الفصـــل الرابع

موارد المـــياه غير التقـــليدية

وعلمك ما لم تكن تعلم وكان فضل الله عليك عظيماً

النســـاء : ١١٣

obeikandl.com

تعـد موارد المياه غير التقليدية من الموارد الطبيعية الهامة فى البلدان التى تعـانى من عجز كبير فيها مثل ليبيا حيث يندر بها المطر ويتذبذب وينعدم فيها الجريان السطحى الدائم بالإضافة إلى أن مخزونها الجوفى قابل للنضوب وتتمثل موارد المياه غير التقليديـة فى ليبيا فى موردين :

١- **مياه التحـلية** الناتجة عن تحلية مياه البحر وهو مورد مائى دائم ولكن يعيبـه تكلفته العالية وما تخلفه عملية التحلية من آثار بيئية وهندسية سيئة مثل التغـيرات فـى كمية ونوعية الترسبات البحرية فى منطقة سحب المياه من البحر وما تؤثره المياه المالحة من تآكل لأجهزة محطات التحلية وما تخلفه هذه المحطات من مياه عالية التركـيز فـى الملوحة تؤثر فى الأحياء البحرية بها .

٢- **مياه المعـالجة** ويقصد بها مياه الصرف بأنواعها المختلفة التى يعاد استغلالها بعد تنقيتها ومعالجتها وتستخدم بصفة خاصة فى المجال الزراعى ويمكن أن توفر كميـة كبيرة من المياه سنويا تساهم فى حل المشكلة المائية ولكن يتم استخدام هذه المياه بنوع من الحذر لتلاشى آثار المخلفات الضارة .

وتقوم ليبيا حالياً بعمل تجارب على مياه الصنابورة ويقصد بها المياه العذبـة التـى يمكن أن تنقلها شاحنات البترول بعد تفريغها من موانى التفريغ بدلا من المياه المالحة التى تمتلئ بها لحفظ توازنها وهى عائدة واستخدامها فى المجال الزراعى ، وقد أجرت ليبيـا مجموعة أخرى من التجارب لزراعة السحب ثم استحلابها بما يعرف بالمطر الصنـاعى ولكنها توقفت الآن ، كما يوجد اتجاه لنقل كتل الجليد عبر البحار والمحيطات ثم إذابتـها واستخدامها لأغراض الشرب .

وتحتاج موارد المياه غير التقليدية لمهارة فائقة وتقنيات عالية كما تحتاج محطـات التحلية والمعالجة لعمليات صيانة دورية وعمالة فنية مدربة وهى تعتبر الحـل لمواجهـة عجز المياه التقليدية عن الوفاء باحتياجات السكان المتزايدة .

ويتناول هذا الفصل موارد المياه غير التقليدية مياه التحلية ومياه الصرف الصحـى وتوزيع محطاتها وكمية المياه الناتجة عنها واستغلالها بالإضافة لفكرة عامة عـن ميـاه الصابورة والتجارب الليبية فى مجال زراعة السحب .

أولاً : مـــياه التحـــلية

يقصد بها المياه الناتجة عن تحلية مياه البحر المالحة وتصنف المياه المالحة إلـــى : ١- مياه قليلة الملوحة وتتراوح نسبة تركيز الأملاح بـــها بيـــن ١٠٠٠ - ٣٠٠٠ج فـــى المليون. ٢- مياه متوسطة الملوحة وتتراوح أملاحـــها بيـــن ٣٠٠٠ - ١٠٠٠٠ج فـــى المليون. ٣- مياه شديدة الملوحة وتتراوح أملاحـــها بيـــن ١٠٠٠٠ - ٣٥٠٠٠ ج فـــى المليون. ٤- مياه مالحة وتزيد الأملاح فيها عن ٣٥٠٠٠ ج فى المليون (اللبـــدى ;١٩٨٩ .ص ٢٠) .

وقد ساعد وقوع ليبيا بساحل طويل على البحر المتوسط ووفرة رأس المال النـــاتج عن تصدير البترول وعجز مواردها المائية على دخولها فى هذا المجال فأقامت مجموعـــة من محطات التحلية على الساحل .

وتهدف هذه المحطات إلى إنتاج ١٦٠ مليون م٣ بحلول عام ٢٠٠٠ لســـد حاجـــة السكان من مياه الشرب ، وتقدر السعة الإنتاجية لمحطات التحلية فى ليبيا ٨,١٣% مـــن السعة الإنتاجية لمحطات التحلية فى الوطن العربى وما قيمته ٥.٥% بالنسبة للعالم (العتر ;١٩٩٥ .ص ٧٢)

وتتلخص مقومات إنشاء محطات تحلية المياه فى الآتى :

١- **<u>الموقـــع الســـاحلى</u>** وتتمتع ليبيا بساحل طوله ١٩٠٠كم ومع خصائص ميـــاه البحر من مد وجذر وتيارات بحرية ودرجة حرارة المياه ونسبة الأملاح بها ، وتـــتراوح ملوحة المياه فى جنوب البحر المتوسط المواجه للساحل الليبى ما بيـــن ٣٨ - ٣٩ ألـــف جزء فى المليون وهى نسبة مرتفعة تزيد من تكاليف إنتاج المياه العذبة وتكاليف عمليـــة الصيانة أيضا لأنها تعمل على تآكل أجزاء المحطات والمواسير بسرعة كبـــيرة (شـــاور ;١٩٩٥ .ص ٩١) .

٢- **<u>وفـــرة مصادر الطـــاقة</u>** لأن عملية التحلية تحتاج لطاقة عالية جداً وليبيا غنية بالبترول والغاز الطبيعى بالإضافة لغناها بالطاقة الشمسية نظراً لمناخها وخصائصه حيث وقوعها فى الإقليم الصحراوى الذى يتميز بأعلى معدلات لسطوع الشمس فى العالم .

٣- **رأس المـــال** وتحتاج عملية التحلية لرأس مال كبير خاصة وأن هذه التقنـــية تحتكرها البلدان المتقدمة وتبيعها بأعلى الأسعار وتحتاج لتكاليف إضافية من أجل الصيانة والتشغيل وتمويل الأبحاث الخاصة بها وتغطى عائدات النفط هذه التكاليف .

٤- **وفرة الأيدى العاملة** المدربة الماهرة التى لديها خبرة فى هذا المجال وتعمـــل ليبيا على توفير هذا النوع من العمالة من خلال التدريب وإرسالهم فى بعثات خارجية وما إلى ذلك بعد أن استعانت فى البداية بخبرة أجنبية .

