائية الجوفية مقابل اعتماد الجزائر على الموارد المائية السطحية.

ثالث عشر: إن تحلية مياه البحر بالنسبة للمملكة العربية السعودية، تعتبر بمثابة الإكسير السحري لمشكلتها المائية التي بدأت تتفاقم منذ سبعينيات القرن العشرين. وقد أسهمت الموارد المالية والطاقوية في تحقيق الأهم بالنسبة للمملكة، وهو إنتاج مياه عذبة وزيادة العرض المائي لدرجة خلصتها من معضلة مائية كادت أن تعصف بالبلد. مقابل ذلك، تعد في الجزائر خيار استراتيجي لكنه ليس بالدرجة التي هو عليها في المملكة بالنظر لتوفر الجزائر على موارد مائية تقليدية لازالت قادرة على تغطية بعض العجز في الميزان المائي.

ومع ذلك، فإن تحلية مياه البحر أسهمت في تخفيف الضغط على الموارد المائية السطحية وإعادة توجيهها نحو الزراعة كما تمثل المفتاح المائي للمستقبل القادم الذي سيعرف تراجعا كبيرا في حجم الموارد المائية التقليدية.

رابع عشر: تعتبر تجربة المملكة العربية السعودية مع تحلية مياه البحر غزيرة وغنية من حيث عدد المحطات الموجودة، سعة الإنتاج اليومي وتنوع التقنيات المستخدمة. كما أنها تغطي قسم كبير من احتياجات المملكة خاصة من مياه الشرب، فيما تجربة الجزائر تعد حديثة نسبيا ولازالت في بداياتها الأولى وتحصي عدد قليل من المحطات، وسعة إنتاج يومي ضعيفة نسبيا مقارنة بالمملكة؛

خامس عشر: أسهم القطاع النفطي في الجزائر والمملكة العربية السعودية في إقامة صناعة تحلية مياه البحر على أراضيهما، وذلك بتوفير أثمن وأغلى مورد لعمل محطات التحلية وهو الطاقة إلى جانب الموارد المالية الضرورية لاقتناء جميع المعدات المرتبطة بإقامة هذه المحطات من خلال العوائد النفطية. وبالتالي، فإن قطاع الطاقة الأحفورية هو المحدد الاستراتيجي لنجاح تجربة البلدين مع صناعة تحلية مياه البحر.

سادس عشر: تتفوق المملكة العربية السعودية على الجزائر في استفادتها من جديد سوق التحلية العالمي في ظل الدور الذي تلعبه المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة حيث تمكنت المملكة من إطلاق أول محطة (الخفجي) تعمل بالطاقة الشمسية كما أنها تبنت النظام الهجين كما هو الحال في محطة رأس الخير فضلا عن الدعم الذي تحظى به جميع المحطات. مقابل ذلك، لازال تبني الطاقة المتجددة في الجزائر حكرا على بعض وحدات التحلية للمياه قليلة

الملوحة، ولم تصل بعد لتطبيق النظام الهجين في محطاتها في ظل غياب محطات تعمل بالتقنيات الحرارية والغشائية معا. وهذا ما أفرز، تباينا كبيرا في مستوى صناعة التحلية في البلدين خاصة مع الدور المحدود لشركة الطاقة الجزائرية التي تشرف على برنامج التحلية.

سابع عشر: تقدير تكلفة تحلية مياه البحر في الجزائر والمملكة العربية السعودية يأخذ بعين الاعتبار تكلفة الإنتاج فقط، فيما تكلفة النقل والتوزيع والتكلفة البيئية لا يلمس لها وجود في ظل الآلية المعتمدة في الحساب. كما أن سياسة الدعم التي يعتمدها البلدين بالنسبة لأسعار الطاقة فضلا عن مياه الشرب، أحدثت تشوها كبيرا في التكلفة الحقيقية لتحلية مياه البحر.

الاقتراحات

بعد استيفاء أهم النتائج التي خلصت إليها الدراسة، يمكن تقديم بعض الاقتراحات التي وقفت عليها الباحثة خاصة ما ارتبط بدراسة حالتي الجزائر والمملكة العربية السعودية.

ونجمل أهم الاقتراحات في النقاط الآتية:

أولا: ضرورة توفير قاعدة بيانات دقيقة حول جغرافية الموارد المائية في الجزائر، وتحسين وتحيين المعطيات الموجودة بشكل يتواءم مع التغيرات التي تعرفها كمية ونوعية هذه الموارد كما هو معمول به في المملكة العربية السعودية حتى تكون هناك موثوقية أكبر في اعتمادها ومصداقية أكثر في تحليلها؛

ثانيا: إنشاء مواقع إلكترونية حديثة تستجيب للمعايير المعمول بها على المستوى العالمي من حيث آلية التواصل، التفاعل وتبادل المعلومات بالنسبة للهيئات والجهات المسئولة عن قطاع الموارد المائية في الجزائر تحديدا، وتحيين معلومات المواقع الموجودة على غرار وزارة الموارد المائية بما يسهم في تسهيل تحصيل المعلومة وإدارة وقت استغلالها؛

ثالثا: إثراء الرصيد الإنتاجي المعرفي لمحطات تحلية مياه البحر في الجزائر والمملكة العربية السعودية عن طريق تأصيل مواقع إلكترونية لكل محطة، وإغناءها بكافة المعلومات المرتبطة بأداء هذه المحطات وبالأدوار والمسئوليات التي تقوم بها مما يسهم في تدعيم قدراتها المعرفية والعلمية؛

رابعا: إقامة اتفاقيات شراكة وتعاون بين محطات تحلية مياه البحر ومراكز البحث العلمي على مستوى المعاهد والجامعات إن كان في الجزائر أو المملكة العربية السعودية، بما يسهم في تذليل الصعوبات والعقبات أمام مختلف الباحثين. ويتيح لهم قدرا أكبر من المعلومات بشفافية وجودة، وهذا ما يمنح قيمة مضافة لمحطات التحلية في الجزائر والمملكة العربية السعودية؛

خامسا: إلزامية تطوير أداء شركة الطاقة الجزائرية كراعية لبرنامج تحلية مياه البحر في الجزائر وتفعيل دورها الاستراتيجي لا كممول لبرنامج التحلية وفقط، وإنما كمساهم في تطوير آليات وأساليب مرتبطة بعمل محطات تحلية مياه البحر من خلال تقوية البحوث العلمية والدراسات التقنية والتحول نحو منتج رئيس للمياه المحلاة كما هو الأمر بالنسبة للمؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة في المملكة العربية السعودية؛

سادسا: تقديم التكوين المناسب والتأطير العملي الضروري لليد العاملة في محطات تحلية مياه البحر سواء في الجزائر أو المملكة العربية السعودية بما يساعد على تخفيف تكلفة اليد العاملة الأجنبية، ويسهل توطين صناعة تحلية مياه البحر مستقبلا على أراضي البلدين. والأهم من ذلك، تخفيف درجة الاعتمادية على الخارج.

سابعا: تعزيز الدراسات البيئية وتطوير تقنيات معالجة مخرجات محطات تحلية مياه البحر غير المرغوب فيها (المحلول الملحي والإنبعاثات الغازية) لتقليص حجم التأثيرات البيئية السلبية. ومن ثم التكلفة البيئية التي تتحملها محطات تحلية مياه البحر بشكل جزئي، واقتصاد البلدين بشكل كلي؛

ثامنا: ضرورة تطوير القاعدة الصناعية لملحقات صناعة تحلية مياه البحر في الجزائر والمملكة العربية السعودية خاصة ما ارتبط بقطع الغيار، الكيميائيات والأغشية التي تعد محددات أساسية لتكلفة تحلية مياه البحر. وهذا ما سيخفف من تكلفة الاستيراد لهذه المنتجات، ما ينعكس إيجابا على تكلفة التحلية؛

تاسعا: إعادة النظر في سياسة الدعم التي تقدمها الجزائر والمملكة العربية السعودية لأسعار الطاقة والمياه ضمن رؤية قائمة على تحقيق المواءمة بين المنافع الاجتماعية والتكاليف الاقتصادية وحتى البيئية، بما ينعكس إيجابا على تكلفة تحلية مياه البحر على مستوى محطات التحلية وعلى مستوى اقتصاد البلدين ككل؛

