

دورة المياه Water cycle

40

دورة المياه Water cycle

تمثل دورة المياه في الطبيعة نظاماً هائلاً تحركه الطاقة الشمسية ويعمل فيه **الغلاف الجوي** جسراً بين المحيطات والقارات.

ماء المحيطات وبصورة رئيسية وماء القارات بصورة فرعية يتبخران باستمرار في الغلاف الجوي. وتعمل الرياح علي نقل الهواء الحامل لبخار الماء لمسافات بعيدة والي ارتفاعات شاهقة حيث الرياح تبدأ عمليات معقدة في تكوين الغيوم وحدوث الهطل.

الماء الساقط علي سطح المحيط **ينهي بذلك دورته** أما الماء الساقط علي اليابسة فأمامه **رحلة طويلة** إلي المحيط.

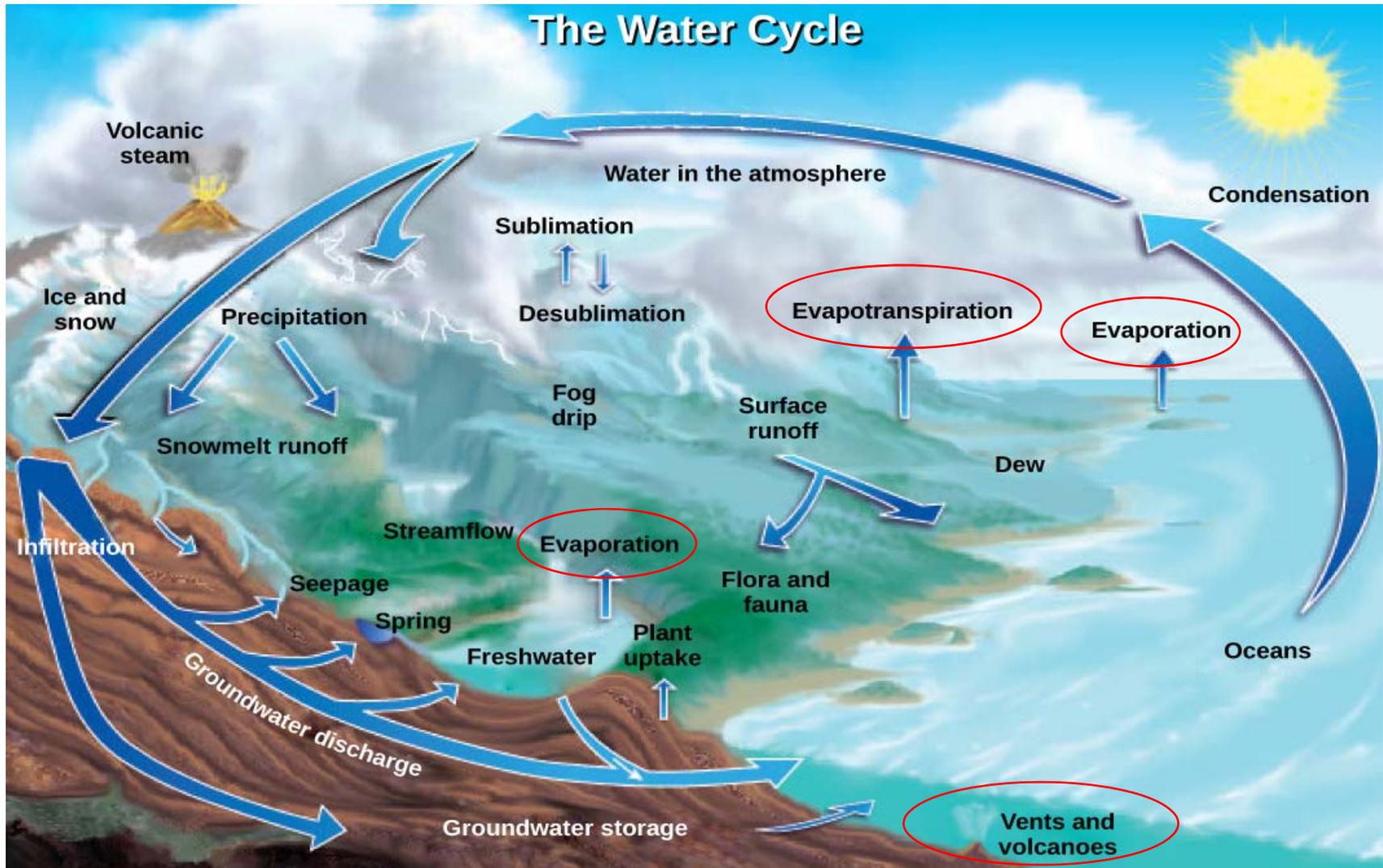
ما يحدث لماء الهطل علي اليابسة أن جزءاً منه ينساب مع الشعاب والأودية باتجاه البحار والمحيطات ويسمي هذا الجزء بالماء الجاري.

