الفصل الثاني

كمية المياه والدورة المائية

أولاً: كمية المياه العذبة:

- قدرت كمية المياه الموجودة إجمالاً على سطح الكرة الأرضية والتي تضم مياه البحار والمحيطات إضافة إلى المياه العذبة حسب تقديرات منظمة الفاو (FAO) بنحو ١٥٠٠ مليون كم٣ ، منها ٩٥% مياه مالحة ، ٥% مياه عذبة. وهذه المياه العذبة ٤% منها مياه متجمدة بينما نسبة المياه العذبة السائلة ١%.

أحجام المياه العذبة في صورها المختلفة بالكرة الأرضية

موضع المياه العذبة ومصادرها	حجم المياه بالألف كم٣
مياه الأنهار	١
مياه الغلاف الغازي والسحب	١٣
المياه في التربة	٦٧
البحيرات العذبة	١٢٥
المياه الجوفية	٨٣٠٠
غطاءات الثلاجات والجليد	٢٩٢٠٠
المجموع	٣٧٧٠٦

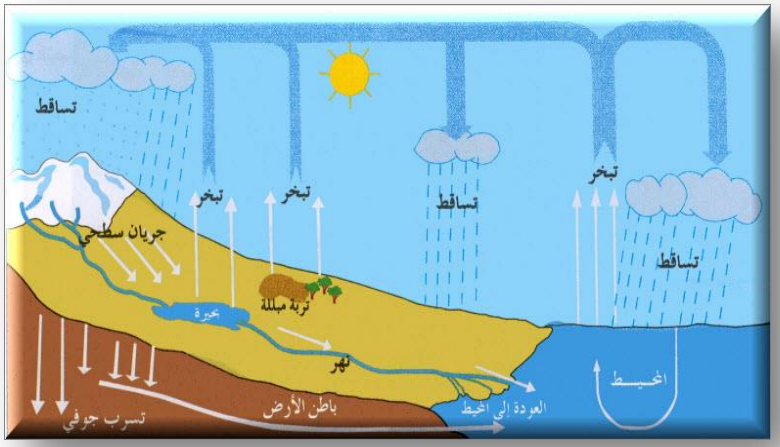
ومن الملاحظ أن حجم مياه **البحيرات العذبة** يحتل موقعا وسطا بين مصادر وصور ومواضع المياه العذبة في العالم، حيث نجد أن الكمية اقل من المياه الجوفية ومن غطاءات الثلاجات والجليد ، ولكنها في نفس الوقت هي اكبر من المياه في التربة و في الأنهار ، حيث تبلغ **١٢٥ ألف كم٣**.

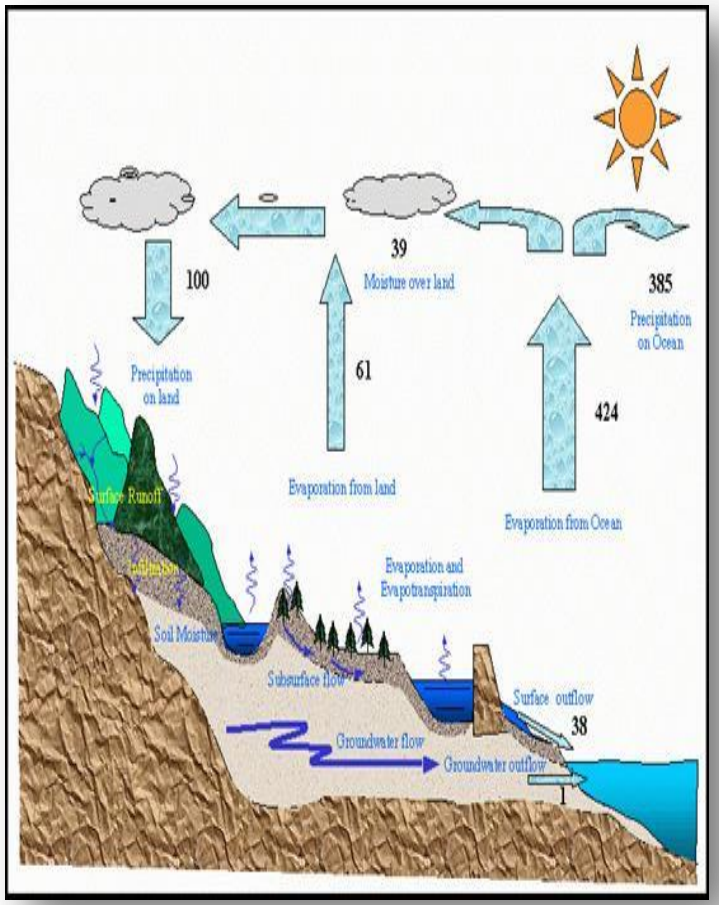
بحيرة مشقيتا كبيرة وجميلة تقع إلى شمال شرق اللاذقية، وتضم مجموعة من البحيرات العذبة