وعند توفر هذه المقومات فى ظل العجز المائى الكبير تقوم صناعة تحلية المياه لسد هذا العجز وتعتبر تحلية مياه البحر صناعة تحويلية تحتاج لما تحتاجه أى صناعة أخـــرى مع مراعاة الاقتصاد فى تكاليف الإنتاج قدر المستطاع لما للماء من أهمية كبيرة فى حيـــاة الإنسان وهذا ممكن عن طريقة الاعتماد على الطاقة الشمسية وهى طاقة رخيصة للغايـــة ومتوفرة ولا تتضب مع التقدم فى الأبحاث والدعم الدائم من قبل الحكومة لإحـــراز تقـــدم ملموس بالإضافة إلى الاعتماد على النفس قدر المستطاع .

وكانت ليبيا تتجه بقوة نحو تحلية مياه البحر قبل التفكير فى عمل مشـــروع النـــهر الصناعى العظيم ولكن بعد تنفيذ النهر ووصول مياهه للساحل الليبى حد من هذا الاتجـــاه بعض الشىء .

وتساهم محطات التحلية المقامة على طول الساحل الليبى والبالغ عددها ٢٠محطـــة ذات سعات متوسطة إلى عالية بحوالى ١٠٠ مليون م٣ سنوياً بالإضافة لما تنتجـــه عـــدد كبير من المحطات الصغيرة التى لا تتعدى سعتها ٦٠٠٠م٣ يومياً للمحطة الواحدة والتـــى تقوم على تحلية المياه الجوفية للمنشآت الصناعية الصغرى والتجمعات البشرية بكميـــات إضافية وتزيد كمية المياه الناتجة من عملية التحلية من عام لاخر كمـــا يبينـــها الجـــدول الآتـــى :

جدول رقم (٤-١) مياه التحلية (١٩٩٠ - ٢٠٢٥) مليون م٣

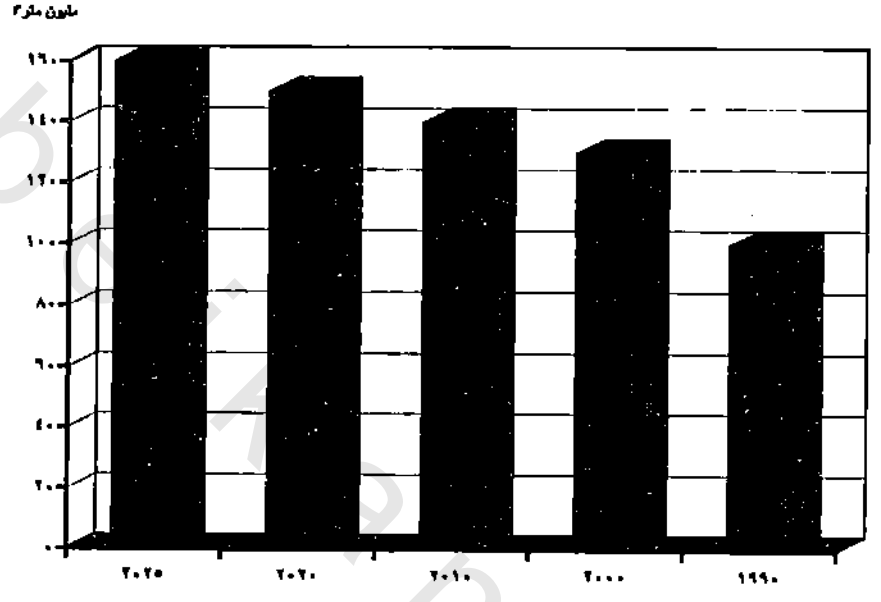
السنة	١٩٩٠	٢٠٠٠	٢٠١٠	٢٠٢٠	٢٠٢٥
مياه التحلية	١٠٠	١٣٠	١٤٠	١٥٠	١٦٠

المصـــدر: ســـالم ;١٩٩٤ ،ص٤ .

يتضح من خلال الجدول (٤-١) والشكل (٤-١) الزيادة المضطردة فى كمية المياه التى يتم تحليتها حيث تزيد هذه الكمية من ١٠٠ مليون م^{٣} عام ١٩٩٠ إلى ١٦٠ مليون م^{٣}

عام ٢٠٢٥ وهذا يوضح أنه كلما زاد العجز المائى فى موارد الميـــاه التقليديـــة ركـــزت الدولة على الموارد غير التقليدية وخططت لزيادتها ٠

شكل (٤-١) مياه التحلية فى الفترة ١٩٩٠-٢٠٢٥



وتساهم المياه المحلاة بحوالى ١,٥% من إجمالى الموارد المائية المستغلة فى ليبيـــا وبالرغم من ضآلتها إلا أنها نقية جداً ولا تستخدم إلا للشرب والجـــدول (٤-٢) يوضـــح مساهمة مياه التحلية فى استخدامات بعض البلديات فى ليبيا٠

جدول (٤-٢) مساهمة مياه التحلية فى بعض البلديات

البلدية	مياه التحلية ألف م٣/ يوم	% من موارد المياه
خليج سرت	٥٤,٥٥	%٤١
بنغازى	٥	%٣.٣
طرابلس	٢٦	%١
الجبل الأخضر	٤,٢٣	%٩
الزاويه	٠,٧٥	%١,٣

المصدر: الإدارة العامة للمرافق والأملاك العامة ; ١٩٩٢ ،ص٤-١٠ ٠

يتبين من خلال الجدول (٤-٢) مدى مساهمة مياه التحلية فى الاستهلاك فى بعض البلديات ويتضح أن بلدية خليج سرت هى أكثر البلديات استخداماً لها حيث تساهم بحوالى ٤١% من إجمالى المياه المستخدمة بها نظراً لظروفها الطبيعية وندرة أمطارها وقلة المياه الجوفية بها .

وقد تم إنشاء عدد من محطات التحلية على الساحل الليبى وذلك بناء على الاحتياجات الفعلية والضرورية للمناطق ذات الكثافة السكانية المرتفعة التى تعانى من نقص فى مياه الشرب بصفة أساسية وكان هذا قبل التفكير فى إقامة مشروع النهر الصناعى الذى ينقل المياه من الأحواض الجنوبية إلى المدن الساحلية ، وعلى كل فمحطات التحلية التى تم إنشاءها منها ما تعمل حتى الآن ومنها ما توقف لأغراض الصيانة ومنها ما توقف لأغراض الصيانة ، ومنها ما أهمل بعدما وصلت مياه النهر العظيم إلى مدن بنغازى وسرت وطرابلس ، ويبين شكل (٤-٢) مواقع المحطات التى أقيمت لتحلية مياه البحر .

