دورة المياه والدورات البيوجيوكيميائية

Hydrologic & Biogeochemical Cycles

دورة المياه في الطبيعة Hydrologic Cycle:

دورة المياه في الطبيعة هي عبارة عن حركة المياه على الأرض وداخلها وفوقها. حيث أنها تتحرك وتتغير أشكالها بإستمرار من سائل إلى بخار ثم إلى جليد ومرة أخرى إلى سائل وهكذا. لقد ظلت دورة المياه تعمل منذ أن خلق الله سبحانه وتعالى الأرض، اي منذ مليارات السنين وتعتمد عليها جميع الكائنات الحية وكذلك الفعاليات والعمليات الفيزيائية والكيميائية على الأرض.

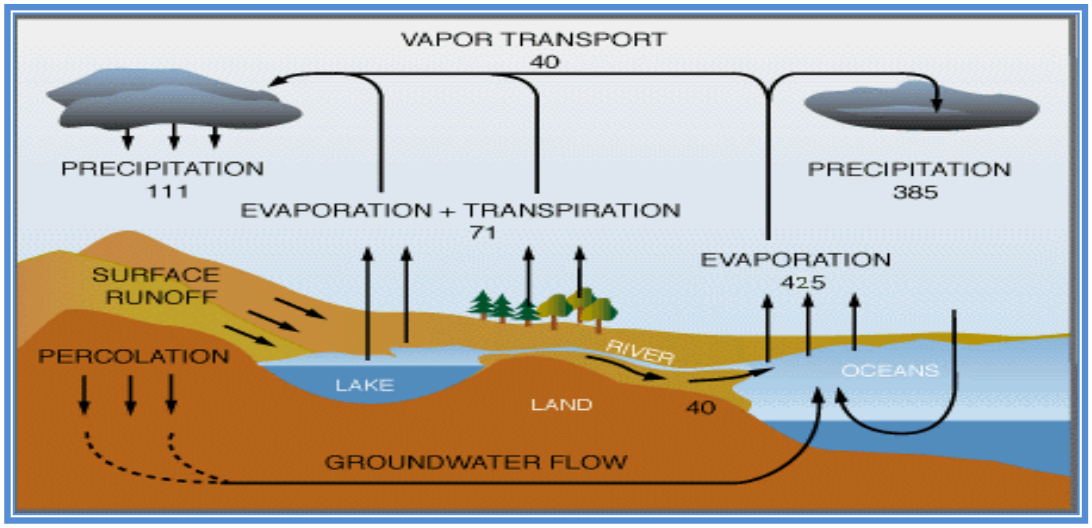
مراحل دورة المياه:

كما أشرنا في محاضرة سابقة أن كمية المياه في الطبيعة ثابتة التي تقدر بحوالي 1386 X 10^6 كم^3 موزعة حسب النسب التالية:

توزيع المياه في الطبيعة

المحور البيئي	النسبة المئوية (%)
البحار والمحيطات	**97.25**
المياه المنجمدة في القطبين	**2.05**
المياه الجوفية	**0.86**
البحيرات	**0.1**
رطوبة التربة	**0.05**
بخار الماء في الجو	**0.001**
الانهار والجداول	**0.0001**
المياه داخل أجسام الكائنات الحية	**0.00004**

وان هذه الكميات من المياه وبأشكالها الصلبة (الجليد) والسائلة والغازية (بخار الماء) في حركة مستمرة ضمن العمليات أو المراحل المبينة في الشكل أدناه.