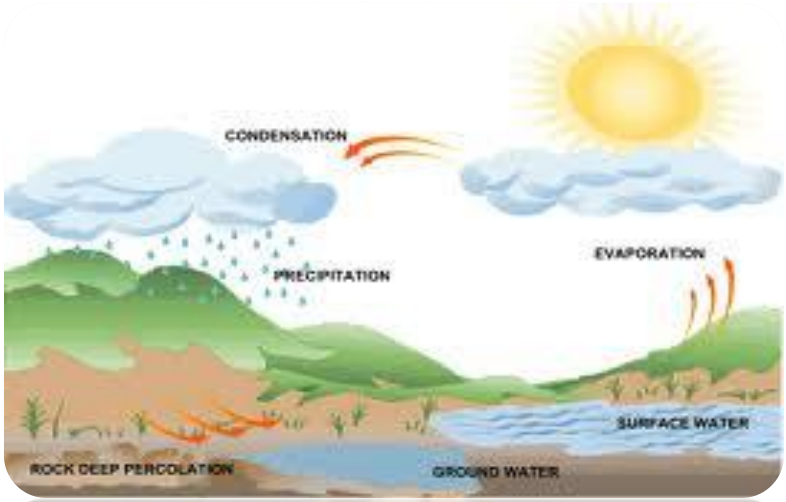
ثانياً: الدورة المائية:

- **تعريفها:**

تعرف الدورة المائية بأنها المراحل التي تسير فيها المياه العذبة، وما يحدث لها (المياه) من تحولات في الشكل أو الهيئة واختلاف في الكميات، وما تستغرقه من فترة زمنية حتى تعود المياه إلى حيث بدأت، حيث أن بدايتها تكون من مياه البحار والمحيطات، سواء في الغلاف الغازي أو فوق وتحت الغلاف الصخري وحتى في داخل الغلاف الحيوي. ويشير العالم مانلج إلى أن كمية المياه التي تدخل في الدورة المائية قليلة ، مقارنة بإجمالي مياه سطح الكرة الأرضية كلها بمختلف أنواعها، ويستخدم في الدورة كمية من المياه في حدود ١% فقط.







خطوات سير الدورة المائية في أغلفة الكرة الأرضية المختلفة

مبادئ الدورة الهيدرولوجية أو المائية(تدفق الدورة): (٥)

١) تبدأ عملية **التبخر** من أسطح البحار والمحيطات، ومن كافة الأجسام المائية الأخرى باختلاف اتساعاتها وأعماقها، إضافة إلى حدوث عملية **التبخر** من التربة.

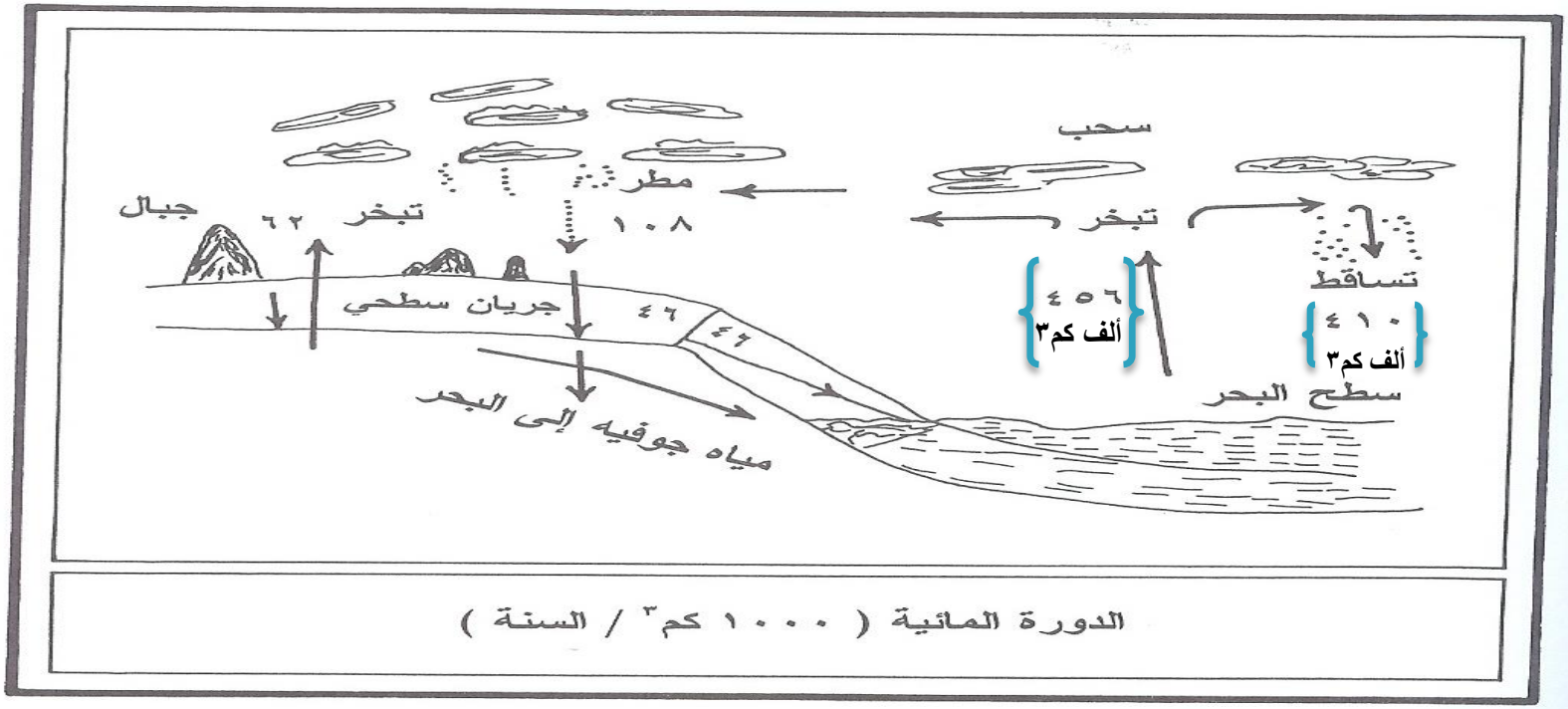
٢) تحدث عملية **النتح** حيث تخرج الأجسام المائية من النباتات نتيجة وجود الطاقة الشمسية وفعاليتها في عملية التبخر، ومن هنا تحدث عملية إضافة لبخار الماء من النباتات، ويتصاعد هذا البخار إلى الغلاف الهوائي من النبات وبشكل مستمر.