عاشرا: تنويع خريطة تحلية مياه البحر في الجزائر من حيث تقنيات التحلية، والجمع بين التقنيات الحرارية والغشائية في ظل المزايا التي تمنحها هذه الأنظمة سواء من حيث تخفيض تكلفة الطاقة أو من حيث تخفيض التكلفة البيئية؛

حادي عشر: تقوية الروابط والعلاقات مع مراكز البحث الدولية والمعاهد المتخصصة في تطوير تقنيات تحلية مياه البحر بالطاقة المتجددة لتوفير قاعدة صناعية قادرة على جعل تحلية مياه البحر بديلا مستداما، ومن ثم التأثير مباشرة في تكلفة تحلية مياه البحر؛

ثاني عشر: العمل على تطبيق الأساليب والتقنيات العلمية الدقيقة في تقدير تكلفة تحلية مياه البحر في الجزائر والمملكة العربية السعودية، وتفعيل الجوانب المحاسبية في تقدير هذه التكلفة سواء تعلق الأمر ببناء نماذج رياضية أو باعتماد برامج عالمية في هذا المنحى بشكل يعطي صبغة حقيقية لهذه التكلفة خاصة مع تباين المعطيات الاقتصادية لكل بلد.كما يجب تحديد مضامين تكلفة التحلية في البلدين بدقة، وذلك بإدخال التكلفة البيئية والاجتماعية ضمن التكلفة الكلية للتحلية بما يسهم في جعلها تكلفة حقيقية ومطابقة للواقع.

ثالث عشر: تعزيز التعاون والشراكة بين شركة الطاقة الجزائرية والمؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة من جهة، وبين محطات التحلية العاملة في الجزائر والمملكة العربية السعودية من جهة أخرى بما يساعد على نقل الخبرة والاستفادة من عوامل النجاح وتجنب عوامل الفشل خاصة للجزائر التي لا تزال خطواتها في مجال تحلية مياه البحر حديثة نسبيا.

آفاق الدراسة

انطلاقا من حيثيات الموضوع الذي تم تناوله، تراءت للباحثة جملة من المواضيع التي يمكن تناولها مستقبلا فيما يرتبط بتحلية مياه البحر، من بينها:

1) تحلية مياه البحر باستخدام الطاقة الشمسية في الجزائر: بين التكاليف المتوقعة والعوائد المرجوة؛

2) توطين صناعة تحلية مياه البحر في الجزائر:- نحو تفعيل دور شركة الطاقة الجزائرية-

3) قياس الآثار المتوقعة للمزاوجة بين التقنيات الحرارية والغشائية في الجزائر- دراسة تحليلية للمنافع المتوقعة-

4) ترشيد استهلاك الطاقة الأحفورية في تحلية مياه البحر في الجزائر

5) تحليل فرص الشراكة الجزائرية-الخليجية في تحلية مياه البحر- دراسة تحليلية للآثار المتوقعة على تكلفة التحلية-

6) بناء نموذج لقياس التكلفة البيئية لتحلية مياه البحر في الجزائر والمملكة العربية السعودية

7) تقدير التكلفة الحقيقية لتحلية مياه البحر وفقا للعلاقة (الإنتاج-النقل) في الجزائر

8) تأثير دعم أسعار الطاقة ومياه الشرب في تكلفة تحلية مياه البحر في الجزائر والمملكة العربية السعودية

9) دراسة تحليلية لتأثير عقود الشراكة (BOOT/BOO) في تكلفة تحلية مياه البحر

10) تفعيل الأساليب المحاسبية الحديثة في حساب تكلفة تحلية مياه البحر في الجزائر

قائمة المراجع

أولا:باللغة العربية

أ.الكتب

1) الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج، **تحلية المياه (إنتاج كيميائي)**، المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني، المملكة العربية السعودية.

2) المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة، **قصة التحلية في المملكة (النشأة، والتطور والازدهار)**، العدد الأول، إصدار المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة، المملكة العربية السعودية، 2006.

3) أبو جودة محفوظ وآخرون، **تحليل وتقييم المشاريع**، الشركة العربية المتحدة للتسويق والتوريدات، مصر، 2009.

4) أبو حشيش عواد خليل، **محاسبة التكاليف– قياس وتحليل–**، الطبعة الأولى، دار وائل للنشر، الأردن، 2005.

5) الجيالي علي محمد، السامرائي قصي، **محاسبة التكاليف**، الأردن، دار وائل للنشر، 2000.

6) الراشد بن أحمد محمد، العنيزان بن صالح عبد الله، **المملكة العربية السعودية– حقائق وأرقام–**، الطبعة الأولى، هيئة المساحة الجيولوجية السعودية، المملكة العربية السعودية، 2012.

7) الحاج طارق، فليح حسين، **الاقتصاد الإداري**، دار صفاء للنشر والتوزيع، الأردن، 2009.

8) الراوي أحمد حكمت، **نظم المعلومات المحاسبية– نظري مع حالات تطبيقية–**، دار الثقافة للنشر والتوزيع، مصر، 1998.

9) الرزق عبد الله صلاح، خليل وارد عطا الله، **محاسبة التكاليف الفعلية**، دار زهران للنشر، الأردن، 1999.

10) الأشرم محمود، **المياه الحقيقية (المفاهيم– طرق الحساب– المنافع– التجارة العالمية)**، مركز دراسات الوحدة العربية، لبنان، 2012.

11) الأمير فؤاد قاسم، **الموازنة المائية في العراق وأزمة المياه في العالم**، دار الغد، العراق، 2010.

12) المخادمي رزيق عبد القادر، **التلوث البيئي– مخاطر الحاضر وتحديات المستقبل–**، الطبعة الثانية، ديوان المطبوعات الجامعية، الجزائر، 2006.

13) أوكيل سعيد محمد، **تقنيات المحاسبة التحليلية**، دار هومة للطباعة والنشر والتوزيع، الجزائر، 2002.

14) بوشاشي بوعلام، **المنير في المحاسبة التحليلية**، الدار الجامعية، بيروت، 1996.

15) راضي سامي محمد، **مبادئ محاسبة التكاليف**، الدار الجامعية، مصر، 2003.

16) سيبولينا أندريا وآخرون، **تحلية مياه البحر– سيرورات الطاقة التقليدية والمتجددة–**، ترجمة:غازي درويش، الطبعة الأولى، مركز دراسات الوحدة العربية، لبنان،2011 .

17) صلاح الدين مبارك عبد المنعم، مرعى عبد الحي عطية، **أنظمة التكاليف لأغراض قياس تكلفة الإنتاج والخدمات في بيئة الأعمال الحديثة**، دار المطبوعات الجامعية، مصر، 2008.

18) طبابيية سليمة، **دروس في المحاسبة التحليلية**، كلية العلوم الاقتصادية والتجارية وعلوم التسيير، جامعة08ماي1945– قالمة–، الجزائر، 2015.

19) عبد العزيز سمير، **الاقتصاد الإداري**، الطبعة الثانية، مطبعة الإشعاع الفنية، مصر، 1998.

20) عدون دادي ناصر، **تقنيات مراقبة التسيير**، دار البعث، الجزائر، 1988.

21) فتح سعد حسن البنا، **تكنولوجيا تحلية المياه**، الدار الجامعية، مصر، 2001.

22) قطش الهادي، **أطلس الجزائر والعالم**، دار الهدى، الجزائر، 2013.

23) نور أحمد، **في مبادئ المحاسبة المالية**، الدار الجامعية، بيروت، 1996.

24) يوسف محمد الحسيني أسامة، **الإدارة المتكاملة للمياه العربية**، المنظمة العربية للتنمية الإدارية، مصر، 2013.

ب.تقارير، مجلات ومنشورات

1) المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة، **التقرير السنوي1435/1436هـ**، المملكة العربية السعودية، 2014.

2) المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة، **التقرير السنوي1436/1437هـ**، المملكة العربية السعودية، 2015.

3) المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة، **تقنية النانو وتحلية المياه: نحو آفاق جديدة وآمال عريضة**، مجلة التحلية، العدد03، إصدار المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة، المملكة العربية السعودية.

4) المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة، **تقرير التشغيل والصيانة**، المملكة العربية السعودية، 2013.

5) الاتحاد العالمي لصون الطبيعة، **البحر الأبيض المتوسط: محيط بحري وساحلي في تحول حسب السيناريوهات المحتملة لتغير المناخ**، اسبانيا، 2012.

6) الرئاسة العامة للأرصاد وحماية البيئة، **تقرير حالة البيئة في المملكة العربية السعودية1434هـ/2013م**، مسودة أولى، المملكة العربية السعودية، 2013.

7) القبيسي فريح خميس محمد درويش، الحلامي عمران بن سلطان، **طاقة المستقبل في العالم العربي– مقارنة الطاقة الشمسية بالطاقة الذرية–**، المركز الدولي لأنظمة المياه والطاقة، الإمارات العربية المتحدة، 2010.

8) المركز الوطني لبحوث المياه، **تقنيات تحلية مياه البحر–NCWR–**، مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية، المملكة العربية السعودية.

9) برنامج الأمم المتحدة للبيئة، **توقعات البيئة العالمية (GEO4)– البيئة من أجل التنمية–**، تقرير توقعات البيئة العالمية، العدد الرابع، كينيا، 2007.

10) حمد أحمد عثمان، **تحلية مياه البحر بالطاقة الشمسية**، مجلة التحلية، العدد 67، المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة، المملكة العربية السعودية، 2015.

11) زاهد بن محمد وليد، **التأثيرات البيئية لصناعة التحلية**، مجلة التحلية، العدد الأول، المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة، المملكة العربية السعودية، 2010.

12) شكراني الحسين، **العدالة المائية من منظور القانون الدولي**، مجلة رؤى إستراتيجية، العدد الثاني، مركز الإمارات للدراسات والبحوث الإستراتيجية، الإمارات العربية المتحدة، 2013.

13) شيرماير كيرين، **مياه حسب الطلب (ثمن تحلية مياه البحر)**، مجلةNature، تحقيقات، الطبعة العربية، 2014.

14) صندوق الأمم المتحدة للسكان، **حالة سكان العالم2014**، التقرير السنوي حول السكان في العالم، تحرير ريتشارد كولودج، الولايات المتحدة الأمريكية، 2014.

15) صندوق النقد العربي، **التقرير السنوي**، الإمارات العربية المتحدة، 2015.

16) عبد الحق بوروز، **حالة الجزائر**، إدارة مرافق المياه (حالات دراسية من المنطقة العربية)، الجمعية العربية لمرافق المياه(ACWUA))، الأردن، 2013.

17) فتح بسام، الكثيري لورا، **النفط العربي في السياق العالمي والمحلي**، تقرير البيئة العربية–6– الطاقة المستدامة: التوقعات، التحديات والخيارات، المنتدى العربي للبيئة والتنمية، لبنان، 2013.

18) لجنة الموارد المائية (مجلس التعاون لدول الخليج العربي)، **تحلية المياه المالحة في دول مجلس التعاون لدول الخليج العربية– تاريخها وحاضرها ومستقبلها**، الإصدار الثاني، المملكة العربية السعودية، 2014.

19) لينس كريستين وآخرون، **الطاقة المتجددة**، تقرير البيئة العربية–6– الطاقة المستدامة: التوقعات، التحديات والخيارات، المنتدى العربي للبيئة والتنمية، لبنان، 2013.

20) مصلحة الإحصاءات والمعلومات، **كمية المياه المحلاة حسب محطات التحلية (2004–2013)**، الكتاب الإحصائي السنوي، العدد 50، المملكة العربية السعودية، 2014.

21) منظمة الأمم المتحدة للتغذية والزراعة (الفاو)، **حالة الموارد من الأراضي والمياه في العالم للأغذية والزراعة (إدارة النظم المعرضة للخطر)**، تقرير، Earth Scan، ايطاليا، 2013.

22) هيئة تنظيم الكهرباء والإنتاج المزدوج، **نشاطات الهيئة وانجازاتها خلال السنة المالية (1436/1435هـ)**، المملكة العربية السعودية، 2014.

23) هيئة تنظيم الكهرباء والإنتاج المزدوج، **نشاطات الهيئة وانجازاتها خلال السنة المالية (1435/1434هـ)**، المملكة العربية السعودية، 2013.

24) هيئة تنظيم الكهرباء والإنتاج المزدوج، **الكتيب الإحصائي السنوي لصناعتي الكهرباء وتحلية مياه البحر**، الإصدار، المملكة العربية السعودية، 2014.

25) وزارة المياه والكهرباء، **تقرير الأداء السنوي للعام المالي (2010/2009)**، الجزء الأول، المملكة العربية السعودية، 2010.

26) وزارة الاقتصاد والتخطيط، **الاقتصاد السعودي لعام 2014**، المملكة العربية السعودية، 2015.

27) وزارة المياه والكهرباء، **التقرير السنوي1436/1435هـ**، المملكة العربية السعودية، 2014.

ج.ملتقيات، مؤتمرات وأطروحات

1) المري بن راشد سالم، **نحو تشريعات أكثر فعالية لتنظيم استخدامات الموارد المائية والحفاظ عليها في المملكة العربية السعودية**، ورقة بحثية مقدمة ضمن فعاليات المؤتمر الهندسي العربي السادس والعشرون:"الموارد المائية في الوطن العربي–الواقع والتحديات"، أيام07–10 جانفي 2010، المملكة العربية السعودية، 2012.

2) بامردوف خالد وآخرون، **التقنيات الواعدة في خفض تكاليف مياه التحلية**، ورقة بحثية مقدمة ضمن فعاليات المؤتمر الهندسي العربي السادس والعشرون:"الموارد المائية في الوطن العربي–الواقع والتحديات"، أيام07–10 جانفي 2010، المملكة العربية السعودية، 2012.

3) بوعظم كمال، ينون آمال، **انعكاسات تضخم أسعار الغذاء العالمية على السوق المحلي للمواد الغذائية في الاقتصاد الجزائري– حالة السوق المحلي للحبوب–**، ورقة بحثية مقدمة ضمن فعاليات الملتقى الوطني:"التضخم في الجزائر–الأسباب، الآثار والعلاج على ضوء المتغيرات المحلية والعالمية الراهنة–، يومي10/09 أكتوبر2013،كلية العلوم الاقتصادية والتجارية وعلوم التسيير،جامعة جيجل، الجزائر، 2013.

4) زعرور نعيمة، **أساليب مثلى لترشيد تكاليف الخدمات العامة– دراسة حالة مؤسسة اتصالات الجزائر– ولاية بسكرة–**، أطروحة دكتوراه (غير منشورة)،كلية العلوم الاقتصادية والتجارية وعلوم التسيير، جامعة محمد خيضر– بسكرة–، الجزائر، 2014.

5) نمر الخطيب محمد، **اعتماد طريقة الأقسام المتجانسة في المحاسبة التحليلية لتحديد الأسعار– دراسة حالة مؤسسة توزيع وصيانة العتاد الفلاحي والري الصغير بورقلة–**، مذكرة ماجستير غير منشورة،كلية الحقوق والعلوم الاقتصادية، جامعة قاصدي مرباح، الجزائر، 2006.

6) ينون آمال،كحيلة آمال، **أثر تقييم برامج الاستثمار العامة في قطاع الموارد المائية في الجزائر**، ورقة بحثية مقدمة ضمن فعاليات المؤتمر الدولي:"تقييم برامج الاستثمارات العامة وانعكاساتها على التشغيل والاستثمار والنمو الاقتصادي خلال الفترة (2001–2014)، يومي 12/11 مارس 2013،كلية العلوم الاقتصادية والتجارية وعلوم التسيير، جامعة سطيف–1–، الجزائر، 2013.

7) ينون آمال، **تجارة المياه الافتراضية:بديل تنموي للتعاون الدولي من أجل مواجهة ندرة المياه وتحقيق الأمن الغذائي– حالة الدول العربية–**، المجلة الدولية للتخطيط والتهيئة العمرانية والتنمية المستدامة، العدد1، المجلد1، بريطانيا، 2014.