جدول (٤-٣) أهم محطات التحلية

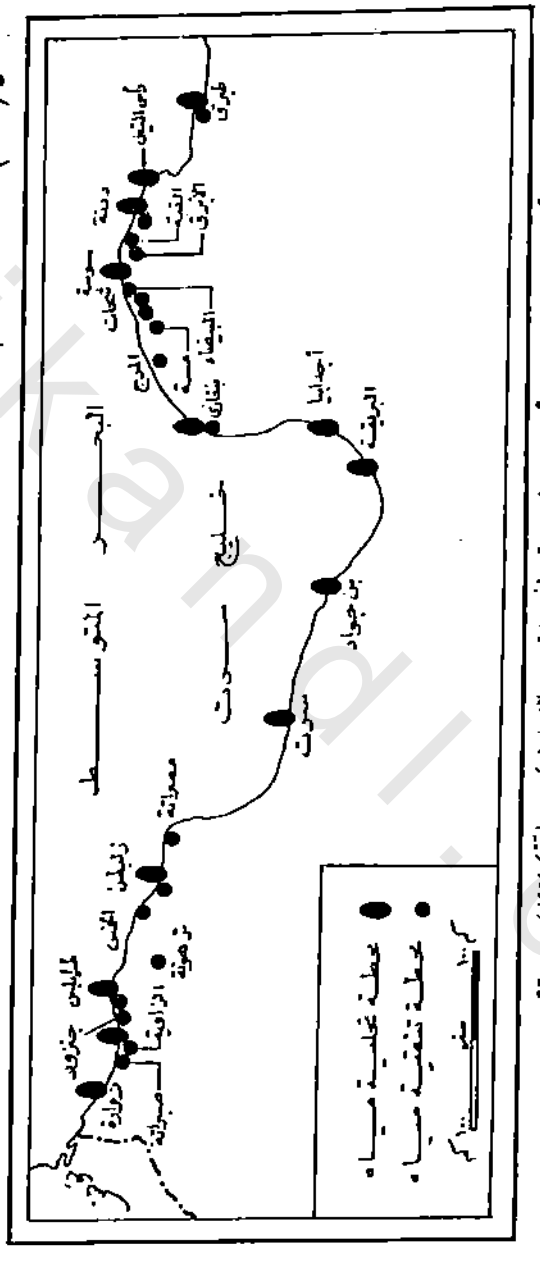
المحطة	سنة التشغيل	السعة التصميمية مليون م٣	الإنتاج الفعلى ١٩٩٠
شمال بنغازى	١٩٧٨	١٧,٥	٢,٥٢
مصراتة	١٩٨٩	١٥,٣	٤,١٨٨
سرت	١٩٨٦	١٥,٣	٣,٣٥٩
زويتينة	١٩٨٤	١٠,٩	٦,١١٧
غرب طرابلس	١٩٧٦	٨,٢	٢,٤٥٤
سوسة	١٩٧٩	٤,٩	٠,٥٥٣
طبرق	١٩٧٧	٤,٧	٢,٩٦٤
درنة	١٩٧٦	٣,٢	٠,٩٤٩
الخمس	١٩٨٥	٢,٩	٦,٢٠٣
زليطن	١٩٧٦	٢,١	١,٢١٩
الإجمالى		٨٥	٢٧,٥٢٦

المصدر: الأرباح ; ١٩٩٦ .ص ٤٣٤ . ج ٢ .

يتضح من الجدول (٤-٣) والشكل (٤-٣) أن الإنتاج الفعلى لمحطات التحلية فى ليبيا أقل بكثير عما صممت له فبينما تصل سعة هذه المحطات التصميمية إلى ٨٥ مليون م٣ لا يتعدى الإنتاج الفعلى عن ٢٧,٥ مليون م٣ فقط وهذا يرجع إلى انخفاض عدد

أيام التشغيل فى المحطات وهذا يؤدى أيضا إلى تضاعف التكلفة للمتر المكعب مثال ذلك لم تزد عدد أيام التشغيل عام ١٩٩٠ فى أكثر محطات ليبيا عملاً عن ٢٠٤ يوم فى زويتينة وفي مصراتة ١٤٠ يوم وفي شمال بنغازى ٥٣ يوم وفي سوسة نقل عدد أيام التشغيل إلى ٤١ يوم فقط .

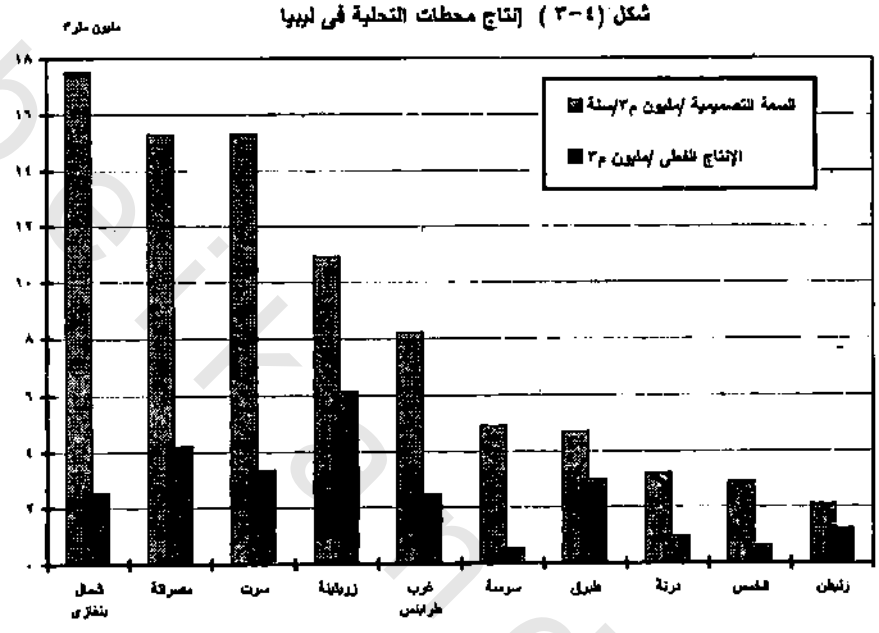
شكل (٤-٢) أهم محطات التحلية ومحطات تنقية المياه



المصدر: صبحى قنوص وآخرون ، الثورة فى ٥٠ عاماً ، الدار الجماهيرية للنشر والتوزيع والإعلان ، مصراتة ، ١٩٩٤ ، ص ٤٦٠ .

كما يوضح الجدول أن المحطات كلها حديثة التشغيل فلم تبدأ تحلية المياه فى ليبيا إلا فى السبعينيات من هذا القرن ، كما يوضح الشكل أن أعلى المحطات إنتاجاً هى محطة الخمس وتنتج ٦.٢ مليون م٣ سنويا وأقلها إنتاجاً محطة سوسة وتنتج ٠,٥٥ مليون م٣ سنوياً ٠ وقد توقفت محطة التحلية فى زوارة بعد عام ١٩٨٠ وكان إنتاجها ١٣٠٠ ألف م٣ فى نفس العام .