٣) تحدث عملية **النقل الأفقي** للمياه الموجودة في الغلاف الغازي من مكان لآخر، سواء كانت المياه في صورة بخار (أي صورة غازية) أو في صورة سائلة عبر السحب وقطرات المطر، أو في شكل كرات ثلجية متبلورة في السحب.

٤) تتم عمليات التساقط بمختلف الصور والأشكال ، سواء أكان بخاراً مائياً مكثفاً والذي قد يكون مجمداً أيضاً، أو في شكل أمطار أو ثلج أو برد وغيرها. وتتم عمليات التساقط فوق المحيطات وفوق اليابس على السواء، مع اختلاف الكمية المتساقطة فوق كل واحدة عن الأخرى.

٥) يدخل **الجريان السطحي** ضمن مبادئ الدورة المائية، حيث تهبط المياه من أعلى القارات إلى المناسيب الأدنى، وتجري المياه على السطح، سواء أكان هذا السطح سهولاً أو هضاباً أو جبالاً وقد تجري المياه تحت السطح أيضاً متخللة الطبقات الصخرية والرواسب الفيضية أو الجليدية الكثيفة، وتنتهي كل هذه العمليات إلى المحيط من حيث تبدأ الدورة.

- وإذا تتبعنا **سير الدورة المائية** نجد أن الدورة المائية ليس لها بداية أو نهاية ، ولكننا في محاولة التعرف على سير الدورة لا بد أن نبدأ من نقطة تنطلق منها المياه ثم نتعقب خط سيرها، لهذا فان بدء سير الدورة المائية يمكن تتبعه بدءاً من عملية التبخر من المحيطات.
- يحدث التسخين لمياه البحار والمحيطات، فتتحول المياه تدريجياً من الصورة السائلة إلى الصورة الغازية في شكل بخار ماء. وتبلغ كمية المياه المتصاعدة بفعل التبخر إلى الغلاف الغازي بـ ٤٥٦الف كم٣.
- وحينما يتصاعد بخار الماء إلى أعلى ، ويصبح في طبقات الجو العليا ينقسم إلى قسمين، **الأول** يحدث له تكاثف فوق سطح مياه المحيط ، ويسقط مرة ثانية فوق البحر قبل أن يغادر المجال الهوائي فوق المحيط ، أما القسم **الثاني** فتدفعه الرياح نحو أسطح القارات ويصبح قابعاً ومتفاعلاً مع الغلاف الصخري والحيوي.
- وتبلغ كمية المياه التي تعود إلى البحر مرة ثانية بعد عملية التبخر **٤١٠الف كم٣** من إجمالي **٤٥٦ ألف كم٣**، أي انه يعود إلى البحر مرة أخرى نحو **٩٢%** من جملة التبخر من المحيطات قبل أن تصل إلى القارات. أما النسبة الباقية فهي تتجه نحو اليابس .



After Ehrlieh

خطوات سير الدورة المائية فى أغلفة الكرة الأرضية المختلفة

شكل (١)

وتتسم الدورة المائية بصفات خاصة يمكن إيجازها فيما يلي:(٥)

١) أن الدورة المائية ليست دائرية ، لان هناك مراحل لسير الدورة تكون راسية وأخرى تكون أفقية .

٢) أن سير الدورة لا يأخذ اتجاهاً واحداً ، فالتبخر ثم نقل الرياح لبخار الماء من فوق أسطح المحيطات يرتبط بالدورة الهوائية العامة للرياح ، ويرتبط التساقط بنظام معقد على اليابس، ويختلف تأثير سطح اليابس عن باطن الأرض في مجال سير الدورة.