د.مقابلات ووثائق متنوعة

1) عبد الرحمان بن محمد آل إبراهيم– محافظ المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة–، مداخلة ضمن برنامج "صاحب قرار" على القناة السعودية الأولى، بتاريخ 2013/05/18.

2) المديرية الفرعية للموارد المائية الجوفية، مديرية حشد الموارد المائية، وزارة الموارد المائية والبيئة.

3) المديرية العامة للتزود بمياه الشرب، وزارة الموارد المائية والبيئة.

4) وثائق من شركة الطاقة الجزائرية.

5) عبد الله الشهري- محافظ هيئة تنظيم الكهرباء والإنتاج المزدوج-، مداخلة ضمن برنامج "ضيف وقضية" على قناة السعودية الأولى، بتاريخ17 جمادى الآخرة 1434 لسنة 2013.

6) عبد الرحمان بن محمد آل إبراهيم- محافظ المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة -، مداخلة ضممن برنامج "بوضوح" على القناة السعودية الأولى بتاريخ 2015/05/14.

7) مقابلة مع السيد/سامي غزالة، مهندس لدى شركة الطاقة الجزائرية، الجزائر، بتاريخ:2016/03/29.

ثانيا: باللغة الأجنبية

A .Ouvrages

1) Blanchon David, **de l'eau pour tous ?Atlas mondial de l'eau**, édition autrement, France, 2009.

2) Giret Alain, **Environnement (Energie Hydraulique : différents formes**, **aménagements**, ellipses, France, 2014.

3) Houghton John, **Le réchauffement climatique (un état des lieux complet)**, 1ére édition, Groupe de Boek, Belgique, 2011.

4) Levit Fréderic, **Besoins et procédés pour le dessalement de l'eau de mer**, SIMAP autres, 2007.

5) Lugan Henri, Fethi Kamel, **Dessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtres par osmose inverse : Les bonnes pratiques d'ingénierie**, Middle East desalination Research center en collaboration avec l'université Saad Dahlab de Blida, Tipaza, Algérie, 2008.

6) Maurel Alain, **Dessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtres (et autres procédés non conventionnels d'approvisionnement en eau douce**, 2éme édition, édition TEC&DOC)), Lavoisier, France, 2006.

7) Saboured Christiane, **L'eau pour tous, Tous pour l'eau**, CASDAN, Banque Populaire, édition Sépia, 2008

8) Touchant Laurent**, Hydrologie (mers, fleuves et lacs)**, Armand, Colin LVUEF, France, 2003.

9) Tientenberg Tom, Lewis Lynne, **Economie de l'environnement et développement durable**, 6éme édition, Pearson, France, 2013.

B.Rapports et Thèses

1) Abazza Hussein, **Considérations Economiques Concernant L'approvisionnement en eau par dessalement dans les pays du sud de la Méditerranée**, Gestion durable de l'eau-Mécanisme de soutien, Union Européenne, 2012.

2) Algerian Energy Company, **Rapport D'activité Mensue**l, Alger, 2016.

3) Bhushan Tuladhar et al, **Cities,** United Nations Educational, Scientific and Cultural organization and World assessment programme, Water and Energy, The United Nations World Water Development Report, USA, 2014.

4) Cuenca Cànovas Juan, **Report on water desalination status in the Mediterranean countries**, 1ére édition, Institute Murciane de investigacion, Spain, 2012.

5) Escwa (Economic and Social Commission for Western Asia), **Role of desalination in addressing water scarcity**, Escwa water development Report3,United Nations, USA, 2009.

6) Foundation for water Research, **Desalination for water supply: A review of current knowledge**, 3rd édition, United Kingdom, 2015.
7) International Atomic Energy Agency (IAEA), **New technologies for seawater desalination using nuclear energy**, IAEA-TEC-Doc-1753, VIENNA, 2015.
8) International Renewable Energy Agency, **Renewable capacity statistics 2016**, United Arab Emirates, 2016.
9) Maalej Mohamed, Bougeucha Salah, **Le dessalement de l'eau de mer dans le monde arabe (perspectives d'utilisation, des énergies renouvelables)**, Alesco, Tunisie, 2002
10) Mageed Jean Guiguis, **Energy recovery devices in seawater reverse osmosis desalination plants with emphasis on efficiency and economical analysis of isobaric versus centrifugal devices**, Thesis of Master, College of Engineering, University of South Florida, USA, 2011.
11) MENA Regional Water Outlook, **Desalination using renewable energy**, PartII, Final report, Fichtner, USA, 2011.
12) Ministère des ressources en eau, **Bilan des réalisations (1962-2012) et perspectives du secteur des ressources en eau**, Sous direction de documentation et Archive, Alger, 2012.
13) Ministère des ressources en eau, **50 ans de réalisations**, Alger, 2012.
14) Organization of The Petroleum Exporting Countries, **OPEC annual statistical bulletin**, 50th édition, Austria, 2015.
15) Platonnova Inna, Leone Michéle, **Les liens entre l'eau et L'énergie au regard des changements climatiques dans les pays en développement**, Rapport de synthèse programme changements climatiques et l'eau, Projet n°106298-02, Canada, 2012.
16) Richard Connor et al, **Energy's Thirst for water**, United nations educational, Scientific and cultural organization and world assessment programme, water and energy, The united nations world water development report,USA, 2014.
17) Sabine Lattemann, **Development of an Environmental impact assessment and decision support system for seawater desalination plants**, CRC-Press, Netherlands, 2010.
18) The World Bank, **Renewable energy desalination: An emerging solution to close the water gap in the Middle East and North Africa**, MENA development report, USA, 2012.
19) UNESCO Center for membrane science and Technology University of new south wals, **Emerging Trends desalination: A review**, Waterlines report series n°9, National commission, Australia, 2008.
20) United Nations Educational, Scientific and Cultural organization and World assessment Programme, **Water and Energy**, The United nations world water development report, USA, 2014.

C.Articles, Colloques et Publications

1) Avlonntis S.A, **Operational water cost and productivity improvements for small-size RO desalination plants**, Desalination,n°42, 2002.
2) Al-Karagholi Ali, Kazmerski-Lawrence l, **Energy consumption and water production cost of conventional and renewable energy powered desalination processes** Renewable and sustainable energy reviews, n ° 24, 2012.
3) Bessenasse Mohamed and al, **Seawater desalination: study of three stations in Algiers region**, Desalination, n° 250, 2010.

4) Bougis Jean, **Revue des aspects maritimes du dessalement d'eau de mer**, vol6, Reviee Paralia, Edition Paralia, France, 2013.
5) Campos Carlos, **The economics of desalination for various uses**, Water Technology Center (CET aqua), Agbar/GWI Desal Data/IDA.
6) Chowdhury, Al-Zahrani Muhamed, **Characterizing water resources and trends of sector wise consumption in Saudi Arabia**, Journal of king Saudi university-Engineering sciences, n°27, 2015
7) Direction de l'hydraulique agricole, **Note de synthèse sur l'hydraulique agricole 2013**, Ministère des ressources en eau, 2014.
8) Ducru Tata Farida, **Dessalement de l'eau de mer: bilan des derniers avances technologiques: bilan économique; analyse critique en fonction des contextes**, 2009.
9) Farid Ladjel,Sonia Abbou, **Perspectives de valorisation agricole et énergétique des issues des STEP en Algérie**, SIEE Pollutec, Office National de L'Assainissement, Algérie, 2014.
10) Fath Hassan et al, **Present and future trend in the production and energy consumption of desalinated water in GCC countries**, International journal of Thermal & Environmental Engineering, vol5, 2013.
11) Ghaffour Noreddine and al, **Technical review and evaluation of the economics of water desalination current and future challenges for better water supply sustainability**, Desalination, n°309, 2013.
12) Global water Intelligence, Volume11, issue 7.
13) Hildering Antoinette, **International law: Sustainable development and water management**, Eburon Academic Publishers, Netherlands, 2006.
14) International water management Institute, (2006& GWI Desal Data), IDA(2009).
15) J Salaman**, Te dessalement de l'eau de mer est-il une voie d'avenir**?, Center des Etudes Géographiques et Ordenant du Territoire.
16) Karagiannis-Ioannis C, Soldatos-Petros G**, Water desalination cost literature: Review and assessmen**t, Desalination, n°223, vol142, Issue1-3, 2008.
17) Konstantinos Zotalis et al, **Desalination technologies: Helenic Experience**, Water Journal, n°2037-4441, 2014
18) Lee Green.F Lauren and al, **Reverse osmosis desalination: water sources technology and today's challenges**, water research, n°43, 2009.
19) Malcom Langfood, **the United Nations concept for water as a human Right: A new paradigm for old problem**, Water resources development, vol21, n°2, 2005.
20) Mozas Morgan, Ghosn Alexis, **État des lieux du secteur de l'eau en Algérie (Etudes et Analyses)**, Institut de prospective en économique du monde Méditerranéen, 2013.
21) Osman A-Hamed, **Overview of hybrid desalination systems-current status and future prospects**, International conference on water resources arid environment, 2004.
22) R.G, Raluy et al, **Life cycle assessment of desalination technologies integrated with renewable energy**, Desalination, vol 148, n°1-3, 2005.
23) Saad Mohamed Amin**, Overview& Trends of membrane desalination technology privatization the Mena region**, International conference and sustainability, 01/02 March 2012, Casablanca, 2012.
24) Sierra Club, **Desalination: is it worth its salt?**, Lone star chapter, USA, 2008.

