الدورات الطبيعية (البيوجيوكيميائية):

تعتمد الكائنات الحية في عملية بناء أجسامها على العناصر الطبيعية الخمسة (N,P,C,H,O) وهذه العناصر تمثل نقطة ارتباط بين المكونات الحية واللاحية في النظم البيئية , وتحصل الأحياء على هذه العناصر بواسطة السلسلة الغذائية وتبدأ النباتات بامتصاصها من التربة او المياه او الهواء .

سميت هذه الدورات بهذه التسمية أي الدورات البايوجيوكيميائية بسبب ان هذه العناصر اغلبها ذات منشأ ارضي وتتحول بعمليات كيمياوية ثم تدخل أجسام الكائنات الحية مكونة جسم الكائن الحي .

هنالك ثلاثة أنواع رئيسية من الدورات التي يمكن ملاحظتها في النظام البيئي وهي :-

1- دورة المياه Hydrologic Cycle.
2- الدورة الغازية CycleGaseous .
الدورة الرسوبية Cycle Sedimentary

آلية حدوث الدورات الطبيعية وديناميكيتها بشكل عام:

تعد عملية تبادل المادة والطاقة السبب الرئيس في حدوث العلاقات المتبادلة بين عناصر الغلاف الجغرافي، مما يؤدي إلى حدوث حركة مستمرة لهذه العناصر نتيجة تأثير مجموعة من العمليات الحيوية وغير الحيوية خاصة عملية التركيب الضوئي، هذه العملية المستمرة في الماضي والحاضر والمستقبل بإذن الله سبحانه وتعالى،.

وبفضل التوازن الدقيق لدورة العناصر والمكونات الطبيعية فإن جميع العناصر الموجودة في الطبيعة توجد في إطار دورة بيوجيوكيميائية Biogechemical cycle، بما في ذلك العناصر والغازات الموجودة في الهواء، والماء، والتربة، وكذلك النفايات المختلفة، وحتى الصخور لها دورة تسمى دورة الصخر، وتحدث بسبب التغيرات التي تتعرض لها الصخور من حرارة وضغط وانصهار، وغير ذلك فتتحول من حالة إلى حالة أخرى.

وتعرف دورة الصخر بدورة التحول الصخري ، فبوساطة العمليات المختلفة المؤثرة في القشرة الأرضية تتفتت الصخور النارية إلى مواد تنتقل وتتحول إلى صخور رسوبية، وهذه بدورها تتغير بتغير درجات الحرارة، أو عمليات تكثيف الغازات أو غير ذلك، وتتحول إلى صخور متحولة، ثم تتعرض لعمليات بنائية، وتتكرر هذه الدورة إلى ما لا نهاية، .

إن الدورات البيوجيوكيميائية توضح حركة العناصر الغذائية في الأنظمة البيئية، والفرق بين حركة الطاقة وحركة العناصر الغذائية أن العناصر تتحرك في شكل دورات من مستوى غذائي إلى المستوى الغذائي الذي يليه، وتعرف هذه بالدورات البيوجيوكيميائية Biogeochemical Cycle، أما الطاقة فلا تأخذ شكل دورات لأن هناك مصدراً يمد الكرة الأرضية بالطاقة منذ بداية تكوينها وهو الشمس، ولكن لا توجد مصادر تمد الكرة الأرضية بالعناصر أو المواد الغذائية.يمكن التمييز بين دورتين أساسيتين للعناصر الطبيعية هما: الدورة الكبرى، والدورة الصغرى.

الدورة الكبرى: تسمى بالدورة الجيولوجية وهي دورة طويلة الأمد وتتم ببطء شديد وتستمر مئات الآلاف أو الملايين من السنين، ويتم خلالها هجرة بعض المركبات وتراكمها في صخور القشرة الأرضية على شكل فحم، ونفط، وأحجار كلسية، وغيرها.