٣) تشارك كل العناصر الجغرافية الطبيعية في مجال الدورة، إما كعناصر أو كعوامل مؤثرة على سير وأداء الدورة.

٤) يعتبر الإنسان عنصراً من عناصر الدورة المائية، وهذا العنصر ودوره (الإنسان) يكون محكوماً بالأبعاد الكبرى للدورة.

٥) أن الدورة المائية خلال سيرها وتحرك المياه، تكون بطيئة في بعض المراحل وسريعة في مراحل أخرى، وتتمثل الحالة الأولى في عودة المياه الباطنية أو الجوفية إلى المحيطات (١٠ـ مئات السنوات)، بينما تتمثل الحالة الثانية في عودة مياه الأنهار إلى المحيطات(٢ أسبوع).

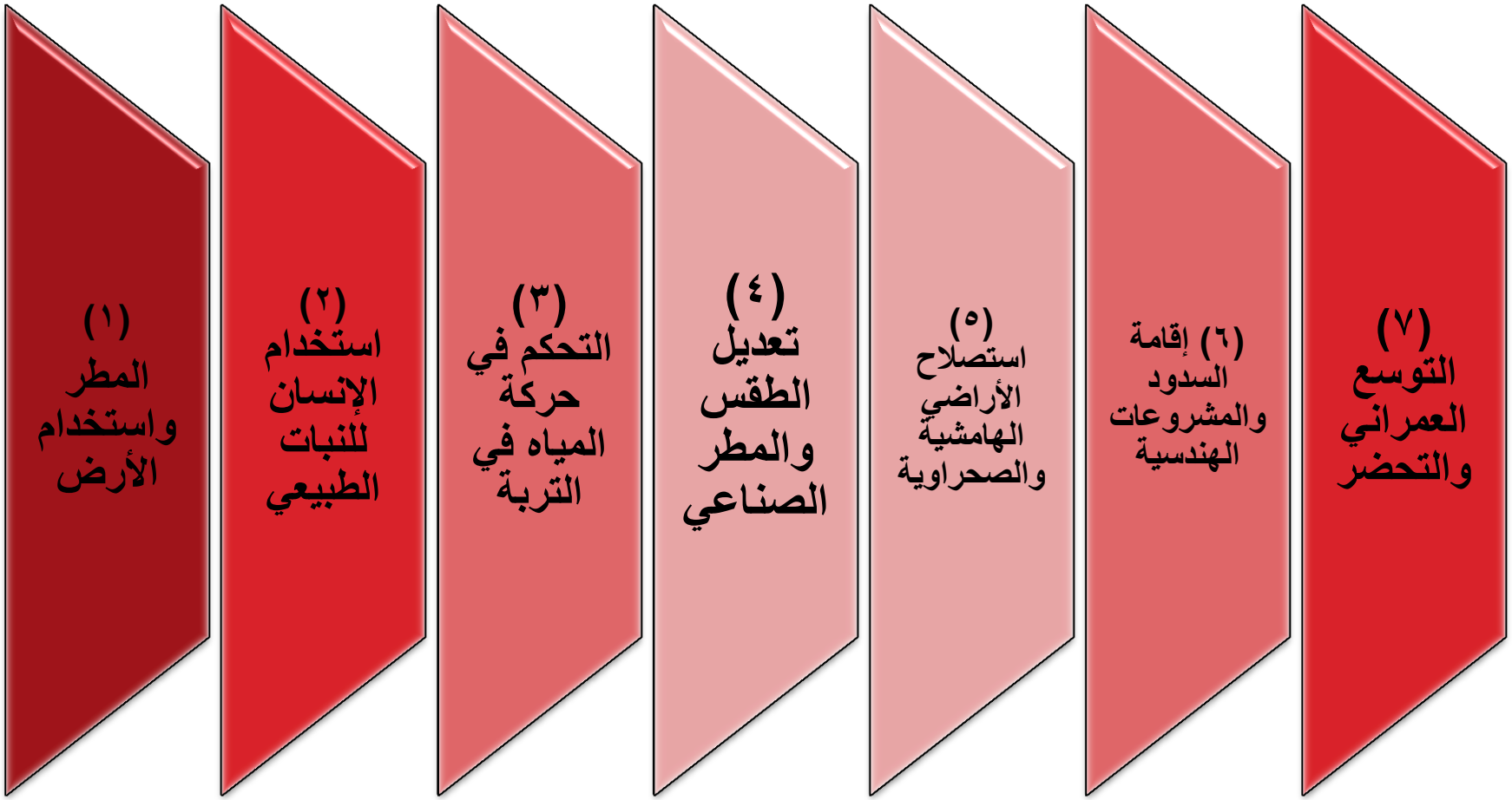
ثالثاً: منهج النظم في الدورة المائية:

ص ٣٢ـ ٣٨ **غير مطلوب**.