جزء آخر من الماء يتبخر مرة أخرى ويعود للغلاف الجوي, أو يمتص من قبل النباتات ويعاد للغلاف الجوي من خلال عملية **النتح Transpiration** .

أما الجزء المتبقي فيترسب بواسطة الجاذبية الأرضية إلى باطن الأرض مشكلاً بذلك المصدر الرئيس للمياه الجوفية. ومما يجدر ذكره أن جزءاً من ماء الهطل الساقط علي شكل ثلج أو ماء يمكن أن يبقى **محصوراً ولفترات طويلة** في مناطق باردة علي سطح الأرض كالمناطق القطبية أو قمم الجبال أو البحيرات, **أو يحصر لفترات قصيرة** في أجسام النباتات والحيوانات.

للمررب بين دورة المياه والعناصر البيوجيوكيميائية في الطبيعة علينا أن نتذكر دور الماء في **نقل وإذابة العناصر وعملية التمثيل الضوئي**.

بهذا نتبين أن دورة المياه تمثل حركة مستمرة للمياه من المحيطات إلى الغلاف الجوى, ومن الغلاف الجوى إلى اليابسة, ومن اليابسة إلى المحيطات. وما التغير المستمر في تضاريس سطح الأرض إلا نتاج لهذه الخطوات.



دورة النيتروجين Nitrogen cycle

تحتاج جميع الكائنات الحية إلى عنصر النيتروجين الذي يدخل في تركيب
الأحماض الأمينية، والبروتينات والمادة الوراثية

مع أن غاز النيتروجين N_2 يشكل 78% من الغلاف الجوي المنتجات
والكائنات الأخرى في النظم البيئية الطبيعية لا تستطيع استخلاصه مباشرة
من الغلاف الجوي والاستفادة منه.

لكن هناك كائنات بوسعها تحويل عنصر النيتروجين من الحالة الغازية
الخاملة N_2 إلى أيونات الأمونيوم NH_4^+ أو النترات NO_3^- وتسمى هذه
العملية تثبيت النيتروجين **NITROGEN FIXATION** ويمكن أن تتم بالطرق
التالية:

أولاً التثبيت الحيوي **BIOLOGICAL FIXATION**:

تعيش بكتيريا **تثبيت النيتروجين (ريزوبيوم Rhizobium)** في عقيدات على جذور البقوليات كالفول والحمص والعدس. وتستطيع البكتيريا العقدية هذه تحويل غاز النيتروجين الجوي إلى أيون **الأمونيوم NH_4^+** ثم تقوم أنواع أخرى بتحويل الأمونيوم إلى **أيونات النتريت NO_2^-** وذلك باتحاد الأمونيا مع الأكسجين.