الدورة الصغرى: تسمى بالدورة البيوكيميائية أو البيولوجية، وتعد جزءاً من الدورة الكبرى، وتتلخص بأن المواد العضوية الموجودة في الماء والتربة تتجمع في النباتات، وتستهلك في بناء الجسم الحي، وبعد موته تقوم الكائنات الدقيقة من البكتريا والفطريات والأحياء البسيطة وغيرها بتحليل هذه الأجساد الميتة وتفكيكها وتحويلها إلى مواد عضوية تدخل من جديد في الدورات الطبيعية، ومن أهم هذه الدورات ما يلي:

2-2-2- دورة الكربون Carbon Cycle:

إن دورة الكربون الصغرى (البيوحيوية) تشكل جزءاً من الدورة الجيولوجية الكبرى، وترتبط بالنشاط

الحيوي للكائنات الحية، حيث إن معظم الكربون يوجد في طبقة التربوسفير، وهو عنصر مهم جدا لحدوث عملية التركيب الضوئي التي تعد بدورها الأساس في دورة الكربون، ومن خلالها يحافظ على توازنه في الجو، ويتم تثبيته في أجسام الكائنات الحية التي تحوله إلى مركبات عضوية تستخدمها كائنات أخرى، وخلال عملية التنفس النباتي والحيواني يتم إطلاق قسم من غاز الكربون إلى الغلاف الجوي، وقسم أخر يتجمع في الكائنات والبقايا الميتة بعد تفسخها. ففي بداية عملية التركيب الضوئي تستعمل النباتات الماء وثاني أكسيد الكربون، وتحول الكربون إلى أنواع بسيطة من السكر والكربوهيدرات مثل النشاء والسيلولوز بعد ذلك تستعمل النباتات الطاقة الموجودة في الكربوهيدرات لأكسدة أول أكسيد الكربون وتحويله إلى ثاني أكسيد الكربون، على شكل دورة مستمرة.
إن التأثير البشري في عملية التركيب الضوئي من خلال القضاء على الغابات بالحرق والقطع، وتلوث مياه البحار والمحيطات خاصة بالنفط، يؤدي إلى عجز الغابات والمحيطات عن استيعاب المزيد من غاز CO مما يؤدي إلى زيادة محتوى الغلاف الجوي من هذا الغاز، هذا من جهة، ومن جهة أخرى فإن احتراق الوقود وغيره من المواد يؤدي إلى انطلاق غاز ثاني أكسيد الكربون، وحدوث ما يسمى بدورة الكربون البيوتكنولوجية، ومن المعروف أن عمليات الاحتراق في المصانع وغيرها من الآلات والأماكن المختلفة، وتخريب صخور الفحم الحجري، تؤدي إلى انطلاق كميات كبيرة من غاز ثاني أكسيد الكربون وزيادة تركيزه في الجو مما يسبب تلوث الغلاف الجوي والتأثير السلبي على التوازن البيئي، ويؤدي بالتالي إلى حدوث ما يعرف بعامل البيت الزجاجي.

2-2-3- دورة الأكسجين Oxygen Cycle:
إن كمية الأكسجين (O2) تبلغ نحو 21 % من حجم الهواء الجوي، والأكسجين غاز ضروري للإنسان والنبات والحيوان، ولمعظم أشكال الحياة في الغلاف الحيوي، ودورة الأكسجين هي دورة مكملة لدورة ثاني أكسيد الكربون ومتداخلة ومترابطة معها، وهما تزودان جميع الحيوانات والنباتات بالطاقة التي تحتاج إليها من أجل استمرار حياتها، وتقوم النباتات أثناء النهار بامتصاص غاز ثاني أكسيد الكربون وإطلاق الأكسجين إلى الغلاف الجوي عبر عملية التمثيل الضوئي، ويحدث العكس أثناء الليل.
والأكسجين يستنشقه الإنسان والحيوان عبر عملية التنفس الهوائي، إلى جانب ذلك يحدث تبادل مستمر للأكسجين بين الغلاف المائي والغلاف الجوي. وكمية الأكسجين في الغلاف الجوي ثابتة نسبيا، ولكنها يمكن أن تتعرض إلى خلل أو نقص بسبب زيادة استهلاك الأكسجين وزيادة حرق الوقود، فمثلا كل سيارة تعمل بمحرك بنزين عندما تقطع مسافة 15 ألف كم تستهلك 4350 كيلو غرام (كغم) من الأكسجين، وتلقي في الهواء 3250 كغم من غاز ثاني أكسيد الكربون و530 كغم من غاز أول أكسيد الكربون و93 كغم من الهيدروكربونات و27 كغم من أكاسيد الآزوت( ).
إن أهم مصادر استهلاك الأكسجين هي حرق الوقود في وسائل النقل وفي المصانع و تأكسد المعادن حيث يستهلك سنويا في هذه العمليات نحو (15×10) طن سنويا من الأكسجين وهذه الكمية تشكل نحو 10 % من إجمالي كمية الأكسجين المتشكل بيولوجيا والمقدر وسطيا بنحو (150×10) طن / سنة، وهذا يعني احتمال حدوث ما يسمى بالعجز أو النقص بالأكسجين نتيجة انخفاض كمية الأكسجين الحر في الجو إلى الحدود الحرجة بالنسبة لحاجة الإنسان، وأهم الإجراءات التي يمكن اتباعها لمنع حدوث مثل هذا العجز هي التقليل إلى أقصى حد ممكن من حرق الوقود ومن قطع الغابات وتلوث مياه البحار والمحيطات.