شكل (٤-٣) إنتاج محطات التحلية فى ليبيا



وتختلف تكلفة المتر المكعب من محطة تحلية لأخرى فهى تبلغ فى زوارة أثناء عملها ١١٢٠ درهم وكانت تحل مشكلة مدينة زوارة الخاصة بمياه الشرب أما محطة تحلية غرب طرابلس فتكلفة المتر المكعب منها ٦٢٠ درهم فقط نظرا لحداثتها عن الأولى (الجديدى ;١٩٨٦ ،ص ٢٥٨) وفي طبرق تبلغ التكلفة ٥١٠ درهم أما فى شمال بنغازى ٥٣٠ درهم وفي درنة ٦٤٠ دينار وفي سرت ١٠٩٠ درهم وفي زليطن ١١٠٠ درهم ويمكن خفض هذه التكلفة بمضاعفة الإنتاج وزيادة عدد أيام التشغيل ٠

ويوجد عدة طرق لتحلية مياه البحر أهمها :

أ- <u>طريقة التناضح العكسى</u> : وهى الأكثر شيوعا فى ليبيا وتستخدم لفصل الأملاح دون تغيير فى حالة المياه الطبيعية وذلك باستخدام الأغشية شبه النفاذة التى تسمح بمرور المياه من خلالها ويتم تحلية ٢٤% من المياه المحلاة فى العالم بهذه الطريقة (المعتاز ;١٩٨٨ . ص ٧٨) . وفي هذه الطريقة يضخ الماء فى أنبوب أسطوانى يحتوى بداخله

على أغشية شبه نفاذة ويمر الماء العذب من خلال الغشاء ويبقى الماء المركز بالأملاح داخل الغشاء شرط أن نضخ الماء تحت ضغط يتراوح بين ٣٠ – ٧٠ ضغط جوى ويكون الغشاء إما على شكل رقائق مسطحة أو خيوط شعرية ومن الضرورى إجراء معالجة كيميائية وفيزيائية للمياه قبل تمريرها فى الأنبوب لإزالة الشوائب العالقة فى الماء والتى يمكن أن تؤدى إلى تلف الأغشية (اللبدى ; ١٩٨٩ ،ص ٢٣) وبالتالى تدنى الإنتاج وزيادة التكاليف ،

وتوجد عدة عوامل تؤثر فى هذه الطريقة وهى :

١- مدى ارتفاع ضغط الماء الداخل وحدة التنقية *(DP)* .
٢- مقدار الضغط الأسموزى الناتج عن وجود أملاح مختلفة التركيز *(DSP)* .
٣- مساحة الغشاء الفاصل بين جزئى وحدة التنقية *(A)* وطبقا لهذا المعادلة $Q = KW\ (DP - DSP)\ A/t$ حيث Q = كمية الماء الناتج ، KW عامل نفاذية الغشاء وهو سمك هذا الغشاء ، ويعطى حاصل قسمة كمية الماء الناتج على كمية الماء الكلية نسبة التحويل فى وحدة التناضح العكسى وهذه النسبة تتراوح غالبا بين ٤٠% – ٧٠% ويمكن رفعها إلى ٩٠% بالقيام بعمليات معالجة تحضيرية لوحدة التناضح العكسى (المعتاز ;١٩٨٨. ص ٨٠) والطاقة الوحيدة التى تحتاجها هذه العملية هى لضخ الماء إلى الضغط التناضحى وتبلغ نسبة إنتاج المياه بواسطة هذه الأغشية ٥٠٠ لتر/ يوم لكل متر مربع من الأغشية (الشكشوكى ;١٩٧٢ . ص ٣) وهذه الأغشية تصنع من بوليمير السنارية ومن بوليمير الأثنين .

ب- <u>طريقة التقطير الوميضى</u> : وهى تستخدم فى ليبيا أيضا وهى متعددة المراحل والتقطير شائع ولكنه يحتاج إلى كمية عالية من الطاقة وفي هذه الطريقة تسخن المياه لدرجة حرارة تتراوح بين ٩٠ – ٩٢٠م ويتبخر المياه ثم يتكلف بخارها ويصبح مياها عذبة جيدة ونقية ولكن هذه الطريقة يعيبها التكلفة العالية (اللبدى ; ١٩٨٩ ،ص٢١)،

ج – <u>استعمال الطاقة الشمسية</u> فى التحلية وهى طريقة رخيصة وتقوم فكرتها على وضع الماء المالح فى أوانى مطلية بلون أسود ليجذب أشعة الشمس إليها وتكسبها للمياه وتترك لتتبخر المياه بحرارة الشمس وهذه الأوانى مغطاة بغطاء زجاجى يستقبل المياه المتبخرة وبطريقة ما تتجمع المياه من البخر عن طريق التكاثف فى خزانات وتستعمل هذه المياه للشرب ، وتتراوح مدة سطوع الشمس خلال العام بين ٣ – ٤ آلاف بمعدل ٩ ساعات يوميا إذا يبلغ متوسط الإشعاع الشمسى السنوى على المستوى الأفقى بين ٤,٦-٦,٢ كيلو وات ساعة يوميا لكل متر مربع ومن ثم فإنه بالإمكان الحصول على

طاقة كهربائية فى حالة استخدام خلايا شمسية ذات كفاءة لا بأس بها تستخدم فى مجـــال تحلية المياه (المقدمى ; بدت . ص ٩) .

د- <u>طـــرق أخـــرى</u> : منها التحليل الكهربائى الذى تعتمد على خلية تحتوى علـى نوعين من الأغشية أحدهما سالب والآخر موجب وعند تمرير التيار الكهربى فى المـــاء المالح فإن أيونات الكلوريد السالبة نحو القطب الموجب وأيونات الصوديوم الموجبة تتجـه نحو القطب السالب مخلفة وراءها مياها عذبه وتوجد الطريقة الكيمائية وغير ذلـــك مـــن الطرق ويمكن استخدام الطاقة الذرية فى عملية التحلية ولكن لها مخاطرها .

وتستخدم فى ليبيا طريقتين للتحلية هما التناضح العكسى والتقطير الوميضى (جهاز النهر العظيم ;١٩٩٤ .ص ٦٨) .