دورة المياه في الطبيعة Hydrologic Cycle

1. التبخير Evaporation

بفعل حرارة الشمس والرياح يتحول الماء من الحالة السائلة الى الحالة الغازية. ٨٠% من بخار الماء في الطبيعة مصدره المحيطات والباقي من المياه على اليابسة. معظم بخار الماء يتواجد في الغلاف الجوي بشكله الغازي ونسبة قليلة منه تتواجد على شكل غيوم. ومن خصائص هذه العملية او المرحلة هي:

- تعتبر العملية الأساسية في نقل الماء من المسطحات المائية وتحركها إلى مناطق أخرى بهيئة أمطار.
- تلعب دوراً هاماً في توزيع الطاقة بين المحاور البيئية الثلاثة للأرض (اليابسة والماء والهواء). حيث تخزن جزيئات الماء في عملية التبخر طاقة داخلية تسمى الطاقة الكامنة والتي تطلق على شكل طاقة محسوسة عند عملية التحول العكسي أي من بخار إلى ماء الذي ينزل بشكل مطر.

2. النتـــــح Transpiration

بعد امتصاص النباتات للماء من التربة بواسطة الجذور يخزن جزء منه في السيقان والاوراق والثمار ويطرح الباقي الى الغلاف الجوي، من خلال الثغور الموجودة على

سطوح الأوراق. وقد يكون الماء الممتص من أعماق بعيدة خاصة في النباتات طويلة الجذور.

3- النقـــــل Transportation

تمثل هذه العملية عملية تحرك بخار الماء في الغلاف الجوي من منطقة الى أخرى، ويكون هذا الانتقال محكوماً بحركة الرياح في الغلاف الجوي كما هي تيارات الرياح المعروفة بنسيم البحر والبر. ان حركة بخار الماء في الغلاف الجوي يمكن رصدها بواسطة الاقمار الصناعية.

4- التكثيف Condensation

هي عملية تحول بخار الماء في الغلاف الجوي إلى سائل، حيث أن حركة الهواء لأعلى تعمل على تبريد الهواء ذاتيا مما يجعله يفقد قدرته تدريجيا على حمل بخار الماء فيكثف متحولا إلى غيوم ومن ثم مطر. وقد يتحول بخار الماء إلى الحالة الصلبة مباشرة وتسمى هذه الحالة عملية الترسب.

5- الهطـــول Precipitation

هي عملية سقوط الماء بهيئة مطر والناتج عن التكاثف في الغيوم. تعتمد حجم قطرة الماء الساقطة على تيارات الهواء الصاعدة وتعمل قوى التصادم بين القطرات المائية في الغيوم على زيادة حجم القطرة حتى تصل الحجم القادر على التغلب على التيارات الصاعدة ومن ثم تسقط باتجاه الأسفل وفي حال سقطت على اليابسة فان طاقتها الحركية تتحول إلى شغل يعمل على تفتيت التربة عند الاصطدام بها.

6. الجريـــان Runoff

بعد الهطول تتجمع مياه الأمطار والثلوج الذائبة والينابيع لتشكل الجداول والأنهار والبحيرات والســـدود الطبيعيـــة والاصطناعيـــة وعـــادة ما يكون الجريـــان في أوجه بعد

الأمطار الغزيرة وفوق المناطق الرملية التي تصل إلى حالة الإشباع بسرعة مما يؤدي إلى حدوث الفيضانات بمختلف أشكالها .

7. الترشـيح Percolation

وهي عملية توغل الماء إلى باطن الأرض، ويعتمد معدل الترشيح على العوامل التالية:

- معدل هطول الأمطار ،كيفية الهطول.
- الغطاء النباتي.
- كيمياء التربة وتركيبها و رطوبتها أو مستوى اشباعها بالماء.

ان هناك علاقة مباشرة بين دورة المياه والدورات البيوجيوكيميائية في الطبيعة من خلال دور الماء في نقل وإذابة العناصر وكذلك دوره في عملية البناء الضوئي.