في النهاية تقوم بكتيريا أخرى بتحويل **النتريت إلى نترات NO_3^-** والنترات هي المادة التي تستطيع النباتات الخضراء امتصاصها بجذورها واستعمالها في بناء مركباتها العضوية النيتروجينية. يمكن تسمية العمليتين الأخيرتين عملية النترجة

نيتروجين جوي ← **تثبيت** ← أمونيوم ← **نترجة** ← نتريت ← **نترجة** ← نترات

ثانياً التثبيت الجوى : ATMOSPHERIC FIXATION

يمكن للطاقة الكبيرة الكامنة في البرق والصواعق أن تقوم بتحويل غاز النيتروجين من الجو إلى غاز ثاني أكسيد النيتروجين NO_2 ثم إلى نترات NO_3^- وبذلك يصل النيتروجين إلى سطح الأرض والترربة مع الأمطار في متناول النباتات الاستفادة منه .

لكن كمية النيتروجين المثبتة بهذه الطريقة قليلة جداً إذا ما قورنت بطريقة التثبيت الحيوي.

ثالثاً التثبيت الاصطناعي INDUSTRIAL FIXATION :

ويتم هذا النوع من التثبيت في مصانع الأسمدة الكيميائية. حيث تنتج صناعياً مركبات الامونيوم أو النترات أو غيرها التي تعتبر المكونات الرئيسية للأسمدة النيتروجينية .

قد تكون الأسمدة نيتروجينية فقط أو نيتروجينية فوسفاتية أو نيتروجينية فوسفاتية بوتاسية. وهذه الأخيرة تضم عناصر الغذاء الرئيسية الثلاثة.

تستعمل كميات كبيرة من الأسمدة خاصة في الزراعة في مثل هذه الحالة فان جزء من السماد النيتروجيني (على شكل نترات مثلاً) يخرج مع مياه الري الزائدة ليصل إلى المياه السطحية أو الجوفية فيلوثها .

تبعاً لخطوات الاسترشادية لمنظمة الصحة العالمية فإن النترات في مياه الشرب يجب أن لا تزيد عن **45 مليغرام / لتر** وقد تصل النترات إلى مصادر المياه من مياه الصرف الصحي (المياه العادمة).

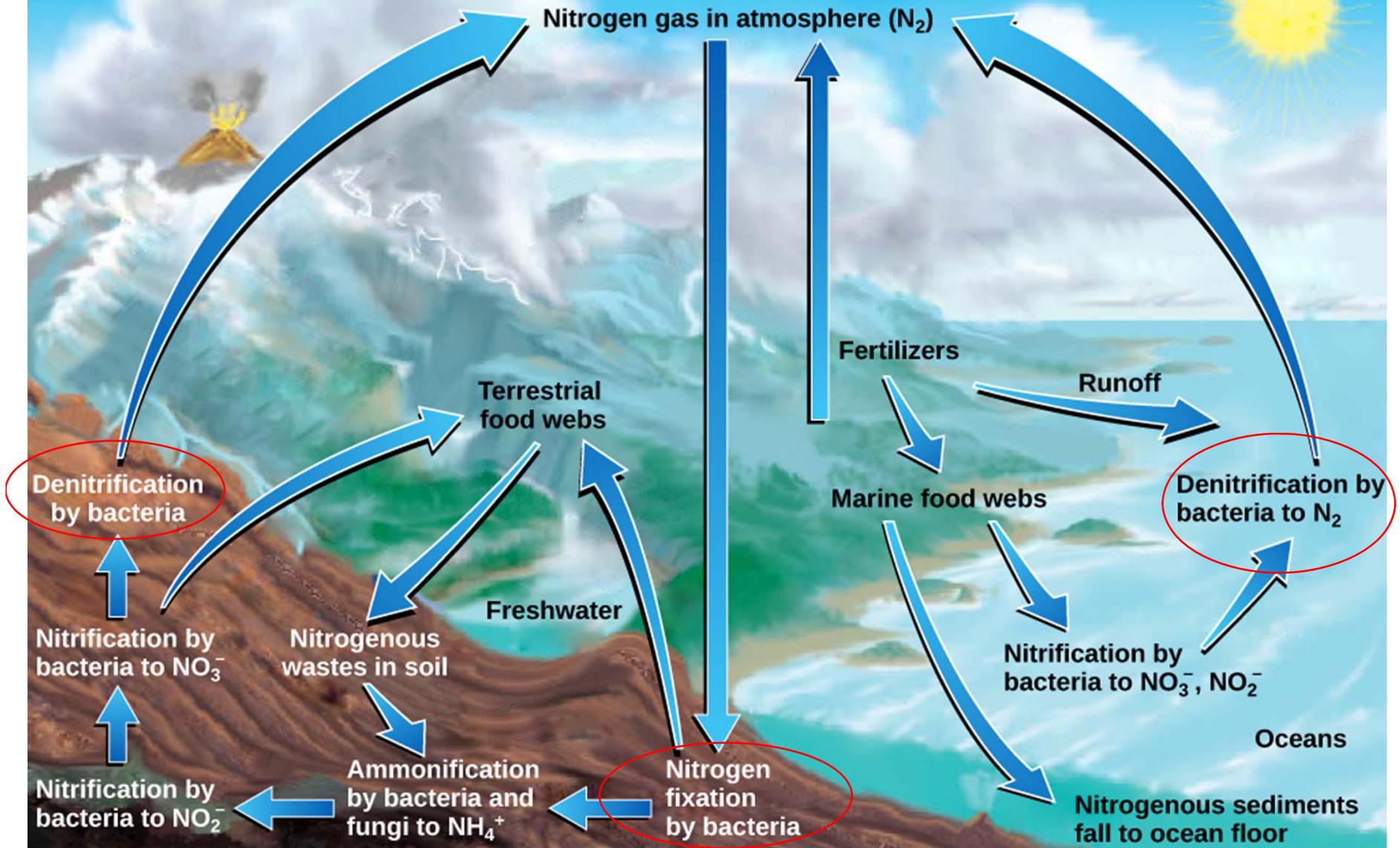
يعد قياس تركيز النترات في المياه أحد الطرق المستعملة في التعرف على تلوث المياه .