2-2-4- دورة النتروجين Nitrogen Cycle:
يعد الآزوت أو النتروجين عنصر ضروري للحياة وهو يشكل 78 % من حجم الهواء الجوي، وبعض مكوناته توجد في التربة وفي الماء، ومع ذلك فإن النباتات والحيوانات لا يمكنها الإفادة منه وهو على شكل غاز (N) وإنما على شكل نترات (- NO).
وتتلخص دورة النتروجين بأن بعض أنواع البكتيريا والطحالب الموجودة في التربة تثبت النتروجين في التربة وتحوله إلى أمونيوم، وتسمى هذه العملية تثبيت النتروجين أو النترجة، ثم تحول البكتريا

الأمونيوم إلى نتريت (- NO) ثم إلى نيترات(- NO)، وتستعملها النباتات للمركبات الضرورية كالبروتينات والجينات أو المورثات DNA و RNA. وينتقل النتروجين من النباتات إلى الحيوانات عن طريق السلاسل الغذائية، كما أنه يمكن تثبيت النتروجين في الغلاف الجوي أثناء حدوث البرق، حيث يحدث تفاعل بين الأكسجين والنتروجين، ويؤدي إلى تكون ثاني أكسيد النتروجين، الذي يذوب بدوره ويسقط مع مياه الأمطار. وعندما تموت هذه الكائنات الحية النباتية والحيوانية فإن بعض أنواع البكتيريا في التربة تقوم بتفكيكها وتحويل مكوناتها من نتروجين إلى غاز حر ينطلق إلى الجو، وتسمى هذه العملية إزالة النترجة، أو يتحول إلى أمونيوم وتبدأ دورة النتروجين من جديد.

إن دورة النتروجين (الآزوت) كغيرها من الدورات الطبيعية هي دورة متوازنة، ولكن تدخل الإنسان فيها، وزيادة استخدام الأسمدة الآزوتية في الزراعة، وزيادة إطلاق الآزوت عن طريق حرق الوقود، كل هذا يؤدي إلى زيادة تراكم الآزوت في البيئة، وحدوث تلوث بالآزوت في الماء والنبات والتربة مما يؤدي إلى خلل معين في دورة الآزوت، وحدوث بعض العواقب الإيكولوجية غير المرغوب فيها، 2-2-5- دورة الكبريت Sulphur Cycle:

إن الكبريت من العناصر الضرورية الذي تحتاجه الكائنات الحية، وله دورة طبيعية تشبه في آليتها الدورات الطبيعية الأخرى، حيث يستخدم الكبريت من قبل النباتات في بناء خلاياها البروتينية، ثم ينتقل منها أو عن طريقها إلى الكائنات الحية الأخرى عبر السلسلة الغذائية، وبعد موت هذه الكائنات يتحلل الكبريت، ويعود من جديد إلى دورة الكبريت، ويوجد الكبريت في الطبيعة بأشكال مختلفة، ومصادره متنوعة منها البراكين حيث يشكل الكبريت نحو 5 % من إجمالي الغازات التي تنطلق أثناء ثوران البراكين، كما أن الكبريت ينتج من تحلل المواد العضوية في التربة، ويوجد الكبريت في بعض صخور القشرة الأرضية، كما أن احتراق الوقود في الصناعة أو التدفئة، أو في وسائل النقل يعد أحد مصادر الكبريت، وللكبريت المحترق رائحة كريهة تشبه رائحة البيض الفاسد، وللكبريت بشكل عام تأثير سام في الكائنات الحية، كما أنه يتسبب في أكسدة المعادن.

2-2-6- دورة الفوسفور Phosphor Cycle :

وهي دورة مهمة بسبب أهمية الفوسفور في تركيب المادة الحية البروتوبلازما، وكذلك في تركيب ال DNA، وفي نمو العظام وغير ذلك. وتتم دورة الفوسفور بامتصاصه أو استهلاكه من قبل الكائنات الحية، وينتقل عبر السلاسل الغذائية، وعند موت هذه الكائنات الحية تقوم البكتريا، والكائنات المفككة بتحليل الفوسفور وإعادته إلى الطبيعة. وتشكل صخور الفوسفات المصدر الرئيسي لدورة الفسفور، وهذه الدورة ترتبط بنشاط الكائنات الحية وتأثيرها بما في ذلك التأثير البشري المصطنع، كما ترتبط ببعض العوامل البيئية الأخرى، ويقوم الإنسان حاليا بتصنيع الأسمدة الفوسفاتية لاستخدامها في الزراعة، وتستخدم الفوسفات في صناعات كثيرة منها، صناعة الأسمدة وبعض المواد الصيدلانية والدوائية، والمبيدات الحشرية، والخميرة والمنظفات وغيرها، مما يؤدي إلى زيادة محتوى الفوسفور في مختلف العناصر المشكلة للوسط الطبيعي، وهذا قد يؤدي إلى التأثير السلبي في هذه الدورة وفي توازنها.

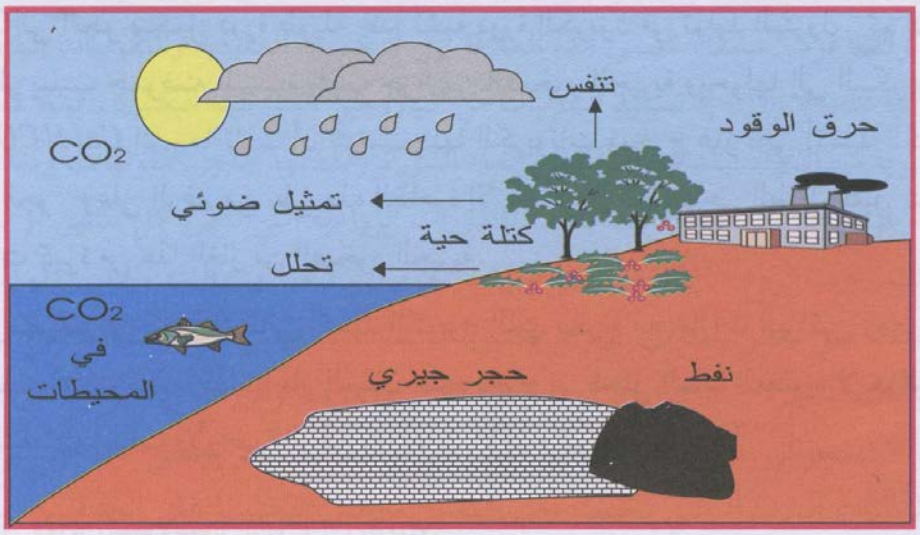
2-2-7- الدورة المائية HydrologicalCycle:

تبدأ الدورة المائية عندما يتبخر الماء بتأثير الأشعة الشمسية من المسطحات المائية بشكل رئيسي، ومن عمليات النتح في النباتات، ويتكاثف في الجو، ويشكل الغيوم، ثم يعود ليسقط فوق المحيطات واليابسة على شكل أمطار وثلوج، ويشكل الجريان المائي السطحي والباطني. وعندما يهطل المطر والثلج فإن معظمه يهطل فوق المحيطات (نحو 90 %) وقسم يهطل فوق اليابسة (نحو 10 %) ويجري معظمه إلى الأنهار والبحيرات، ويصل إلى البحار والمحيطات، وقسم منه ينفذ إلى باطن الأرض، ويشكل المياه الجوفية على أعماق مختلفة. وتعود المياه إلى التبخر والتكاثف والتهطال من جديد في دورة دائمة. وقد أشار القرآن الكريم إلى ذلك في قوله تعالى:)وَٱلسَّمَآءِ ذَاتِ ٱلرَّجْعِ* وَٱلأَرْضِ ذَاتِ ٱلصَّدْعِ*[(الطارق 10 - 11). قال ابن عباس: الرجع المطر، وعنه: هو السحاب فيه المطر، وعنه {وَٱلسَّمَآءِ ذَاتِ ٱلرَّجْعِ} تمطر ثم تمطر، وعنه: { وَٱلأَرْضِ ذَاتِ ٱلصَّدْعِ }، هو انصداعها عن النبات.

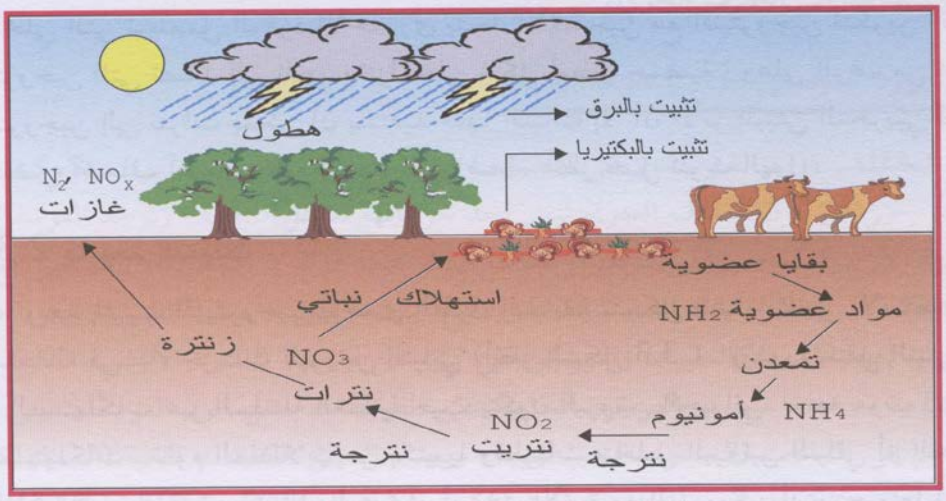
لذلك تعد المياه من الخامات المتجددة والدائمة، وهي ذات قدر ثابت فليست كالغابات، أو النفط أو غيره بحيث يمكن زيادتها أو إنقاصها بشكل عام.ولكن هنا لا بد من ذكر الملاحظة التالية، وهي أن ثبات كمية المياه في الدورة المائية وفي الغلاف المائي، يؤخذ على المستوى الكوني، ولفترات زمنية طويلة، وفي بعض الأماكن ولأسباب كثيرة قد يحدث خلل في التوازن المائي، فالزراعة مثلاً تستهلك كمية كبيرة من المياه العذبة، التي لا تعود إلى الدورة المائية، وتقدر بنحو 100 مليون متر مكعب سنوياً، وهي كمية تزداد سنوياً بمقدار 4 - 5 %، وعليه فإن البشرية أمام مشكلة نفاد أو نقص الثروة المائية التي تنقص في أماكن، وتزداد في أخرى.

علما أن كمية المياه المالحة والموجودة في البحار والمحيطات تبلغ نحو 97.2 % من إجمالي مياه الهيدروسفير والباقي أي 2.8 % هي مياه عذبة ولكن معظمها (حوالي 77 %) موجود في الكتل الجليدية، وهي بعيدة المنال، بينما النسبة القليلة جدا من المياه العذبة متوافرة للبشر والنباتات والحيوانات، وللأسف فإن هذه النسبة القليلة جدا لا يتم الاستفادة منها بشكل عقلاني، وتتعرض للاستنزاف والتلوث، مما يؤدي إلى حدوث مشكلات صحية وبيئية كثيرة مرتبطة بذلك.