الدورات البيوجيوكيميائية Biogeochemical Cycles:

يوجد في الطبيعة حوالي 106 عنصراً التي يتضمنها الجدول الدوري في الوقت الحاضر وتتواجد تلك العناصر بكميات ثابتة، وتعتبر الارض محيطا مغلقاً حيث تدخل اليها الطاقة الضوئية فقط وبصورة مستمرة ومن ثم تحرر وتطلق ثانية للفضاء باشكال أخرى للطاقة. لذلك فأن الكائنات الحية تستخدم العناصر المتوافرة بصورة متكررة. فمن العناصر الطبيعية التي تحتاجها الكائنات الحية في عملية بناء أجسامها وبشكل أساسي هي كل من الاوكسجين O والهيدروجين H والكاربون C والفسفور P والنتروجين N والكبريت S، وهذه العناصر تمثل نقطة ارتباط بين المكونات الحية واللاحية في الانظمة البيئية، حيث تحصل اكائنات الحية على هذه العناصر بواسطة السلاسل الغذائية التي تبدأ بالنباتات التي تقوم بامتصاصها تلك العناصر وغيرها من التربة او المياه او الهواء.

سميت الدورات البيوجيوكيميائية بهذه التسمية لكون تلك العناصر اغلبها ذات منشأ ارضي وتتحول بعمليات كيمياوية ثم تدخل أجسام الكائنات الحية لبناء أجسامها.

هنالك نوعين من الدورات البيوجيوكيميائية التي يمكن ملاحظتها في النظام البيئي وهي:

- **الدورات الغازية Gaseous Cycle .**
- **الدورات الرسوبية Sedimentary Cycle.**

١. الدورات الغازية Gaseous Cycle

سمي هذه النوع من الدورات بهذه التسمية لكون العناصر فيها ذات منشأ غازي وخزينها الاساسي هو الغلاف الجوي، وما يميز هذا النوع عن الدورات الرسوبية بأنها دورات كاملة أو أكثر كمالاً أي لا يفقد من العنصر شيء خلال دورانه، والمقصود بالفقد هنا هو ابتعاد جزء من العنصر عن متناول الكائنات الحية. ومن الأمثلة على هذا النوع من الدورات هي دورة الكربون ودورة النتروجين ودورة الأوكسجين وغيرها من العناصر الغازية.

أ - دورة الكربون Carbon Cycle

يعتبر الغلاف الغازي والغلاف المائي المستودع أو الخزان الرئيسي للكربون غيرالعضوي، ويوجد الكربون في الطبيعة في حالة صلبة في الطبقات الصخرية وفي المركبات العضوية، وفي حالة سائلة في خلايا الكائنات الحياة وفي المياه ، كما يوجد الكربون في حالة غازية في الغلاف الجوي. بين هذه الحالات يتم التبادل والتفاعل في دورة الكربون. وتبدأ دورة الكربون من حيث تقوم النباتات والطحالب الخضراء بأخذ ثاني أوكسيد الكربون CO_2 من الهواء المحيط ، ويأخذ الماء من التربة بواسطة الشعيرات الجذرية ثم تستخدم الطاقة الشمسية للقيام بعملية البناء الضوئي Photosynthesis والتي تؤدي الى إنتاج المركبات العضوية حسب المعادلة التالية :