بالإضافة إلى صناعة الأسمدة طريقة أخرى من طريق **التثبيت الصناعي القسري** أي غير المرغوب فيها وهي أنه بفعل درجات الحرارة العالية التي تنتج في آلات الاحتراق الداخلي التي تستعمل الوقود الأحفوري يتحد الأكسجين مع النيتروجين لتكوين **أكاسيد النيتروجين** التي تصعد إلى الجو وتسقط على شكل أمطار حمضية على الرغم من تحويل النيتروجين إلى نترات يمكن أن يستفيد منها النبات لكن الأثر البيئي التخريبي للمطر الحمضي أضعاف هذه الفائدة المتواضعة .

ويمكن إغلاق دورة النيتروجين, بإعادة غاز النيتروجين إلى الغلاف الجوى خلال عملية يطلق عليها **الزنترة Denitrifcation**, وتقوم بها أنواع من البكتيريا تعيش في التربة أو مباشرة في مياه البحيرات والبحار والمحيطات.

حيث تقوم باختزال (تحويل) النترات أو النتريت الموجود في التربة أو في المياه إلى النيتروجين الجزيئي (أو غاز النيتروجين) N_2 الذي يتصاعد إلى الغلاف الجوى .

The Nitrogen Cycle



Global Nitrogen Reservoirs

Nitrogen Reservoir	Metric tons nitrogen	Actively cycled
Atmosphere	3.9×10^{15}	No
Ocean → soluble salts	6.9×10^{11}	Yes
Biomass	5.2×10^8	Yes
Land → organic matter	1.1×10^{11}	Slow
→ Biota	2.5×10^{10}	Yes