وتحتاج بعض آبار المياه الجوفية للتحلية بسبب زيادة السحب وتدهور نوعية مياهها وزحف مياه البحر المالحة عليها لتحل محل المياه التى سحبت منها فتزداد نسبة ملوحتـــها وتتلخص عملية تحليتها فى التخلص من المواد العالقة بها بالترشيح والترسيب والتخلـــص من الأيونات السامة الموجودة بها والتخلص من المواد الكيميائية والغازات الذائبة وتطـهر المياه من الجراثيم إما باستخدام مواد كيماوية مثل الكلور أو بالحرارة أو بالأشعة وتعمـــل معظم شركات النفط فى ليبيا على تحلية المياه الضار به للملوحة فى الآبار عن طريقـــة إقامة محطات تحلية صغيرة يتراوح إنتاجها بين ٢٧ - ٣٨م٣ يوميا مثل شركة أوســـيس ليبيا للنفط التى تستعمل ٩ محطات من هذا النوع (قـــنيوه ;١٩٧٣ . ص ٢) .

وتعتبر المياه الجوفية التى تقل فيها نسبة الأملاح عن ٣٢٠ ج فى المليون صالحـــة لزراعة جميع الأراضى والمحاصيل وإن وصلت نسبة الأملاح إلى ٦٤٠ ج فى المليـــون لزم الإكثار منها عند كل ريه وتستخدم المياه التى تصل ملوحتها إلى ١٢٨٠ج فى المليون فى زراعة المحاصيل التى تتحمل الملوحة العالية وفى الأراضى جيدة الصرف وإن زادت نسبة الأملاح عن ذلك فلا تستعمل إلا للضرورة القصوى (المعتـــاز ;١٩٨٨ ،ص ٧٤) ولذا تحتاج مياه بعض الآبار لتحلية مياهها حتى لأغراض الرى خاصـــة فـــى المنـــاطق الشمالية التى عانت وتعانى كثيراً من تدهور مياهها نتيجة للسحب الجائر ،

وتساهم مياه التحلية فى المناطق الشمالية بحوالى ٥% من إجمالى مـــوارد الميـــاه وتواجه عملية تحلية المياه فى ليبيا عدة مشكلات يمكن حصرها فى الآتـــى :

١- نقص الخبرة الفنية وقطع الغيار واحتكار التقنية الخاصة بها من قبل الدول المتقدمة .
٢- ارتفاع تكاليفها ، وقلة الصيانة الدورية لمحطاتها .
٣- تآكل أجهزة المحطات والمواسير نتيجة لزيادة الملوحة فى المياه .
٤- ضرر البيئة نتيجة لتركيز الأملاح الزائدة فى مخلفات المحطات بعد تحليتها مما يؤثر على الأحياء المائية .
٥- سد مواسير المحطات نتيجة للأعشاب والأملاح والمخلفات الأخرى التى تتجمع فى منطقة السحب .
٦- عدم توافر برامج ومؤسسات للتدريب ودعم الأبحاث الخاصة بها .
٧- استيراد المواد الكيماوية المستخدمة من الخارج بأسعار عالية .

ويمكن مواجهة هذه المشكلات عن طريق :

١- استخدام الطاقة الشمسية فى عملية التحلية مما يقلل من تكلفتها .
٢- تدريب كادر من المواطنين على الناحية الفنية الخاصة بالمحطات .
٣- الدعم المادى للمؤسسات التى تهتم بهذا الموضوع بصفة دائمة .
٤- التقدم فى الأبحاث والدراسات والإدارة الجيدة والصيانة الدائمة لهذه المحطات .
٥- استخدام المادة الخام فى صنع المحطات من الأراضى الليبية والحد من استيرادها من الخارج .

ثانياً : المـــياه المعاد استغلالـها

يقصد بها مياه الصرف بأنواعها التى يمكن تنقيتها ومعالجتها واســـتخدامها مـــرة أخرى وتستخدم بصفة خاصة فى أغراض الزراعة وبالإضافة إلى ذلك تساهم هذه العملية فى حماية البيئة من التلوث ٠

ويتوقف نجاح إعادة استخدام المياه على مجموعة من المعايير والضوابط الزراعيـة والبيئية تتمثل فى الآتـــى :

أولاً : <u>نوعية المياه المتخلفة</u> عن الاستخدام الأول لها من حيـــث كونـــها ميـــاه صرف صحى أو صرف زراعى أو صرف صناعى ٠

ثانياً : <u>طبيعة وأهداف الإستخدام</u> والذى يجب أن يكون فى إطار معين بحيث يكفل حماية البيئة والأفـــراد ٠

ثالثاً : <u>المحددات التكنولوجية الحاكمة</u> فى إطار اقتصادى جـــدى ٠

رابعاً : <u>متابعة الآثار البيئية</u> لإعادة استخدام المياه على مختلف مكونـــات النظـــام البيئى مـــن خـــلال وضـــع برامـــج متكاملـــة لرصـــد المعـــايير الزراعيـــة (مخيمـــر ،١٩٩٦.ص١٧٣)

ويجرى التخطيط فى ليبيا الآن لاستعمال مياه الصرف بعد معالجتها علـــى نطـــاق واسع فى رى بعض المحاصيل والمزارع المجاورة للتجمعات السكانية والقريبة من المدن ويجب أن تفى هذه المياه بالمعايير الصحية حتى لا تصبح مصدراً للخطر وهناك إمكانيـــة لإعادة استخدام حوالى ٤٠% من إجمالى كميات الميـــاه المســـتهلكة بواســـطة المنـــازل والخدمات والمرافق العامة فى الوقت الحالى (قنوص ،١٩٩٤ .ص ٢٦٧) مع حل بعـــض المشاكل التكنولوجية والاقتصادية فى هذا المجال .

وتحتوى مياه الصرف المعاد استغلالها على أسمدة مذابة تفيد الزراعـــة وتكســـبها أهمية كبيرة فى الاستخدام بالإضافة إلى تكاليفها الزهيدة فى إعادة استخدامها وتحد مـــن التلوث البيئى فلا تلقى مياه الصرف فى البحر أو فى السبخات أو فى آبار فتتسرب إلـــى المياه الجوفية فتلوثها .