25) Station de dessalement d'eau de mer (Benisaf : 200,000m^3/j), **Récupération d'énergie dans le dessalement d'eau de mer par osmose inverse**, Journée mondiale de l'eau, 19Mars2014, 2014.

26) Water reuse association**, Seawater desalination costs**, white paper, 2011.

27) Younos Tamim, **Environmental issue of desalination**, Journal of contemporary water research & education, Issue132, 2005.

28) Zaara Mohamed, **Les grandes stations de dessalement: Aspects techniques et économiques**, 2nd MEDA water régional event, 28/29 avril 2008, Marrakech, 2008.

ثالثا:مواقع الانترنت

1) الأمم المتحدة، **اقتسام المياه...اقتسام الفرص (مياه عابرة للحدود)**، اليوم العالمي للمياه 2009، متوفر على الرابط: www.unwater.org

2) مريم سلماوي، **الجزائريون يستهلكون (20%) من مياه البحر المحلاة آفاق2018**، جريدة المحور اليومي، 24مارس 2014، متوفر على الرابط: http://elmihwar.com/ar/thumbnail.php

3) وزارة البترول والثروة المعدنية، **المملكة العربية السعودية**، متوفر على الرابط: http://www.mopm.gov.sa/Arabic/About KSA/Pages /default.aspx

4) منظمة الأمم المتحدة للأغذية والزراعة (الفاو)، **المملكة العربية السعودية (الري في الشرق الأوسط)**، متوفر على الرابط http://www.fao.org/nr /wateraquastat /.../SAU_cp_ara.pdf:

5) هيئة تنظيم الكهرباء والإنتاج المزدوج، **تحلية المياه في المملكة (صناعة الكهرباء وتحلية المياه)**، متوفر على الرابط : http://www.ecra.gov.sa/waterdesalination.aspx/

6) جريدة الوطن، **أخبار السعودية**، متوفر على الرابط:http://www.arabic.arabianbusiness.com/Politics-economic

7) وكالة الأنباء الجزائرية، **محطة تحلية مياه البحر بمنطقة المقطع (وهران: مؤهلات مشروع ضخم)**، متوفر على الرابط: http://www .aps.dz

8) عدنان الغزال، **المملكة تنتج (17%) من المياه المحلاة عالميا**، جريدة الوطن،المملكة العربية السعودية، متوفر على الرابط : http://www.alwatan.com.sa

9) وزارة المياه والكهرباء، **تعريفة المياه والكهرباء الجديدة**، 2016، متوفر على الرابط: http://www.mowe.gov.sa/Arabic/New Rates.pdf

10) أخبار البيئة، **قنوات ومآخذ المياه في محطات التحلية السعودية صديقة للبيئة**، متوفر على الرابط:-http://www.env news.com/energy/

11) مياه المحيطات، متوفر على الرابط: http://faculty.ksu

12) الوطن، **محافظ التحلية: تسربات النفط تهدد محطاتنا**، متوفر على الرابط:/http://akhbar24.argaam.com/article/detail

13) http://DesalData.com

14) Moustiri Abdelatif, **Stratégie et indicateurs du secteur de l'eau en Algérie**, Egypt 21/22 October 2011, disponible sur le site :http://www.arabwatercouncil.org/AWF/Download/Sessions/Special9/

15) Ministère des ressources en eau, **Alimentation en eau potable (Evolution des indicateurs1999-2014)**, disponible sur le site :http://www.mre.gov.dz/baoff/fichiers/indicateurs_AEP_1_01.pdf.

16) L'Algérienne des eaux, disponible sur le site :http://www.ade.dz.

17) Ministère des ressources en eau, **Programme du dessalement de l'eau de mer**, disponible sur le site : http://www.mre.gov.dz/baoff/programme_dessalement.pdf.

18) Ministère d'energie et de Mins, **Projets dessalement d'eau de mer**, disponible sur le site : http://www.mem-algeria.org.

19) L'Algérienne des eaux, **dessalement de l'eau de mer**, disponible sur le site : http://www.ade.dz/ dessalement /desal.php.

20) Abdelghani Fayçal, **36millions de m3 rejet de saumure par an de station de dessalement**, disponible sur le site: http://www.djazaires.com/fr/

21) www.swcc.gov.sa/Arabic/About SWCC/Prizes/Pages/default.aspx/

22) The Economist explains :The Global addiction to energy Subsidies,july 26th 2015,available at: http://www.economist.com/blogs/economist-explains-19/

الملاحق

الملحق رقم(1.1)

الفروقات الجوهرية بين تقنيات التحلية (MED،MSF وRO)

أولا:التقنيات الغشائية(RO نموذجا)			
الجانب	المعيار	الوصف	تقييم التأثير (+)ايجابي، (−)سلبي
الاقتصادي	التكاليف الابتدائية	أقل من التقطير	+
	تكاليف الصيانة والتشغيل	تحتاج لمعالجة أولية	−
التقني	استهلاك الطاقة	أقل مقارنة بالتقطير	+
	سعة المعالجة	تستهلك مياه أقل مقارنة بالتقطير لإنتاج نفس الكمية من الماء المحلى	
البيئي	الضجيج	استعمال توربينات ومضخات ذات ضغط عالي ومزعج	−
	مصدر الطاقة	استهلاك أقل	+
	تسيير المخلفات	الأغشية لديها مدة حياة قصيرة وتنتج نفايات	−
الاجتماعي	الاستجابة للاحتياجات	ذات سعات كبيرة	−
	اليد العاملة	تقنية منتشرة ومعروفة	+
	القبول	تقنية أكثر قبولا	+
	الصحة	الماء المنتج ملائم للاستخدام المنزلي	+
ثانيا: تقنيات التقطير(MED وMSF)			
الاقتصادي	التكاليف الابتدائية	تكاليف الانطلاق مرتفعة جدا مقارنة بالتناضح العكسي	−
	تكاليف الصيانة والتشغيل	ضعيفة جدا وبدون أغشية	+
التقني	استهلاك الطاقة	مرتفعة جدا نتيجة الحاجة لتسخين الماء حتى التبخر	−
	سعة المعالجة	−	+
	الأغشية	لا يقيم لأن الأمر يتعلق بتقنية حرارية	لا يقيم
البيئي	النظام البحري	طرح محلول ملحي ذو درجة حرارة مرتفعة مقارنة بالوسط المستقبل	−
	الضجيج	لا تحتاج لاستخدام مضخة عالية الضغط وتوربين، وبالتالي فهي أقل ضجيجا	+
	مصدر الطاقة	ذات طاقة عالية	−
	تسيير المخلفات	لا توجد أغشية وبالتالي نفايات منتجة أقل	+
الاجتماعي	الاستجابة للاحتياجات	سعة كبيرة	+
	اليد العاملة	تقنية منتشرة ومعروفة جدا	+
	القبول	تقنية شعبية ومقبولة	+
	الصحة	إنتاج طاقة ملوث وله تأثير على الصحة	−

Source : Annie Bissonnette**, Utilisation de nano membranes pour le dessalement de l'eau et comparaison avec l'osmose inverse et la distillation**, 2008, pp:34-38.