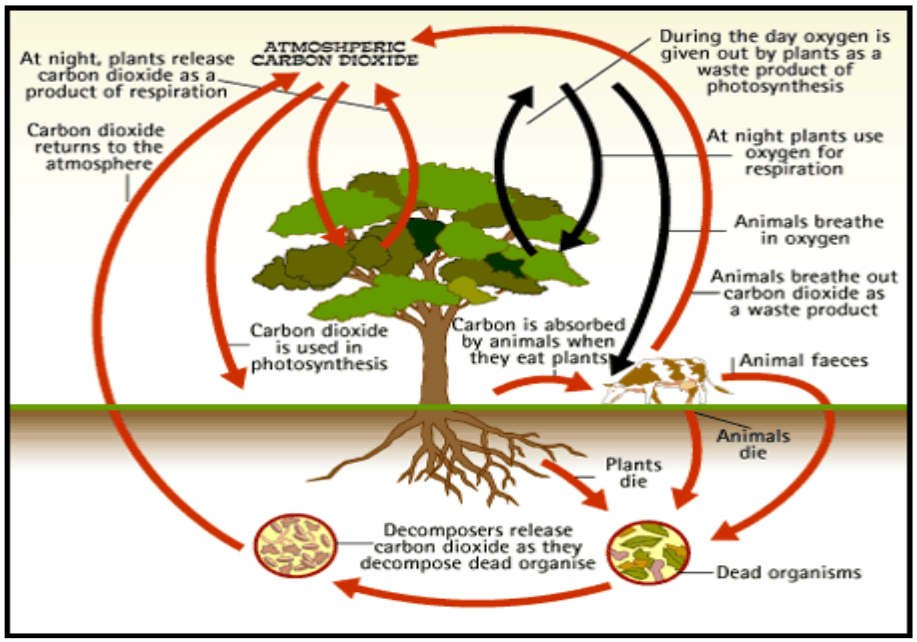
$$6H_2O + 6CO_2 \longrightarrow C_6H_{12}O_6 + 6O_2$$

أثناء الليل تتوقف عملية البناء الضوئي ويحل محلها عملية التنفس وينتج عن ذالك غاز CO_2 الذي يعود إلى الغلاف الجوي ثانيةً.

في البيئات ذات الكثافات النباتية المرتفعة تزداد نسبة غاز CO_2 أثناء الليل الى حوالي 25 % عن مما هي عليه أثناء النهار خاصة في المناطق القريبة من التربة.

عندما تتغذى المستهلكات على المواد العضوية المنتجة من قبل النباتات تتحول تلك المواد إلى كتلة حيوية وينطلق غاز CO_2 إلى الغلاف الجوي عن طريق التنفس، كما وينتج غاز CO_2 من خلال تعرض أجسام الكائنات الميتة وإفرازات وفضلات الكائنات الحية إلى عمليات تحلل. كما وأن قسم من غاز CO_2 يعود الى الغلاف الجوي من خلال عمليات

تجوية الصخور الكلسية العضوية Organic Limestone والدولومايت Dolomite التي تسهم في تكوينها المواد العضوية.



دورة الكربون Carbon Cycle

ب - دورة النتروجين Nitrogen Cycle

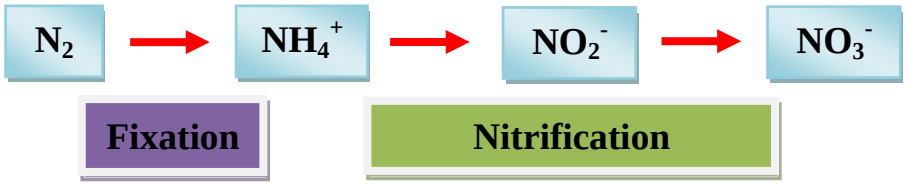
يشكل غاز النيتروجين N_2 78 % من الغلاف الجوى، وان جميع الكائنات الحية تحتاج عنصر النيتروجين الذي يدخل في تركيب الأحماض الامينية، والبروتينيات والمادة الوراثية. بالرغم من وجود النتروجين بهذه النسبة الكبيرة إلا أن الكائنات الحية في النظام البيئي لا تستطيع استخلاصه والاستفادة منه مباشرة من الغلاف الجوى، ولكن تحتاج الى تحويله من الحالة الغازية الخاملة N_2 إلى ايونات الامونيوم NH_4^+ أو الى النترات NO_3^- وتسمى هذه العملية بعملية تثبيت النيتروجين Nitrogen Fixation والتي تتم بالطرق التالية :

★التثبيت الحيوي Biological Fixation

تعيش بكتيريا تثبيت النيتروجين مثل تلك التابعة للأجناس ***Clostridium*** أو ***Azotobacter*** على عقيدات جذور البقوليات كالفول والحمص والعدس. وتستطيع هذه البكتيريا العقدية تحويل غاز النيتروجين الجوى إلى ايون الامونيوم NH_4^+ وتسمى هذه العملية بالنشدرة Ammonofication ثم تقوم أنواع أخرى