رابعاً: تدخل الإنسان في الدورة المائية:

- لا شك أن الإنسان مثل الكائنات الحية الأخرى على سطح الأرض ، يعيش على المياه العذبة ، ويستهلك المياه، وتتبخر منه المياه في صورة عرق وغيرها، ولذا اعتبر جزءاً من الدورة المائية.
- أما حينما يقوم الإنسان بأنشطة مختلفة على سطح الأرض، بحيث يعدل من الوضع المائي على اليابسة ، أو يتدخل في وضع وظروف المياه الغازية ولو بقدر محدود، أو يقوم بعمل أنشطة تؤثر على الوضع المائي بشكل غير مباشر فان هذا هو الذي يعرف بتدخل الإنسان في الدورة المائية.

جوانب تدخل الإنسان في الدورة المائية: (٧)



(١) المطر واستخدام الأرض:

يتنوع استخدام الإنسان للأرض ، وتتعدد صوره في البيئات الجغرافية المختلفة، ولذا يمكن أن يتأثر تساقط الأمطار نتيجة لذلك ويظهر هذا الأثر من خلال تحديد موقفين رئيسين:

١ـ إذا كانت غالبية التساقط عبارة عن أمطار(لا يوجد تأثير لاستخدام الأرض علي كمية التساقط).

٢ـ في حالة هبوب رياح محملة بالثلوج أو سحب أو ضباب(يلاحظ أن تأثير خشونة السطح يرتبط مع النبات الطبيعي ، بحيث يبدو التأثير على كمية التساقط واصطدام الضباب وسقوط الثلوج، وعلى توقيت تدفق المجرى النهري تبعاً لذلك).

ويلاحظ أن مجموعة الأشجار أو العناصر البيئية الخشنة الأخرى مثل: مصدات الرياح قد زادت من الإمساك بالثلوج وتجميعها، تلك الثلوج التي تحملها الرياح تحت ظروف خاصة.

(٢) استخدام الإنسان للنبات الطبيعي:

يعمل الإنسان دائماً على استغلال موارد البيئة. ولما كانت الغابات والحشائش كنباتات طبيعية تمثل مورداً بيئياً، لذا فإنها جذبت الإنسان منذ القدم.

ففي مناطق الغابات يقوم كثير من السكان ـ أو السلطات ـ باستغلال الغابات عن طريق قطع الأشجار في مساحات شاسعة. ولما كانت هذه الأشجار تقوم بإعادة جزء من الأمطار إلى الغلاف الهوائي مباشرة في شكل نتح، فان هذه الكمية من بخار الماء لن تعود للغلاف الهوائي وإنما ستدخل في الجريان السطحي.

أما في مناطق الحشائش فان حرفة الرعي لمختلف أنواع الحيوانات سوف تقلل أو تخفي معظم الغطاء النباتي من هذا النوع، مما يقلل أيضاً من الفاقد بالنتح ويعرض التربة للنحت، ويزيد معدل الجريان السطحي نتيجة لذلك.

- ولهذا فان الإنسان حينما يستخدم الأرض في الرعي، حيث يوجد النبات الطبيعي، أو يقوم بقطع الأشجار فانه في هذه الحالة يتدخل في مركبات الدورة المائية، وفي المركب المائي، وهو أكثر المجالات أو المراحل تأثراً وتأثيراً في سير الدورة. كما أن هذه العملية ، هي أكثرها استجابة للتغيرات التي تحدث للجريان السطحي.

(٣) التحكم في حركة المياه في التربة:

تدخل الإنسان في صورة قطاع التربة وآفاق التربة بغرض حسن استخدام التربة في العملية الزراعية، وتقليل المشكلات والفاقد المائي. لهذا وجدت أعمال حديثة ومتقدمة لاستخدام التربات الرملية الصرفة لإيجاد عازل ومانع من البيتومين ، عند أعماق يتم اختيارها مسبقاً، حتى يتسنى منع التسرب إلى أعماق اكبر أثناء سقوط الأمطار أو هبوط مياه الري إلى أسفل. مثل هذه الصورة الصناعية تحدث مواجهة مع مركب التسرب للدورة المائية ، ويتسبب ذلك في النهاية في زيادة الإنتاج تحت ظروف كمية أمطار ثابتة أو عمليات ري في مناطق الكثبان.

---

* قطاع التربة :هو عمق التربة الذي يدل على ترتيب طبقاتها على شكل آفاق ، ويظهر بينها التفاوت في نسيجها ولونها وتركيبه.

* قوام التربة : القوام يعنى أحجام الجزيئات التي تتكون منها التربة ، وهى المفتتات الصخرية التي يقل قطرها عن ٢ ملليمتر ، وتتدرج هذه الحبيبات (الجزئيات) ما بين الحصى والرمل والسلت والطين.