الملحق رقم (1.2)

معايير منظمة الصحة العالمية في مجال مياه الشرب

المعايير	توصيات منظمة الصحة العالمية
ORGANOLEPTIQUE المعايير العضو حسية	
la couleur اللون	اللون
le gout الذوق	عديم الذوق
l'odeur الرائحة	عديم الرائحة
PHYSIO-CHIMIQUE المعايير الفيزيوكيميائية	
la turbidité NTU التعكر	0-5(وحدة تعكر الماء النيفليومتري)
température الحرارة	15-25م^{0}درجة مئوية
ph	6,5-8,5
la salinité(mg/l) الملوحة	0,2-0,6
conductivité الناقلية	300-600
Chlorures (ml/l)	200-250
calcium(mlg c^{++}/l) الكالسيوم	100-200
magnésium(mlg mg^{++}/l) المغنزيوم	30-50
TDS(mlg/l)الأملاح الصلبة المذابة	1000
TA(F^0)القلوية البسيطة	0
TAC(F^0)القلوية الكلية	50
THT(F^0)القساوة الكلية	15-50
chlore résiduel(mg/l)الكلور المتبقي	0,5
BACTEROILOGIQUE المعايير البكتريولوجية	
Coliforme totaux (nbre/100ml)	0
Coliforme fécaux (nbre/100ml)	0
E-coli (nbre/100ml)	0
Streptocoque fécaux (nbre/100 ml)	0

المصدر: منظمة الصحة العالمية ، **دلائل جودة مياه الشرب**، بتاريخ2009/05/06، www.who.int/entity/water-sanitation-health/ar/

الملحق رقم (2.2)

CAPEX Cost estimation of typical SWRO Plant(100,000m^3/d),comprising pretreatment of FF1

SWRO Plant net capacity	100,000	m^3/d			
Type of pretreatment	FF1	Gravity filters			
Type of potabilization	Lime /co2				
Waste water treatment	y	Y/n			
Type of intake	open				
Plant lifetime	25	Years			
Interest rate	06	%/year			
Systems		System cost(US$)	Cost partitions(%)	Specific cost US$/m3,day	Remarks
Intake, pump station, and outfall		30,000,000	13.9	300.0	
Pretreatment system		25,000,000	11.6	250.0	
Membranes(in case MF/UF) Pretreatment without membranes		- 25,000,000	- 11.6	- 250.0	
Reverse osmosis part total		80,000,000	37.2	800.0	Isobaric ERD
Membranes(without vessels) Reverse osmosis without membranes		8,000,000 72,000,000	3.7 33.4	80.0 720.0	
Potabilisation Plant		10,000,000	4.6	100.0	
Drinking water storage and pumping		10,000,000	4.6	100.0	
Wastewater collection and treatment		5,000,000	2.3	50.0	
Mechanical equipment without membranes		152,000,000	70.6	1,520.0	
Auxiliary systems		7,000,000	3.3	70.0	
Civil works		16,000,000	7.4	160.0	
Electrical works		15,000,000	7.0	150.0	
I&C works		7,000,000	3.3	70.0	
Total		205,000,000		2,050.0	
Contingencies (%)	05	10,250,000	4.8	102.5	
SWRO plant total[a]		215,250,000	100.0	2,152.5	
Annual capital cost(annuity)		US$/year 16,838,301	US$/m3,day 0.46		

Source: MENA regional water outlook, **Desalination using renewable energy**, Part II, Final report, Fichtner, USA, 2011, p:10-144.

a**:** Cost including engineering, project management, construction, testing, construction site works and supervision Construction and testing

الملحق رقم (3.2)

CAPEX Cost estimation of typical SWRO Plant(200,000m^3/d),comprising pretreatment of FF1

SWRO Plant net capacity	200,000	M^3/d			
Type of pretreatment	FF1	Gravity filters			
Type of potabilization	Lime /co2				
Waste water treatment	y	Y/n			
Type of intake	open				
Plant lifetime	25	Years			
Interest rate	06	%/year			
Systems		System cost(US$)	Cost partitions(%)	Specific cost US$/m3,day	Remarks
Intake, pump station, and outfall		50,000,000	14.3	250.0	
Pretreatment system		40,000,000	11.4	200.0	
Membranes(in case MF/UF) Pretreatment without membranes		40,000,000	- 11.4	- 200.0	
Reverse osmosis part total		130,000,000	37.2	650.0	Isobaric ERD
Membranes(without vessels) Reverse osmosis without membranes		14,000,000 116,000,000	4.0 33.4	70.0 580.0	
Potabilisation Plant		16,000,000	4.6	80.0	
Drinking water storage and pumping		16,000,000	4.6	80.0	
Wastewater collection and treatment 10,000,000			2.9	50.0	
Mechanical equipment without membranes		248,000,000	70.9	1,240.0	
Auxiliary systems 11,000,000			3.1	55.0	
Civil works		25,000,000	7.2	125.0	
Electrical works		23,000,000	6.6	115.0	
I&C works		12,000,000	3.4	60.0	
Total		333,000,000		1,665.0	
Contingencies (%)	05	16,650,000	4.8	83.3	
SWRO plant total[a]		349,650,000	100.0	1,748.3	
Annual capital cost(annuity)		US$/year 27,351,972		US$/m3,day 0.37	

Source: MENA regional water outlook, **Desalination using renewable energy**, Part II, Final report, Fichtner, USA, 2011, p:10-141.

a**:** Cost including engineering, project management, construction, testing, construction site works and supervision construction and testing

الملحق رقم (1.3)

إعادة تمركز(أو توطين) محطات تحلية مياه البحر(Monoblocs)

Localisation initiale	Capacité(m^3/j)	Localisation nouvelle (Délocalisation entre 2004 et 2007)
Corso (w.Boumerdes)	2×2,500	Ténès (w.Chelef)
Bateau Cassé1 (w.Alger)	2,500	Chatt El ward (w.Ain Témouchent)
Bateau Cassé2 (w.Alger)	2,500	Bouzedjar (w. Ain Témouchent
Bateau Cassé3 (w.Alger)	2,500	Bousfer (w.Oran)
Cap Caxine (w.Alger)	2,500	Chatt El ward (w.Ain Témouchent)
Ain Benian/El Bahdja (w.Alger)	2,500	Bouzedjar (w. Ain Témouchent
Larbi Ben M'hidi(w.Skikda)	3,000	Bousfer (w.Oran)
Réghaia 1 et 2(w.Alger)	2×2,500	Les dunes (w.Oran)

المصدر: الجزائرية للمياه(ADE).

الملحق رقم (2.3)

إجراءات إنشاء محطة لتحلية مياه البحر في الجزائر

Principales Dates Contractuelles	
Création de la société	
Signature des contrats	
Clôture financière	
Entrée en Service « Contrat-Réelle »	
Début des Livraisons « Eau »	
Réception définitive de la station	
Données Financières du Projet	
Société de Projet.	BWC SPA
Actionnariat Etranger de BWC.	GEIDA BENI SAF S.L(COBRA) « Espagne » :51%
Constructeur de la station.	UTE Desaladora Beni-saf Construccion(COBRA) « Espagne »
Exploitant de la station.	UTE Desaladora Operaciony Mantenimiento (COBRA) « Espagne »
Montant de l'investissement.	239.9M USD
Montant du Contrat EPC.	185.5 M USD
Montant du Contrat O&M.	08.2 M USD
Réclamations du Constructeur.	36.8 M USD
Pénalités de retard envers le constructeur.	10.8 M USD
Pénalités de retard envers l'Acheteur.	8.57 M USD
Prix de Cession du mètre cube d'eau du contrat.	55.8331 DZD/m3
Prix de Cession indexé du mètre cube d'eau du mois en cours.	-
Montant des PRD non honorées à ce jour	62.66 M DZD
Rémunération de la Capacité non livrée du mètre cube d'eau.	37.670 DZD/m3
Parité Contractuelle Dinar Algérien/Dollar Américain.	79.830 DZD/USD

المصدر: شركة الطاقة الجزائرية(AEC).