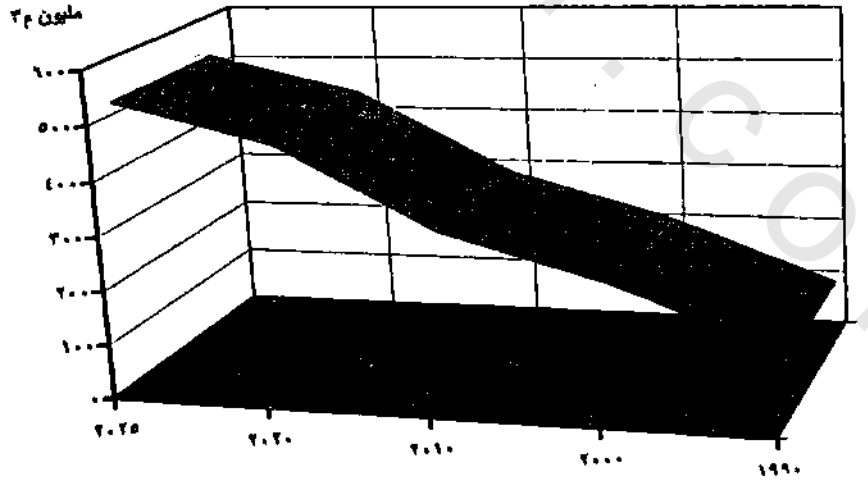
وتذاب فى مياه الصرف الصناعى مواد كيماوية ونفطية وعضوية ومعدنية وأصباغ ولكى يتم تحويلها لمياه عذبة يمكن استغلالها لابد أن تمر بعشر مراحل منفصلة من ضمنها مرحلة المعالجة بالجير الحى لرفع درجة القلوية للقضاء على الفيروسات ثم مرحلة تقليل القلوية ثم مرحلة الترشيح ثم التمرير عبر غاز الأوزون المطهر ثم المعالجة لإزالة المعادن والتعريض للهواء وأخيراً التمرير عبر غاز الكلورين المطهر وتساهم المياه المعاد استغلالها فى ليبيا بحوالى ٠,٧% من جملة استهلاك موارد المياه الإجمالية (جهاز النهر ;١٩٩٤ ،ص ٧١) ٠

ويتحكم في تركيز العناصر الثقيلة فى المياه المعاد استغلالها ثلاثة حقائق :

١- طبيعة ونوعية وكفاءة النشاط الصناعى .
٢- نوعية المياه العادمة ومعاملات وطرق معالجة المياه المراد استغلالها .
٣- العناصر التى تحتويها هذه المياه ومدى تأثيرها على البيئة (عبد الجواد ;١٩٩٣ ،ص ٣١) ٠

ويتم معالجة ٣٠% من مياه الصرف الآن وسترتفع إلى ٧٥% منها عام ٢٠٠٠ وتشير التوقعات إلى أن مياه المعالجة واستغلالها سوف تساهم بحوالى ٥% من إجمالى موارد المياه فى ليبيا (الهيئة العامة للمياه ; ١٩٩٢. ص ٢٢) وتقدر المياه المعالجة سنوياً بما يقدر ١١٠ مليون م٣ ويزيد هذا المقدار حتى يتضاعف عام ٢٠٠٠ .

شكل (٤-٤) كمية مياه المعاجة فى الفترة ١٩٩٠-٢٠٢٥



جدول (٤-٤) كمية مياه المعالجة حتى ٢٠٢٥م مليون م٣

السنة	١٩٩٠	٢٠٠٠	٢٠١٠	٢٠٢٠	٢٠٢٥
مياه المعالجة	١١٠	٢٢٠	٣٠٠	٤٥٠	٥٢٠

المصدر: سالم ; ١٩٩٤. ص ٤

يتضح من الجدول (٤-٤) والشكل (٤-٤) أن مياه الصرف التى يعاد استغلالها فى تزايد مستمر نتيجة للعجز المائى فى ليبيا وأيضا لقلة تكلفتها ومساهمتها فى الحد من التلوث فترتفع الكمية من ١١٠ مليون م٣ عام ١٩٩٠ إلى خمسة أضعافها تقريبا عام ٢٠٢٥ أى ستصل إلى ٥٢٠ مليون م٣ ويعقد عليها الأمل فى حل المشكلة المائية فى المستقبل ، وتساهم المياه المعالجة بحوالى ٢,٤% من موارد المياه فى النطاق الشمالى وتنتشر محطات التنقية فى المناطق الشمالية على وجه الخصوص كما يبينها شكل (٤-٢) حيث التركز السكانى .

جدول رقم (٤-٥) محطات معالجة مياه الصرف وإنتاجها السنوى (مليون م٣) .

المحطة	الإنتاج السنوى	المحطة	الإنتاج السنوى
طرابلس	١٤,٢	البيضاء	٠,٦
بنغازى	٩,٨	شحات	٠,٦
الزاوية	٤,٨	سبها	٠,٦
الخمس	٢,٩	طبرق	٠,٥
زليطن	٢.٢	غدامس	٠,٤
جنزور	١,٥	سوسه	٠,٤
مصراته	١,٠٩	الابرق	٠,٤
درنة	٠,٩	مسه	٠,٤
القبة	٠,٧	ترهونه	٠,٤
المرج	٠,٧	المجموع	٤٥,٢٩

المصدر: قنوص ; ١٩٩٤. ص ٢٧٤ .

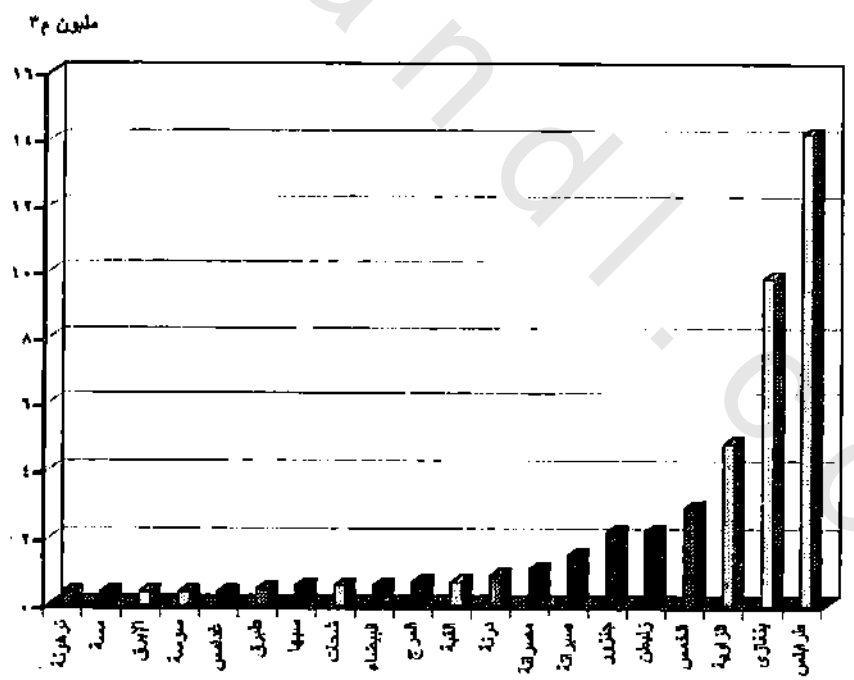
من الجدول (٤-٥) والشكل (٤-٥) يتضح أن إجمالى المياه التى يتم تنقيتها ٤٥,٣ مليون م٣ سنويا وهذه كمية بسيطة جدا بالمقارنة بما هو مستهدف ويوجد ١٧ محطة تنقية أخرى تحت الإنشاء بطاقة ٦٠ مليون م٣ سنويا أى أنه سيكون بليبيا ٣٧ محطة لتنقية مياه الصرف تقد إنتاجيتها بحوالى ١٠٥ مليون م٣ سنويا (اليونسكو ; ١٩٨٨ ،ص ١٧٣) .