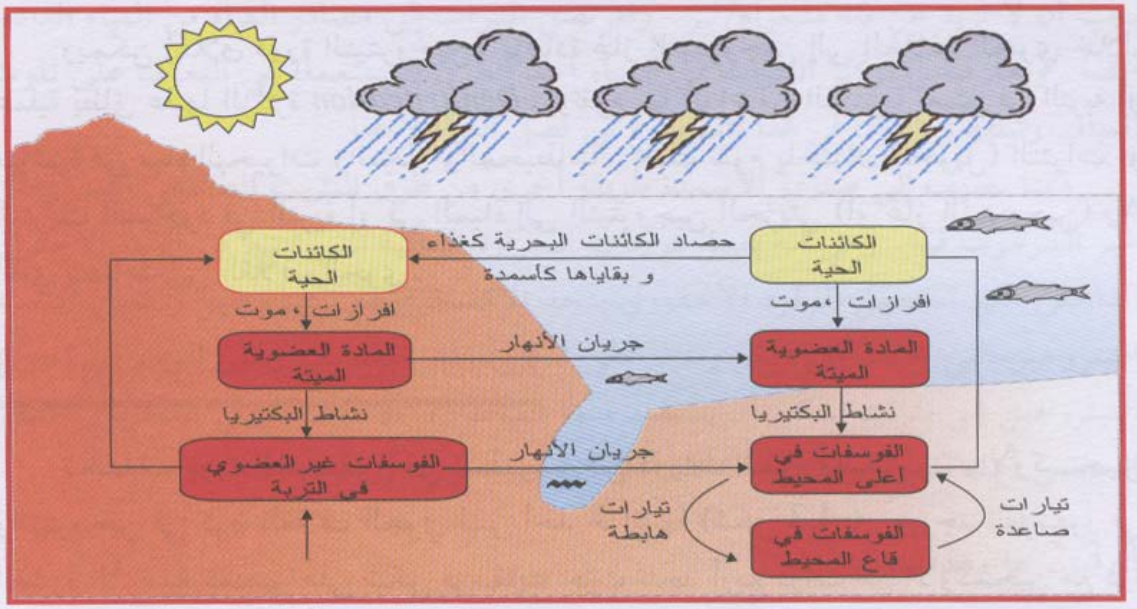
والتلوث الذي تتعرض له الدورة المائية يعد جزءاً من التلوث الذي تتعرض له البيئة والنظام البيئي عموماً، بسبب الترابط والتفاعل بين مختلف عناصر البيئة حيث إن القضاء على الغابات والأشجار والحياة النباتية مثلاً يؤدي إلى انجراف التربة مع مياه الأمطار وقد يؤدي ذلك إلى حدوث الفيضانات، وإلى انتقال الرسوبيات والطمي إلى البحيرات الطبيعية أو الاصطناعية وإلى حدوث تفاعلات .