الملحق رقم(3.3)

متوسط نصيب الفرد في أقاليم المملكة العربية السعودية من مياه الشرب

المنطقة	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
الرياض	285	283	289	292	292	285	293	304
مكة المكرمة	172	165	189	214	237	241	246	248
المدينة المنورة	229	223	229	232	219	220	235	231
القصيم	289	302	295	263	252	245	243	241
الشرقية	385	392	380	344	370	374	377	374
عسير	81	72	78	83	85	89	98	99
تبوك	187	184	192	199	174	168	283	299
حائل	131	124	137	136	110	105	130	170
الحدود الشمالية	89	99	108	143	136	202	170	162
جازان	33	31	36	35	31	57	66	76
نجران	89	60	56	54	47	45	114	88
الباحة	57	48	57	60	61	80	102	153
الجوف	246	249	225	239	240	246	228	225
المتوسط على مستوى المملكة	222	221	227	231	235	238	249	253

المصدر: وزارة الكهرباء والمياه، **التقرير السنوي1436/1435هـ**، المملكة العربية السعودية، 2014، ص:63.

الملحق رقم (1.4)

تطور السعودة في محطات المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة حسب الساحل

تطور السعودة في محطات الساحل الشرقي					
السنة	مجموع العاملين	السعوديين		المتعاقدين(غير السعوديين)	
		عدد العاملين	(%)	عدد العاملين	(%)
2007	4,233	3,259	77.0	974	23.0
2008	4,136	3,313	80.1	823	19.9
2009	4,056	3,291	81.1	765	18.9
2010	4,239	3,468	81.8	771	18.2
2011	4,519	3,750	83.0	769	17.0
تطور السعودة في محطات الساحل الغربي					
السنة	مجموع العاملين	السعوديين		المتعاقدين(غير السعوديين)	
		عدد العاملين	(%)	عدد العاملين	(%)
2007	4,977	3,996	80.3	981	19.7
2008	5,047	4,204	83.3	843	16.7
2009	5,064	4,280	84.5	784	15.5
2010	5,383	4,594	85.3	789	14.7
2011	5,173	4,467	86.4	706	13.6

المصدر: المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة،**تقرير التشغيل والصيانة**، المملكة العربية السعودية، 2013، ص:97

الملحق رقم (2.4)

الاتفاقيات– مشاريع تعاونية لمعهد الأبحاث وتقنيات التحلية

اسم الاتفاقية	عنوان المشروع	الهدف من الاتفاقية
1) الاتفاقية التعاونية مع شركة سنداب العالمية(2015/03/31).	تعقيم المياه المنتجة من محطات التحلية (محطة التناضح العكسي–الجبيل–)	مشروع تعاون بحثي بين معهد الأبحاث وتقنيات التحلية بالجبيل وشركة سنداب العالمية لتقييم استخدام نظام متطور لإنتاج مادة ثاني أكسيد الكلور بدرجة نقاوة عالية تتجاوز(95%) لتعقيم المياه المنتجة من محطة التناضح العكسي بالجبيل.
2) الاتفاقية التعاونية مع شركة دوسان (2015/03/04).	التطوير والتحسين الأمثل لنظام المعالجة الأولية لمياه البحر بطرق التناضح العكسي.	• التحقق من أداء نظم جديدة تنافسية للمعالجة الأولية؛ • تحسين تقنيات المعالجة الأولية الجديدة؛ • التحقق من خصائص الترشيح الغشائي وفقا للمعالجة المسبقة.
3) الاتفاقية التعاونية مع شركة حماية البيئة للخدمات الفنية المحدودة (2014/03/15).	تقييم استخدام مادة الهيلامين في الغلايات كبديل لمادة الهيدرازين.	• تقييم كفاءة المادة الكيميائية البديلة للهيدرازين في غلايات الضغط العالي؛ • تقدير النواتج الثانوية في نظام الغلايات من استخدام المادة البديلة؛ • تقييم قدرة المادة البديلة على تكوين الطبقة الحافظة؛ • التحكم في الكمية المتبقية من مادة الهيلامين؛ • الكفاءة الحرارية للغلايات تكون عند القيمة التصميمية أو أعلى؛ • تقدير معدل التآكل.
4) الاتفاقية التعاونية مع المعهد الفرنسي للتآكل(2013/05/03).	دراسة تأثير الطبقة الحيوية الحرارة والموقع الجغرافية للبيئة البحرية في التآكل داخل الشقوق لسبائك الفولاذ المقاومة للصدأ(أو سبائك النيكل).	دراسة تكون الطبقة الحيوية على سطح المعادن في البيئة البحرية وتأثيرها على التآكل داخل الشقوق ومقارنة قوة تأثير هذه الطبقة في مياه الخليج ومياه البحر في بقية أنحاء العالم.
5) الاتفاقية التعاونية البحثية مع شركة كورتك الأمريكية (2014/06/17).	دراسة مدى فعالية مثبط تآكل من النوع الطيار في حماية السطح الخارجي لقاعدة الخزانات والمعرضة لمشاكل متكررة في المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة.	
6) الاتفاقية التعاونية مع شركة دوسان الكورية(2013/03/30).	• تطوير وحدات التبخير الوميضي ذو الاتجاه الواحد، ودراسة إمكانية تشغيلها على درجة حرارة قصوى(130م°)؛ • استخدام مانع تسرب متطور وتصميم وحدة تجارية تصل إنتاجيتها إلى(25) مليون جالون، ورفع كفاءة وحدات التحلية الحرارية.	

7) الاتفاقية التعاونية مع شركة دوسان الكورية في مجال الطاقة الشمسية (2014/04/01).	إجراء دراسة بحثية نظرية لتحديد الجدوى الاقتصادية لاستخدام الطاقة الشمسية في عملية التحلية الحرارية حسب الظروف المناخية السائدة في المملكة، ويعتبر هذا المشروع المرحلة الثانية من الاتفاقية.	
8) الاتفاقية التعاونية مع جامعة الملك سعود في مجال الطاقة الشمسية (2014/04/09).	بناء وتطوير جامع طاقة شمسي محلي بجهود وطنية وباستخدام مواد محلية ذات تكلفة منخفض ة يسهم في تخفيض تكلفة إنتاج المياه باستخدام الطاقة النظيفة.	

المصدر: المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة، **التقرير السنوي1436/1437 هـ**، المملكة العربية السعودية، 2015، ص ص: 52-54.

الملحق رقم (3.4)

قطع الغيار المصنعة خلال الأعوام (2009-2013)

السنة	عدد القطع التي تم تصنيعها	السعر الكلي للمورد الخارجي(ريال)	السعر الكلي للتصنيع(ريال)	الوفر(ريال)
2009	676	22,359,902	8,657,367	14,781,182
2010	657	15,821,966	10,300,585	5,521,381
2011	302	18,914,516	8,312,055	9,658,513
2012	260	22,509,775	13,153,255	10,594,307
2013	186	31,226,404	14,293,920	17,332,639

المصدر: المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة، **تقرير التشغيل والصيانة2013**، المملكة العربية السعودية، 2014، ص:114.

الملحق رقم (4.4): توزيع وتحليل الأعباء غير المباشرة لمحطة تحلية حرارية (MSF+MED)

أولا: التوزيع الأولي للأعباء غير المباشرة

رقم الحساب	اسم الحساب	المبلغ الموزع	الأقسام الثانوية						الأقسام الأساسية		
			الإدارة	الصيانة	البيئة	الطاقة	الصحة والسلامة	التموين	الإنتاج	التوزيع
ح/61	الخدمات الخارجية	×××	×××	×××	×××	×××	×××			×××
ح/62	الخدمات الخارجية الأخرى	×××	×××					×××		×××
ح/63	أعباء العاملين	×××	×××	×××	×××	×××	×××	×××	×××	×××
ح/64	الضرائب والرسوم والتسديدات المماثلة	×××	×××	×××	×××	×××	×××		×××	×××
ح/65	الأعباء العملياتية الأخرى	×××	×××	×××	×××	×××	×××	×××		×××
ح/66	الأعباء المالية	×××	×××	×××	×××	×××	×××	×××	×××	×××
ح/67	العناصر غير المادية	×××	×××	×××	×××		×××	×××	×××	
ح/68	المخصصات للاهتلاكات والتموينات وخسائر القيمة	×××	×××	×××	×××	×××	×××	×××	×××	×××
مجموع التوزيع الأولي		××××	××××	××××	××××	××××	××××	××××	××××	××××

المصدر: إعداد الباحثة.