كما يتضح أن أعلى المحطات إنتاجاً توجد بأعلى المدن ازدحاما بالسكان حيث توجد مياه للصرف يتم معالجتها فتعتبر محطة طرابلس أعلى المحطات إنتاجا تليها محطة بنغازى وهاتان المحطتان تنتجان ما يقرب من نصف المياه التى يتم معالجتها سنويا .

وقد أثبتت بعض البحوث والدراسات إمكانية إعادة استعمال ما بين ٦٥ -- ٨٠% من المياه المستعملة للأغراض المنزلية والصناعية ويمكن معالجتها لاستخدامها للأغراض الزراعية بتكلفة ١ دولار للمتر المكعب فقط وهى تكلفة منخفضة جداً ومعقولة خاصة وأن معظم المحاصيل التى تزرع فى ليبيا تقاوم الأملاح بالإضافة لنفاذية التربة الشديدة أى أن هذه المياه يمكن أن تناسب الزراعة الليبية .

ويمكن استرجاع ٧٧٩ مليون م٣ سنويا عام ٢٠٠٠ وهى كمية كبيرة أن تكفى لزراعة ما لا يقل عن ٢٥ ألف هكتار من الصفصفة* و ٢٥ ألف هكتار من الشعير ويمكن لو استغلت هذه الكمية من المياه فى إنتاج الشعير فيمكن تحقيق إنتاجية عالية لا تقل عن ٤٠٠ ألف طن سنويا تكفى لسد حاجة الحيوانات من الأعلاف (الغريانى ;١٩٩٦ .ص٣٠)

شكل (٤-٥) الأنتاج السنوى لمحطات تنقية المياه



* الصفصفة : نبات يزرع كعلف للحيوان .

وترجع إعادة استعمال المياه لأغراض الزراعة لزمن بعيد جدا قد يصل إلى ألف عام وذلك لما له من مردود جيد على نمو المزروعات لفائدتها التسميدية وهى ذات جدوى اقتصادية إذا ما روعيت الأبعاد الصحية لاستخدامها ، وتشكل الاستخدامات المنزلية الجزء الأكبر منها ، أما المياه الناتجة عن الصناعة فهى مختلف من حيث النوعية والكمية بحسب عملية التصنيع ويجب معالجتها منفصلة عن مياه الصرف الناتجة عن الاستخدامات المنزلية (اللبدى ; ١٩٨٩. ص ٨) .

ويمكن السيطرة على الاثار الجانبية المحتمل ظهورها بعد استخدام المياه المعالجة عن طريق توافر شبكة صرف زراعى جيدة ومتكاملة وخلطها بمياه واختيار الأسلوب الأمثل للرى بها والاهتمام بالتسميد ، وتخليص التربة من الأيونات السامة واختيار المحصول المناسب لها .

وفي تقرير صادر عن منظمة الصحة العالمية تم تقسيم المحصولات إلى ثلاث فئات حسب زراعتها بالمياه المعالجة :

الفئة الأولى : وتشتمل على المزروعات التى تستهلك دون طبخ والحقول وملاعب الرياضة والمتنزهات العامة .

الفئة الثانية : وتشتمل على الأشجار المثمرة والمراعى والأعلاف والحبوب والبقوليات التى تغلب ولكن بشرط أن تتوقف عملية الرى قبل أسبوعين من قطف الثمار .

الفئة الثالثة : وتشتمل على رى المزروعات فى الفئة الثانية على أن لا يتعوض العامل فى هذه الزراعات وعامة الناس لمياه الرى أو المزروعات بعد ريها مباشرة كما تضم الأشجار الحرجية والأشجار غير المثمرة (اللبدى ; ١٩٨٩. ص٥) .

وقد قامت عدة مشروعات زراعية على هذه المياه تقدر مساحتها الإجمالية بحوالى ٢٢٠٨ هـ ويعتبر مشروع الهضبة الخضراء الزراعى من أهم وأقدم المشاريع الزراعية التى أقيمت على المياه المعالجة وتقدر مساحته بألف هكتار مقسمة إلى ١٣٠ مزرعة مساحة كل منهما ٦٩ هكتار ، وأنشأت محطة التنقية الخاصة بهذا المشروع عام ١٩٧٠ واستمرت فى ضخ ٤٠ ألف م٣/ يوم ، ولكن فى السنوات الأخيرة عجزت المحطة عن ضخ المياه بالمستوى المطلوب حيث ارتفعت الملوحة نتيجة لطغيان مياه البحر (الهيئة العامة للمياه فرع المنطقة الغربية ;١٩٩٢ .ص ٢) ومن هذه المشاريع عين زارة ٤٠٠هـ وجنزور ٤٠٠ هـ وزليطن ١٤٠هـ والزاوية ٢٦٨ هكتار (الهيئة العامة للمياه ; ١٩٩٢ .ص٢٢) .

وهذه المشاريع مخصصة لإنتاج نباتات الأعلاف وقد اتضح بعد نتائج التحاليل الكيماوية للعينات المتحصل عليها من محطة التنقية للمشروع أن المياه تحتوى على مجموعة من العناصر الضرورية لحياة النبات كالنيتروجين والفسفور والبوتاسيوم والكالسيوم والماغنسيوم والحديد والمنجنيز والزنك والنحاس ، كما توجد مجموعة أخرى ضارة بالنبات والحيوان والإنسان يجب الحذر منها والتقليل من نسبها قدر المستطاع مثل الكادميوم ، الكروم ، النيكل ، الرصاص ، ومن الواجب مراعاة هذه الخصائص عند تقييم استخدام هذه المياه واختيار المحصول المناسب لها ومعرفة خصائص التربة خاصة درجة نفاذيتها (الجبالى ; ١٩٨٢ . ص ٧) .