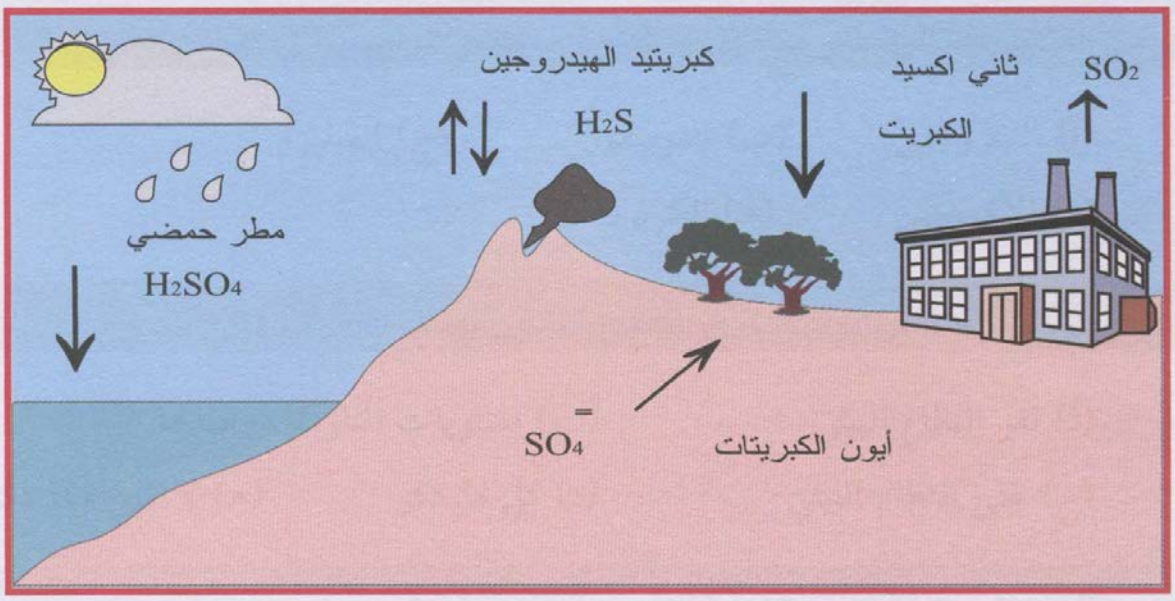
الشكل 2.3: دورة الكربون في الطبيعة



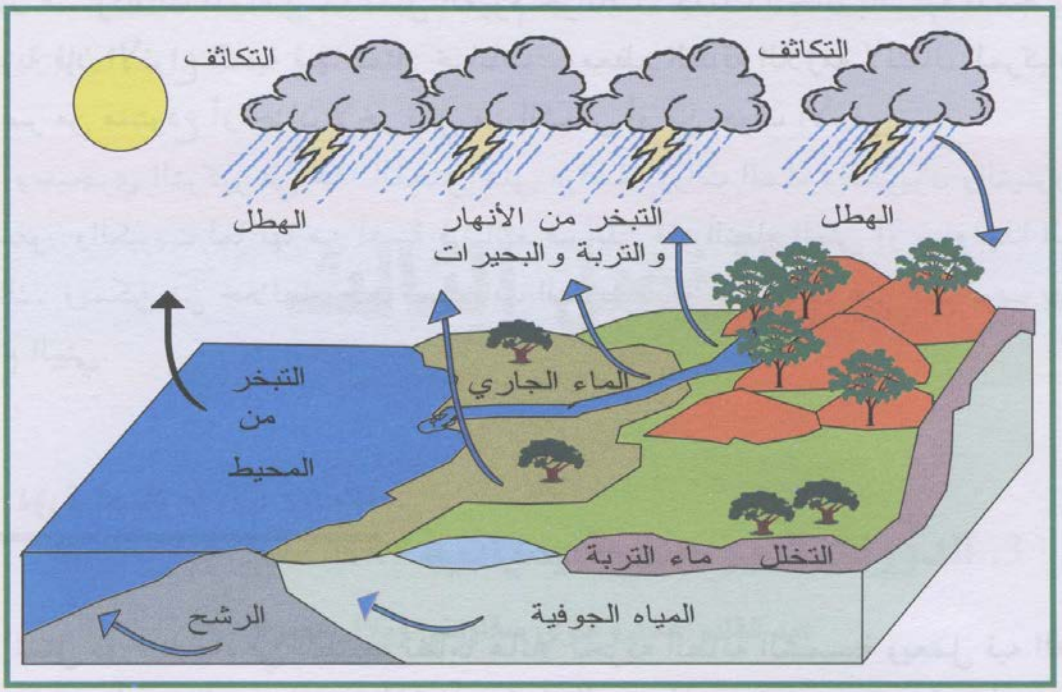
الشكل 3.3: دورة النيتروجين في الطبيعة



الشكل 4.3 : دورة الفوسفور في الطبيعة



الشكل 5.3: دورة الكبريت في الطبيعة



الشكل 1.3: دورة المياه في الطبيعة