* البيتومين أو الحُمِّر : عبارة عن مزيج من سوائل عضوية لها لزوجة عالية جداً، ذات لون أسود وطبيعة دبقة (تلتصق بالأشياء) وهي مادة تستخدم في إنشاء الطرق (مع الإسفلت) وتستخدم أيضاً في العوازل.

- ويتدخل **الإنسان** في مياه التربة عن طريق حفر قنوات صرف لمياه التربة، أو عمل مشروعات الصرف المغطى. مثل هذه الأعمال تتسبب في حالات كثيرة في تخفيض مستوى سطح المياه فى التربة ونطاق المخزون المؤكد لمياه التربة والنطاق غير المشبع أيضاً فى المناطق التى توجد فيها المياه بقلة أو لا توجد من قبل (مناطق الاستصلاح الحديثة).

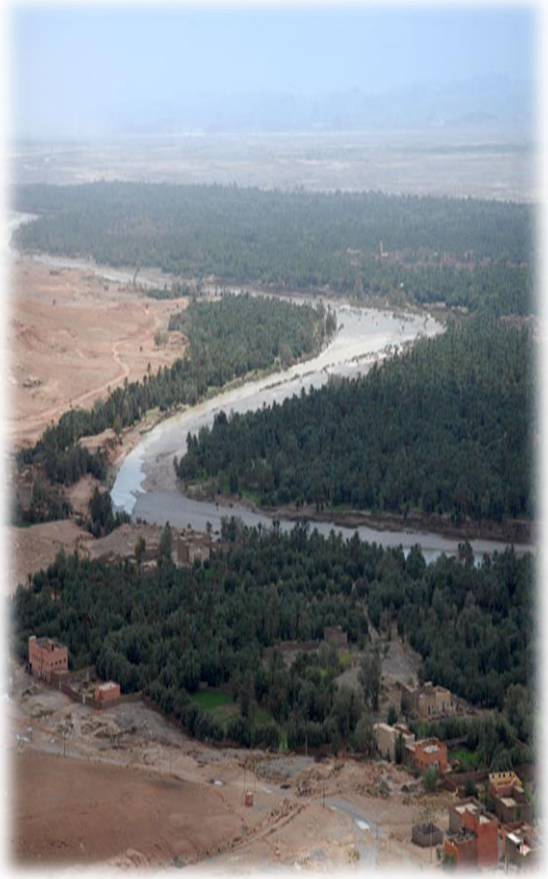
(٤) تعديل الطقس والمطر الصناعي:

بدأت فكرة تعديل أحوال الطقس ومحاولة عمل استمطار للسحب في الخمسينيات من القرن العشرين. فقد نفذت التجارب في مناطق مختلفة من العالم، حيث عملت طرق يمكن من خلالها إسقاط المطر في حالة عدم وجود ظروف التساقط ، أو زيادة المطر في حالة التساقط المطري القليل.

وقد اهتمت مثل هذه التجارب وركزت على حقن السحب ، وتستخدم بعض المواد مثل حبيبات من ثاني أكسيد الكربون المتجمد أو أيوديد الفضة وغيرها من المواد التي تسبب سقوط الأمطار. وقد تستخدم قطع الثلج الجافة، حيث يتم نشر أو بذر مثل هذه الأجزاء الصلبة أو الحبيبات باستخدام الطائرات أو الصواريخ داخل السحب.

- وقد كان الهدف في بداية هذا الاتجاه من زرع الغيوم واستمطار السحب هو استخدام ذلك سلاحاً في الحروب لعرقلة تقدم العدو. وقد اتسعت دائرة الاستفادة من التجارب لزراعة السحب في المناطق شبة الصحراوية لزيادة تساقط الأمطار لتغطية احتياجات الزراعة من مياه الأمطار، إضافة إلى تزويد الخزان الجوفي وإعادة تغذيته كميات من المياه.
- وتشير نتائج تطبيق هذه التجارب إلى أن هناك درجة من النجاح المؤكدة مع بعض أنواع من السحب. كما أنه من المبكر أيضاً أن نقرر قطعياً وبلا قيد ولا شرط أن عملية الحقن والتغذية تكون لها القدرة على زيادة التساقط فوق مساحات كبيرة ومتسعة. فقد سجلت نسبة زيادة الإمطار قدرها ١٠- ١٥%، وإن كان هناك قلة في أجهزة التحكم من وجهة النظر العلمية والتي سوف يكشف المستقبل من خلالها عن قدرة الإنسان على استجلاب المطر بشكل اقتصادي، وإعادة توزيع التساقط بطريقة محسوسة.