وتم وضع خطة لمعالجة ٤٠% من إجمالى كميات المياه المستهلكة بواسطة البلديات حتى تقدر بحوالى ١٢٥ مليون م٣ سنويا حتى عام ٢٠٠٠ (عبود ;١٩٩٤ .ص ٧) وقد أكد الخبراء بانه يجب أخذ الحذر والحيطة من استخدم هذه المياه ويجب أن توجه لزراعة الأعلاف فقط وأن يراعى الآتى عند استخدامها :

١- اقتصار استخدامها على محاصيل الأعلاف أولاً مع إجراء تحاليل مستمرة على هذه الأعلاف .
٢- عزل مصادر العناصر الضارة لصحة الإنسان والحيوان عن مياه المجارى .
٣- مراقبة أجهزة التشغيل فى المحطات حتى لا يحدث خلل فى تركيز بعض العناصر الضارة مما ينجم عنه مخاطر جسيمة .
٤- تحليل العينات منها بصفة دورية ودائمة لضمان ثبات العناصر فيها وتوفير قطع الغيار اللازمة للمحطات وعمل صيانة دورية لها . (الجديدى ;١٩٨٦ .ص ٢٥٤).

وبعد تناول موارد المياه غير التقليدية المتمثلة فى مياه التحلية ومياه المعالجة سألقى الضوء على التجارب الليبية فى مجالى استحلاب السحب ومياه الصابورة .

أولاً :- استحلاب السحب :

وتعرف بزراعة الغيوم بأبخرة يوديد الفضة أو بثلقيح الغيوم الركامية بكلوريد الصوديوم وتزرع الغيوم بالطائرات أو بواسطة أفران أرضية وبعد زرع الغيوم ترتفع لتتشبع بالرطوبة ويتم تجميعها وتحريكها إلى مواقع محددة حيث تستخدم وسائل التبريد والتكثيف الصناعى لإسقاطها على شكل مطر وتزرع الغيوم على بعد عشرات الكيلومترات من مناطق الهدف وفي اتجاه هبوب الرياح الملائمة ويعتمد نجاح هذه العملية على مصدر الغيوم ودرجة حرارتها (جهاز النهر ;١٩٩٤ .ص ٧٢) .

وقد بدأت التجارب فى هذا المجال فى ليبيا عام ١٩٧١ وبدأ المشروع رسمياً فى يناير ١٩٧٢ ، وحددت غريان وسلوق وبومبة كمناطق لزراعة الغيوم واتبعت التجربة أسلوب الهدف المتحرك وفيه يتم اختيار عشوائى لسحابتين تزرع أحدهما وتترك الأخرى للمقارنة مع المراقبة بالرادار وقد تغير موقع بومبة إلى رأس لا نوف ، وكان التقييم العام لهذه التجربة كالآتى :

بلغت نسبة المطر الناتجة عن الزرع فى غريان أكثر من ١٠% وقرب طرابلس ٢% وفي بنغازى ٥% وفى اجدابيا ٢٠% وتكلف المشروع ٤٦٥ ألف دينار ليبى وتم حساب المتر المكعب من هذه التجربة فاتضح أنه قليل ولا يتعدى ٢,٥ درهم وهو تقييم نظرى لأن التقييم الحقيقى لهذه التجارب لا تتم إلا بعد عدة سنوات لمعرفة الزيادة الحقيقية .

وفي عام ١٩٨٠ أجرت تجربة أخرى وتم تشكيل لجنة لذلك ، وتم اختيار شمال غرب ليبيا لزراعة السحب فى منطقتين ، وتقدر مساحة المشروع ٢٥٠٠٠ كم^{٢} وقسمت إلى ثلاثة مناطق وتم اختيار هذه المنطقة لصلاحيتها للزراعة وكثافة سحبها ووجود مشاريع زراعية بها ، ولم تقيم هذه التجربة التقييم اللائق حتى الآن وهناك شروط لابد من توافرها لنجاح هذه العملية منها أن تكون درجة حرارة قمة السحب ١٠° - ٢٨°م تحت الصفر ووجود حالة من عدم الاستقرار فى طبقة السحب ويكون ضغط بخار الماء فى قلب السحابة أكبر من نصف جرام /م٣ ويكون تركيز الحبيبات الثلجية بها أقل من ١٠ج/لتر وحركة الهواء الصاعدة أكثر من ٢م/ ثانية (الجديدى ;١٩٨٦ ،ص٢٦٦-٢٧٠) .

وتستهدف عملية استحلاب السحب إلى زيادة كمية الأمطار وزيادة رقعة الأرض التى تسقط عليها ، وإطالة مدة الهطول ، وبالتالى زيادة المساحات المزروعة وزيادة الإنتاج الزراعى .

وهناك عدة معوقات تواجه هذه العملية أهمها :

١- قلة السحب طول العام .
٢- قلة المياه فى السحب المطيرة .
٣- صعوبة التحكم فى مواقع سقوط الأمطار.
٤- احتمال حدوث أضرار ناجمة عن استعمال المواد الكيماوية فى الاستحلاب.

وبالرغم من هذه المعوقات إلا أنه مع مرور الزمن والحاجة الماسة للمياه يمكن التغلب عليها ويبقى خياراً جديداً للحصول على مورد مائى جديد .

ثانياً :- مـــياه الصـــابورة :

ويقصد بها المياه التى يمكن أن تحملها سفن نقل البترول وهى عائدة مـــن موانـــى التفريغ بدلا من أن تحمل مياه مالحة لتعمل على حفظ توازنها والمسماة بمياه الصـــابورة ويمكن استخدامها فى الزراعة ولكنها عادة ما تكون مخلوطة ببقايا النفط ومـــن الســـهل فصلها قبل الاستعمال ٠

وقد أجريت تجربة فى ليبيا لزراعة ستة محاصيل بهذه المياه وهى القمح والشـــعير والبرسيم والشوفان والفول والبازلاء وقد كانت النتيجة طيبة .

ولكن أهم ما يعيب هذا المورد أنه مرتبط بوجود النفط بالإضافة لكمياته البســـيطة (جهاز النهر ; ١٩٩٤. ص٧١) وقد يؤدى مخلفات البترول فى الميـــاه المنقولـــة إلـــى انخفاض فى عمليتى التمثيل الضوئى والنتح والتأخر فى عملية الإزهار وانخفـــاض فـــى الإنتاج وتقليل فى النمو الخضرى والجذرى وقد لوحظ من التجارب أن النباتات المعمـــرة والبقولية من أنسب الزراعات بهذه المياه حيث أنها أقل ضرراً مـــن غيرهـــا (الجديـــدى ;١٩٨٦ ،ص ٢٧٣) .

ويوجد اقتراح بنقل الكتل الجليدية من مصادرها عبر البحـــار والمحيطـــات إلـــى الساحل الليبى ثم إذابتها واستخدامها لأغراض الشرب ٠

وبالرغم من قلة مساهمة المياه غير التقليدية فى القيمة الإجمالية لموارد المياه فـــى ليبيا إلا أنها سوف تحظى بأهمية كبيرة مستقبلاً وتزيد نسبة مساهمتها واللجوء إليها مـــع الطلب المتزايد على المـــياه ٠