من البكتريا جنس ***Nitrisomonas*** بتحويل الأمونيوم إلى أيونـات النتريت NO_2^- وذلك مـن خـلال اتحـــاد الامونيا مع الأكسجين. بعد ذلك تقوم أنواع أخرى من البكتيريا مثل جنس ***Nitrobacter*** بتحويل النيتريت NO_2^- إلى نترات NO_3^- وأن النترات هي شكل النتروجين الذي تستطيع النباتات الخضراء امتصاصها بواسطة الجذور وتستعملها في بناء المركبات العضوية النيتروجينية.

أن هاتين العمليتين أي تحويل الامونيوم إلى نيتريت ثم الى نترات تسمى بعملية النترجة Nitrification .



★التثبيت الجوي أو الكيموضوئي Photochemical Fixation

ان للطاقة الكبيرة الكامنة في البرق والصواعق القابلية على تحويل غاز النيتروجين N_2 الموجود في الجو بعد تفاعلات كيموضوئية مع الأوكسجين إلى غاز ثاني أكسيد النيتروجين NO_2 ثم الى النترات NO_3^- وبذلك يصل النيتروجين إلى سطح الأرض والتربة مع الأمطار في متناول النباتات الاستفادة منه .غيران كمية النيتروجين المثبتة بهذه الطريقة قليلة جداً إذا ما قورنت بطريقة التثبيت الحيوي.

★التثبيت الصناعي Industrial Fixation

يتم هذا النوع من التثبيت في مصانع الأسمدة الكيميائية. حيث تنتج مركبات الامونيوم أو النترات أو غيرها صناعياً والتي تعتبر كمكونات رئيسية للأسمدة النيتروجينية. وقد تنتج الأسمدة النيتروجينية فقط أو نيتروجينية فوسفاتية أو نيتروجينية فوسفاتية بوتاسية. وهذا النوع الأخير يضم عناصر الغذاء الرئيسية الثلاثة.

بشكل عام فأن دورة النيتروجين تمر بخمسة مراحل وكما يلي:

١. التحلل البروتيني Proteolytic:

وهي عملية انزيمية تقوم بها عدة انواع من بكتريا التربة مثل جنس ***Clostridium*** و ***Proteus*** و ***Pseudomonas*** والفطريات والبكتريا الخيطية حيث تتكسر البروتينات الى ببتيدات متعددة وأخيرا الى أحماض أمينية تستغل من قبل الديدان والحشرات والحيوانات الأخرى التي تعيش في التربة والمتبقي يخضع لعملية النشدرة التي تقوم بها أحياء التربة متباينة التغذية .

٢. النشدرة Ammonofication:

وهي عملية أكسدة الاحماض الامينية الى الامونيا والاحماض العضوية الى ثاني اوكسيد الكاربون والماء.

٣. النترجـة Nitrification :

عند الظروف الطبيعية تقوم البكتريا ذاتية التغذية والتي تحصل على الطاقة من اكسدة المواد الكيميائية Chemoautotrophs باستخدام الامونيا التي انتجت في المرحلة السابقة، حيث تؤكسدالبكتريا التابعة الى جنس ***Nitrisomonas*** الأمونيا في صورتها الأيونية ويتحرر من التفاعل أيون النتريت وطاقة.

$$NH_4^+ + O_2 \longrightarrow NO_2 + HO_2 + H^+ + Energy$$

ان كمية قليلة من النتريت قد تستعملها بعض الكائنات المجهرية في فعالياتها الأيضية ولكن هذا الأيون يؤكسد الى نترات بواسطة بكتريا الترية التابعة للجنس ***Nitrobacter*** وهي من الخطوات المهمة حيث ان تجمع أيونات النتريت له تاثير سام.