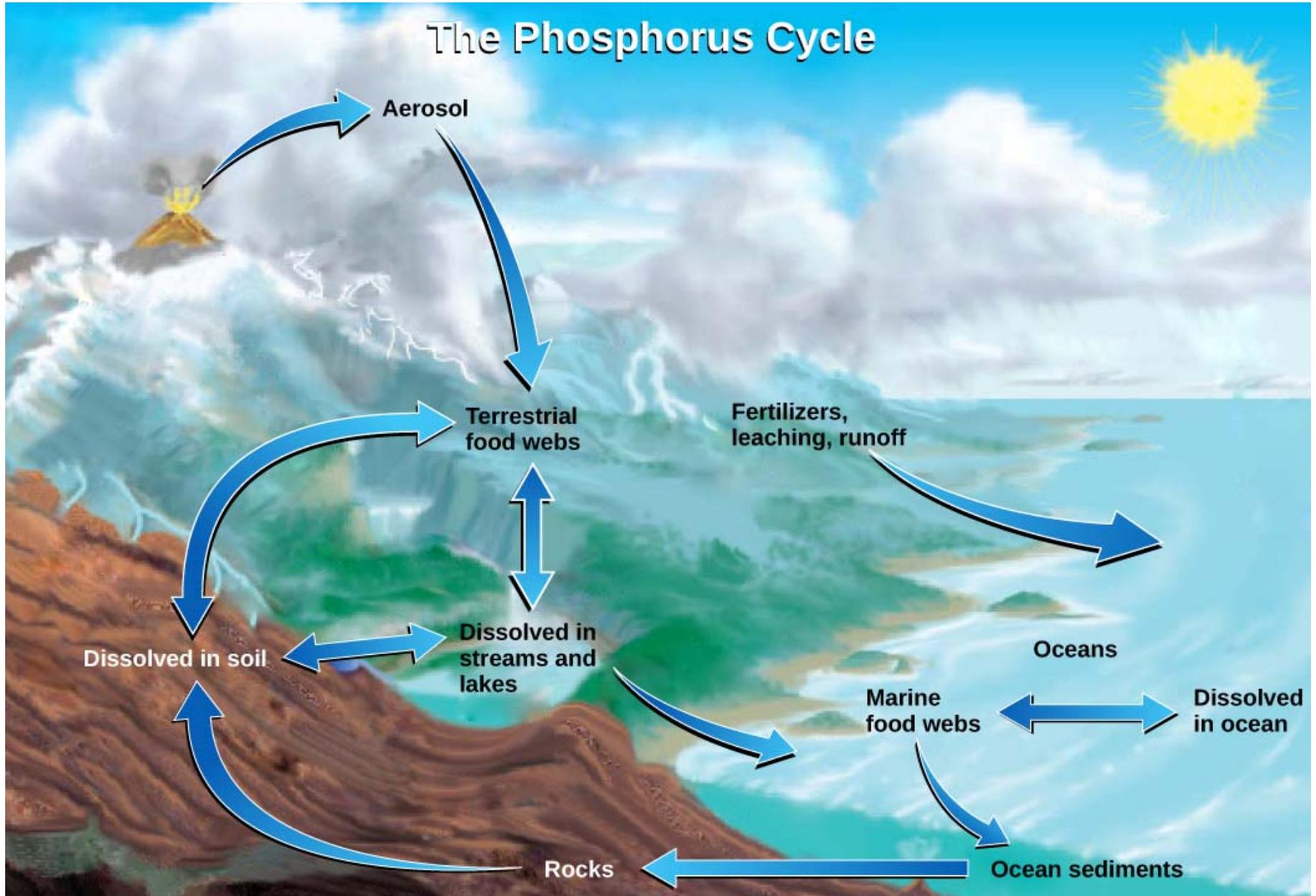
دورة الفوسفور Phosphorus cycle

تختلف دورة الفوسفور في الطبيعة عن دورات الماء والكربون والأكسجين والنيتروجين في كون الغلاف الجوي ليس أحد خزاناتها.

يوجد الفوسفور في القشرة الأرضية كعنصر على شكل **فوسفات** حيث تتحد أربع ذرات من الأوكسجين مع ذرة منه مشكلة أيون الفوسفات الذي يتحد بدوره مع أيون موجب كأيون الكالسيوم مكونا **معدن الابتييت (فوسفات الكالسيوم)** والموجود في كثير من صخور القشرة الأرضية النارية منها والرسوبية.