(٥) استصلاح الأراضي الهامشية والصحراوية:



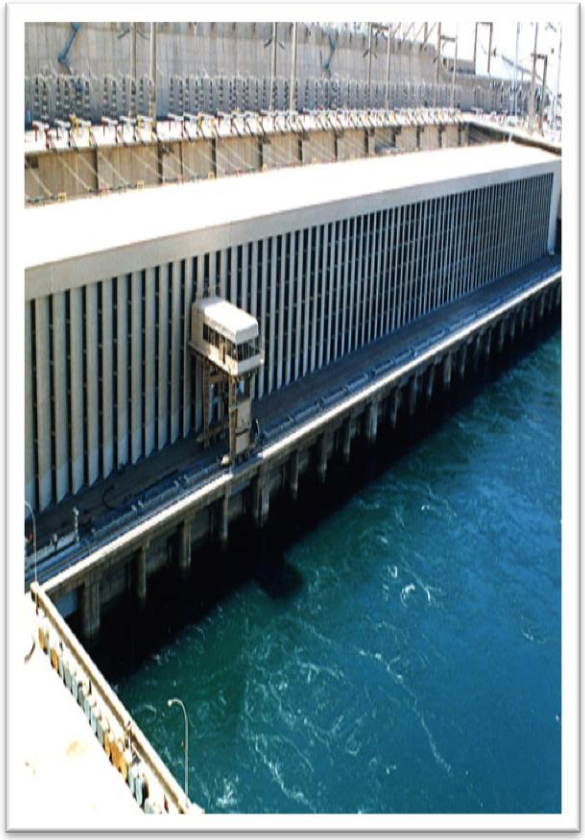
فالإنسان في دول كثيرة في قارات العالم المختلفة بدأ في استصلاح الأراضي الهامشية لأغراض الزراعة في مناطق لم تكن تزرع من قبل. وفي مثل هذه المناطق يبدأ الإنسان في استخراج المياه الباطنية أو الارتوازية لاستخدامها في عمليات غسل التربة وإصلاحها ثم استخدامها بعد ذلك في العملية الزراعية، لأغراض الري وتزويد المجتمعات العمرانية، الصحراوية بحاجتها من المياه لأغراض الشرب.

ونتيجة لذلك تبدأ المياه الجوفية في الدخول في عمليات التبخر والنتح، وتعود المياه إلى الغلاف الغازي بعدما كان مآلها إلى التسرب إلى البحر أو الوصول إليه بطريقة أخرى غير مباشرة. فالمياه الجوفية أصبحت الآن فوق اليابس، وتدخل إلى السحب عن طريق التبخر وليس عن طريق البحر، وتنصرف مياه الري في شكل سطحي أحياناً إلى المحيط وليس في صورة مياه جوفية.

أما في حالة مشروعات الاستصلاح واعتماد ري المناطق الزراعية الهامشية على المياه السطحية من خلال توصيل المياه إليها عبر قنوات وترع وغيرها، فان المياه السطحية القادمة من الأنهار أو البحيرات يعود جزء منها إلى الغلاف الغازي عن طريق البخر والنتح، وجزء يتسرب ليصبح مياها جوفية بدلاً من مياه سطحية، والقليل هو الذي ينصرف إلى المحيط من خلال شبكات الصرف وأعمال هندسة الري والصرف بشكل مباشر، فيحتل بذلك نظام سير دورة المياه، ويختل التوازن في كميات المياه في كل مرحلة منها.

وقياساً على السابق فان مشروعات التنمية الزراعية في الواحات المختلفة كما هو الحال في حائل والقصيم والأحساء والقطيف بالمملكة العربية السعودية، تعتمد أساساً على المياه الجوفية، وبالتالي تستنزف المياه الباطنية، ويتبخر جزء من المياه، ويتسرب جزء آخر، ويختل سير المياه الجوفية كأحد مسارات الدورة المائية.

(٦) إقامة السدود والمشروعات الهندسية:



يتدخل الإنسان في الدورة المائية أيضاً من خلال إنشاء مشروعات هندسية مائية حديثة ومعاصرة، في الدول المتقدمة والدول النامية على السواء، وهي تمثل جهوداً موجهة من اجل تحسين بيئة الإنسان وحالته الاقتصادية والبشرية.

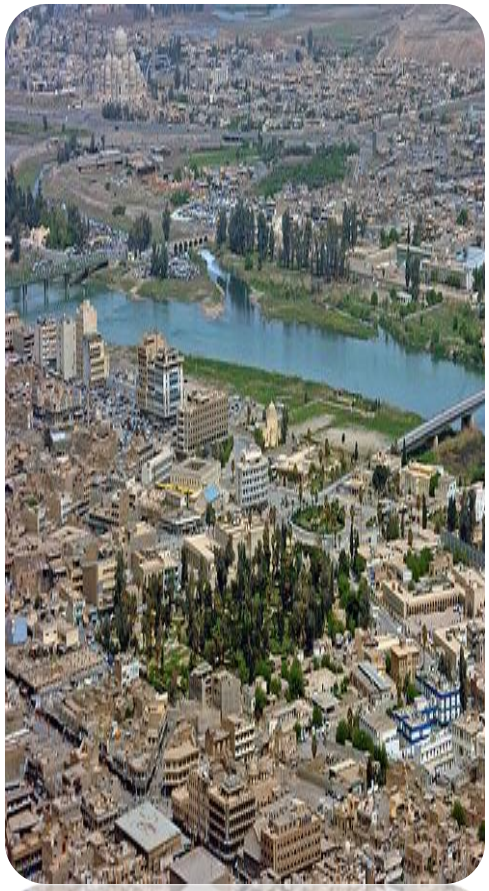
وعلى الرغم من أن هذه الجهود تحدث مواجهة أو تدخلاً لمثل هذه الأعمال الهندسية مع الدورة المائية عن قصد، إضافة إلى التأثيرات غير المباشرة التي لا يتم التعرف عليها بدرجة واضحة من قبل المسئولين عن اتخاذ القرار وصناعته بغرض تقويم مشكلات التنمية، فان تأثير مثل هذه الأعمال الهندسية على البيئة المائية عديدة . ومن هذه التأثيرات أعمال الري التي تؤدي إلى ملوحة التربة. ومياه الري عادة تؤخذ إلى خارج أحواض تجميع المياه والتي تعرف بأحواض التصريف النهري.