$$NO_2 + O \longrightarrow NO_3^- + Energy$$

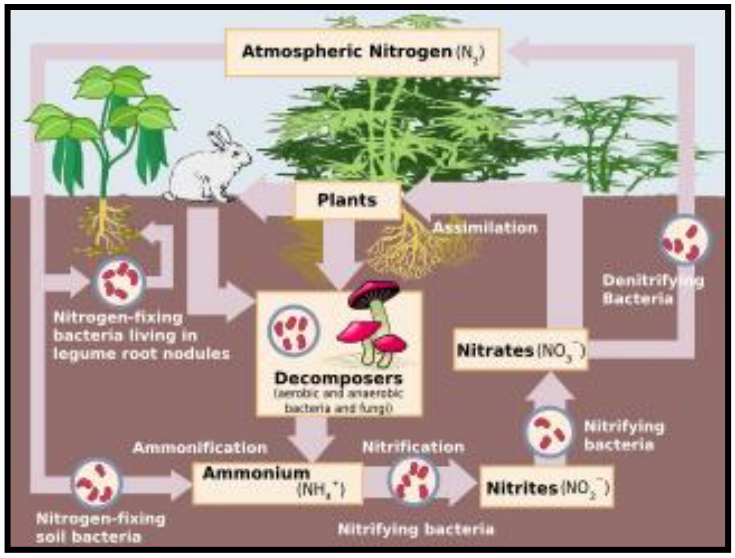
٤. اختزال النترات Nitrate Reduction

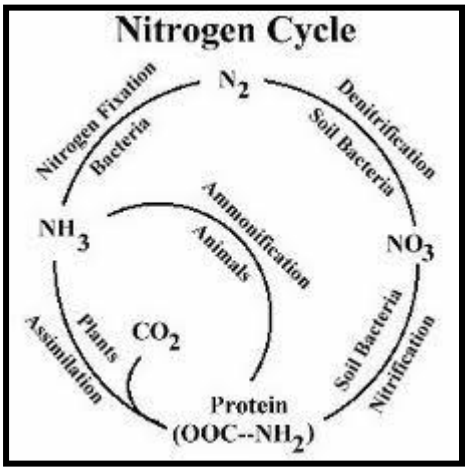
قد لا تستخدم النترات في العمليات الأيضية للكائنات الحية الأخرى فتختزل الى الأمونيا حيث تتم بواسطة عدة أنواع من الاحياء المجهرية وتساعد في الحفاظ على مستوى ثابت من النتروجين الجاهز للاستعمال في التربة.

$$NO_3^- \longrightarrow NH_4^+$$

٥. **عكس النترجة (اطلاق الآزوت) Denitrification**

يعود النتروجين ليكمل دورته عنده عودته الى الجو بصورته الغازية أو بشكل أكاسيد النتروجين من خلال عملية تسمى بعكس النترجة أو تسمى أيضاً بعملية اطلاق الآزوت والتي تتضمن اختزال النترات والنتريت بواسطة اجناس البكتريا ***Thiobacillus*** و ***Pseudomonas*** وأنواع أخرى من بكتريا التربة. وهذه العملية تحدث في الترب رديئة التهوية والحاوية على كميات كبيرة من المادة العضوية والمشبعة بالماء.





دورة النتروجين Nitrogen Cycle

٢. **الدورات الرسوبية Sedimentary Cycle:**

هي دورات العناصر ذات المنشأ الصخري الرسوبي، أي أن خزينها الرئيسي هي الصخور الرسوبية، مثل دورة الفسفور ودورة الكبريت. تفقد العناصر جزء منها خلال الدورة وذلك بسبب ترسبها في الصخور وأبتعادها عن متناول الكائنات الحية، كما هو الحال في رواسب البحار والمحيطات ذات الأعماق السحيقة، فلذا تعتبر هذه الدورات من الدورات الناقصة.