عندما تتجوى الصخور الحاوية على الفوسفات ينتقل أيون الفوسفات إلى الماء ومن ثم إلى النباتات (المنتجات) عبر التربة. وبعد ذلك إلى الكائنات الحية (المستهلكات) حيث يصبح مكونا رئيسيا من مكونات **أغشية الخلايا, RNA, DNA , ATP**.

The Phosphorus Cycle



دورة الكبريت Sulfur Cycle

تبدأ دورة الكبريت الممثلة بخروج الكبريت من بعض أنواع الصخور التي تحتويه مثل **صخور الجبس** (التي تتكون من معدن الجبس $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) وخام الكبريت الحر **Native Sulfur** خلال عملية التجوية الكيميائية .

ينتقل الكبريت على شكل **كبريتات ذائبة** SO_4^{2-} مع المياه السطحية أو الجوفية الجارية حيث ويصل الجزء الأكبر منه لمياه البحار والمحيطات ، وجزء أقل يصل إلى التربة . وينتهي المطاف بالكبريتات الذائبة في البحار والمحيطات إلى ترسيبها على شكل رسوبيات تتحول مع الزمن الطويل إلى صخور الجبس والانهيدريت . وبذلك تغلق دورة الكبريت .

دورة الكبريت Sulfur Cycle

أما الكبريت الذي يصل إلى التربة فيمكن للنباتات أن تمتصه على شكل **كبريتات ذائبة** حيث يدخل في تركيب موادها العضوية وخاصة البروتينات النباتية.

- ويمكن أن ينتقل هذا الكبريت إلى المستهلكات برتبها المختلفة خلال السلسلة الغذائية وبعد موت المستهلكات والنباتات تقوم المحللات **بتحليل المواد العضوية المحتوية على الكبريت** إما هوائياً أو لاهوائياً ، وتكون النتيجة في كلتا الحالتين عودة الكبريت إلى التربة لتعود فتمتصه نباتات أخرى.

- أو ينتقل خلال غسيل التربة بواسطة مياه الأمطار الراشحة خلالها إلى المياه السطحية الجارية أو المياه الجوفية وهذه بدورها تصل في النهاية إلى البحار والمحيطات لتترسب بعد ذلك وتكون الرسوبيات ومن ثم **الصخور الرسوبية** المحتوية على الكبريت خلال الزمن الجيولوجي الطويل أو يمكن للماد العضوية النباتية المحتوية على الكبريت والمتركمة في بيئي مائية فقيرة بالأكسجين كالمستنقعات أن **تتحلل لاهوائياً** وتتراكم وتتحول مع الزمن الطويل إلى **الفحم الحجري** المحتوي على الكبريت.

يصل الكبريت إلى الغلاف الجوي على شكل عدة أنواع من الغازات ومنها: **ثاني أكسيد الكبريت SO_2 وكبريتيد الهيدروجين H_2S** .

ينتج غاز ثاني أكسيد الكبريت بشكل رئيسي من **حرق الوقود الاحفوري** المحتوي أصلا على الكبريت بإحدى أشكاله ، مثل معدن البايريت FeS_2 أو المواد العضوية المحتوية على الكبريت والموجودة في الفحم الحجري .
وعادة يتفاعل غاز ثاني أكسيد الكبريت في الجو مع الماء ليكون حمض الكبريتيك H_2SO_4 الذي يسهم في تكون المطر الحمضي **Acid Rain** والذي يهطل على سطح الأرض ويسبب العديد من المشكلات البيئية.

يمكن أن ينتج غاز ثاني أكسيد الكبريت من أكسيد الكبريت من مركباته بفعل بكتيريا الكبريت (**Thiobacillus**) ذاتية التغذية الكيميائية .

The Sulfur Cycle