ثانيا: التوزيع الثانوي للأعباء غير المباشرة على الأقسام الأساسية

رقم الحساب	اسم الحساب	المبلغ الموزع	الأقسام الثانوية						الأقسام الأساسية		
			الإدارة	الصيانة	البيئة	الطاقة	الصحة والسلامة	التموين	الإنتاج	التوزيع
ح/61	الخدمات الخارجية	×××	×××	×××	×××	×××	×××			×××
ح/62	الخدمات الخارجية الأخرى	×××	×××					×××		×××
ح/63	أعباء العاملين	×××	×××	×××	×××	×××	×××	×××	×××	×××
ح/64	الضرائب والرسوم والتسديدات	×××	×××	×××	×××	×××	×××		×××	×××
ح/65	الأعباء العملياتية الأخرى	×××	×××	×××	×××	×××	×××	×××		×××
ح/66	الأعباء المالية	×××	×××	×××	×××	×××	×××	×××	×××	×××
ح/67	العناصر غير المادية	×××	×××	×××	×××		×××	×××	×××	
ح/68	المخصصات للاهتلاكات والتموينات وخسائر القيمة	×××	×××	×××	×××	×××	×××	×××	×××	×××
مجموع التوزيع الأولي		××××	××××	××××	××××	××××	××××	××××	××××	××××
التوزيع الثانوي										
● الإدارة		(….)	×××	×××	×××	×××	×××	×××	×××	×××
● الصيانة		×××	(….)	×××	×××	×××	×××	×××	×××	×××
● الطاقة		×××	×××	(….)	×××	×××	×××	×××	×××	×××
● البيئة		×××	×××	×××	(….)	×××	×××	×××	×××	×××
● الصحة والسلامة		×××	×××	×××	×××	(….)	×××	×××	×××	×××
مجموع التوزيع الثانوي		00	00	00	00	00	××××	××××	××××	××××
طبيعة وحدات القياس								$م^3$	$م^3$ + كيلوواط ساعي	$م^3$

المصدر: إعداد الباحثة.

الملحق رقم(5.4): توزيع وتحليل الأعباء غير المباشرة لمحطة تحلية غشائية (RO)

أولا: التوزيع الأولي للأعباء غير المباشرة

رقم الحساب	اسم الحساب	المبلغ الموزع	الأقسام الثانوية				الأقسام الأساسية		
			الإدارة	الصيانة	البيئة	الصحة والسلامة	التموين	الإنتاج	التوزيع
ح/61	الخدمات الخارجية	×××	×××	×××	×××	×××			×××
ح/62	الخدمات الخارجية الأخرى	×××	×××				×××		×××
ح/63	أعباء العاملين	×××	×××	×××	×××	×××	×××	×××	×××
ح/64	الضرائب والرسوم والتسديدات المماثلة	×××	×××	×××	×××	×××		×××	×××
ح/65	الأعباء العملياتية الأخرى	×××	×××	×××	×××	×××	×××		×××
ح/66	الأعباء المالية	×××	×××	×××	×××	×××	×××	×××	×××
ح/67	العناصر غير المادية	×××	×××	×××	×××	×××	×××	×××	
ح/68	المخصصات للاهتلاكات والتموينات وخسائر القيمة	×××	×××	×××	×××	×××	×××	×××	×××
مجموع التوزيع الأولي		××××	××××	××××	××××	××××	××××	××××	××××

المصدر: إعداد الباحثة.

ثانيا: التوزيع الثانوي للأعباء غير المباشرة على الأقسام الأساسية

رقم الحساب	اسم الحساب	المبلغ الموزع	الأقسام الثانوية				الأقسام الأساسية		
			الإدارة	الصيانة	البيئة	الصحة والسلامة	التموين	الإنتاج	التوزيع
ح/61	الخدمات الخارجية	×××	×××	×××	×××	×××			×××
ح/62	الخدمات الخارجية الأخرى	×××	×××				×××		×××
ح/63	أعباء العاملين	×××	×××	×××	×××	×××	×××	×××	×××
ح/64	الضرائب والرسوم والتسديدات المماثلة	×××	×××	×××	×××	×××		×××	×××
ح/65	الأعباء العملياتية الأخرى	×××	×××	×××	×××	×××	×××		×××
ح/66	الأعباء المالية	×××	×××	×××	×××	×××	×××	×××	×××
ح/67	العناصر غير المادية	×××	×××	×××	×××	×××	×××	×××	
ح/68	المخصصات للاهتلاكات والتموينات وخسائر القيمة	×××	×××	×××	×××	×××	×××	×××	×××
مجموع التوزيع الأولي		××××	××××	××××	××××	××××	××××	××××	××××
التوزيع الثانوي									
● الإدارة		(….)	×××	×××	×××	×××	×××	×××	×××
● الصيانة		×××	(….)	×××	×××	×××	×××	×××	×××
● البيئة		×××	×××	(….)	×××	×××	×××	×××	×××
● الصحة والسلامة		×××	×××	×××	(….)	×××	×××	×××	×××
مجموع التوزيع الثانوي		00	00	00	00	××××	××××	××××	××××
طبيعة وحدات القياس							متر مكعب	متر مكعب	متر مكعب

المصدر: إعداد الباحثة.

تحليل تكلفة تحلية مياه البحر
– دراسة مقارنة بين الجزائر والمملكة العربية السعودية –

الملخص

هدفت هذه الدراسة إلى تحليل تكلفة تحلية مياه البحر من الناحية الاقتصادية، الاجتماعية والبيئية من أجل معرفة تأثير ذلك في اتجاهات هذه التكلفة نحو الانخفاض أو الارتفاع في الجزائر والمملكة العربية السعودية.

ولتحقيق هذا الهدف، تم التركيز على تحليل العلاقات القائمة بين تكلفة تحلية مياه البحر ومحدداتها الرئيسية (كمية الطاقة المستهلكة، نوع التقنية المعتمدة، نوعية المنتج النهائي، مصدر مياه التغذية وأعمار وحدات التحلية) بالإضافة إلى تحليل القيمة المضافة لاعتماد الطاقة المتجددة في تحلية مياه البحر مع تقديم مقاربة اقتصادية، اجتماعية وبيئية لتكلفة التحلية في البلدين.

وخلصت نتائج الدراسة إلى أن التأثير في اتجاهات تكلفة تحلية مياه البحر، متوقف على إدراك المحددات المسئولة عن هذه التكلفة، تحديد ارتباطاتها وتأثيراتها المتباينة مع معرفة الوزن النسبي لكل محدد من هذه المحددات وسلوكها العام بما يساعد على إعطاء صورة واضحة حول العناصر التي يجب التركيز عليها في البلدين من أجل التحكم في هذه التكلفة.

الكلمات الدالة: تحلية مياه البحر، تكلفة تحلية مياه البحر، الجزائر، المملكة العربية السعودية، تحليل تكلفة تحلية مياه البحر.

An Analysis of Seawater Desalination Cost
- a Comparative Study between Algeria and Saudi Arabia –

Abstract

The aim of this study is to analyze the cost of seawater desalination from economic, social and environmental perspective in order to know the impact of this in cost trends towards rising or declining in Algeria and Saudi Arabia.

To attain this goal, it was focused on the analysis of the relationships between the cost of seawater desalination and its main determinants (quantity of consumed energy, type of technology, quality of final product, feed water source and plants lifetime). In addition, to the analysis of the benefit behind the adoption of renewable energy in seawater desalination with an introduction to an economic, social and environmental approach to the cost of desalination in the two countries.

The results of the study show that the impact in seawater desalination cost trends relies on several factors mainly: Identifying the determinants contributing in this cost, determining its correlations and its various effects, knowing the relative weight of any determinant and its general behavior. This is what helps to give an evident vision about the elements which it should be focused on to control the cost of seawater desalination in the two countries.

Keywords: Seawater desalination, Algeria, Saudi Arabia, Cost of Seawater desalination, Analysis of Seawater desalination cost.