وان بناء السدود على مجاري الأنهار يؤدي إلى تقليل الكمية التي تجري في الأنهار بشكل عام، وتتجمع مياه كثيرة في بحيرات كبيرة أمام السدود، فيزيد معدل التبخر من مياه الأنهار بدرجة أعلى من المعدلات العادية التي تتبخر منه. يضاف إلى ذلك أن المخزون المائي في البحيرات الصناعية أمام السدود تزيد من معدلات التسرب إلى الأراضي المجاورة والطبقات الصخرية، فتعمل على تغذية الطبقات الجيولوجية الحاملة للمياه، والتي تتسم بالمسامية، وهذا يقلل من الجريان السطحي ويزيد حجم الجريان الباطني.

أما أعمال الصرف فيلاحظ أن سطح الأرض في المناطق الرطبة يكون مبللاً، ولذا تحتاج هذه المناطق كثيراً من أعمال الصرف بهدف تحسين أحوال الزراعة ولإخراج الفضلات والملوثات. وفي بعض الحالات نجد أن أعمال الصرف تمثل علامة لنقل المياه من التربة أو من السطح إلى العناصر السطحية التي تمثل شبكة قنوات سطحية من المجاري المائية التي تقوم بوظيفة إبعاد المياه وحملها في صورة مياه متدفقة إلى أماكن بعيدة يابسة كانت أم مسطحاً مائياً آخر.

وقد يلجا الإنسان إلى تهذيب الأنهار أو عمل وصلات مائية أو تحولات في المجرى، ليصب في بحيرة أو في منخفض صحراوي، فيشكل مسطحات مائية جديدة تزيد من نقص المياه عن طريق التبخر والتسرب. مثل هذه الكميات المائية المفقودة تنعزل عن النظام الفيضي، وتقلل من الحجم الكلي لمياه النهر.

(٧) التوسع العمراني والتحضر:



قد يتسبب التوسع العمراني، وبناء المدن الجديدة في اضطراب سير الدورة المائية على المقياس المحلي أو الإقليمي فمن المعروف أن المناطق التي يتم البناء فيها تتعرض مناطق منها لسقوط الأمطار ـ مهما اختلفت الكمية ـ وان مثل هذا التساقط جزء منه يتبخر، وجزء يتسرب، وما يتبقى يحدث له جريان سطحي. ولما كانت تربة هذه المواضع قد غطيت بكتل عمرانية، وتم رصف شوارعها أو تمهيدها وجعل تربتها مندمجة ومتماسكة فان أية كمية تسقط لن يتسرب منها أية كميات، وبالتالي يزيد الجريان السطحي في المناطق الحضرية فتزيد كمية الجريان بالأنهار على عكس الأحوال السابقة بشكل عام.

وللتحضر تأثير كبير وواضح على الدورة المائية، ويحدث هذا التأثير بعدة طرق منها استخدام الأرض، والغطاء السطحي في المدينة. ومنها أيضاً تعديل السطح أو الملامح المورفولوجية الدقيقة في منطقة المدينة، وكلها تتسبب في تغير :

١ـ الميزان الحراري بالمنطقة .

٢ـ يتبع ذلك تغير في خصائص التبخر والتكاثف والتساقط.

٣ـ يظهر تأثير عملية صرف مياه المجاري ونفايات المدينة والتصنيع المرتبط بها، وهذا يتسبب في تغيير نوعية المياه التي تدخل في الدورة المائية.

خامساً: الوحدة المائية:

هي وحدة مساحية أرضية مستقلة، تمثل كياناً محدداً بخط تقسيم المياه بين الأودية أو بين الأنهار المختلفة، بحيث يحصر هذا الخط بينه مساحة ما، يجرى فيها النهر بروافده وفروعه.

وهي تخضع لنظام ، مدخلاته سقوط الأمطار و مخرجاته التبخر والجريان السطحي للأنهار. لهذا فان مركب الجريان السطحي في الدورة المائية لمنطقة التجميع تظهر أن التساقط يكون غزيراً بعد حساب الفاقد عن طريق التبخر.