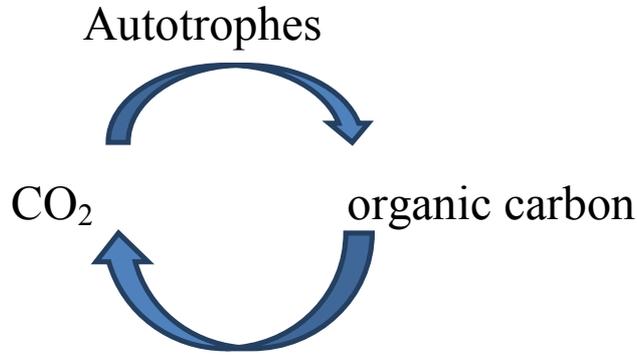


الدورات البايوجيوكيميائية -:Biogeochemical cycles

دورة الكربون -:Carbon cycle



بشكل مبسط تقوم الكائنات ذاتية التغذية ومنها البكتيريا ذاتية التغذية والطحالب بتثبيت الكربون CO₂ إلى الكربون العضوي بينما تستهلك الأحياء المجهرية متباينة التغذية الكربون العضوي أثناء التنفس وتحرر ال CO₂.

مستودعات الكربون -: Carbon Reservoirs

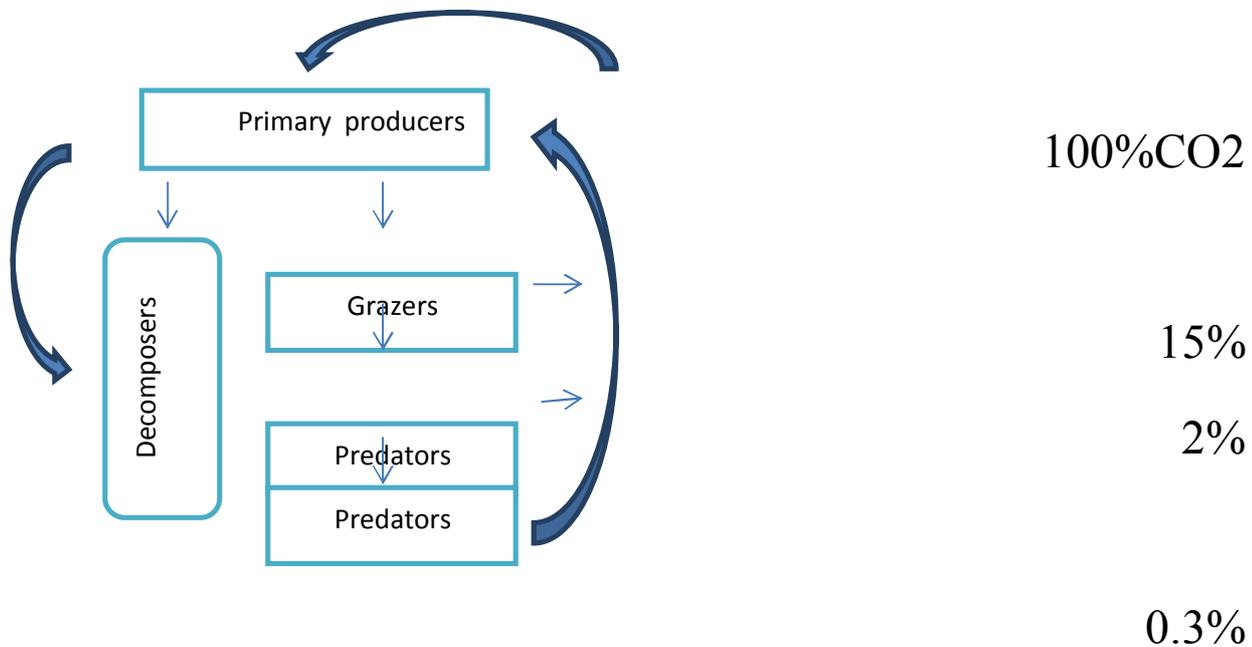
يقصد بمصطلح المستودع بأنه المصدر لأي عنصر مثل الكربون ، هناك مستودعات للكربون هائلة في الحجم وبعضها صغيرة و اكبر مستودع للكربون هو الصخور الكربونية المتواجدة في الترسبات الأرضية ، هذه الترسبات اكبر بأربع مرات من المستودعات الكربونية الموجودة في المحيطات و اكبر بست مرات من المستودع الكربوني الموجود في ثاني اوكسيد الكربون في الجو ، إن الكربون الجوي (CO₂) هو الأهم لان الكائنات تستغله للتركيب الضوئي واستخدام الإنسان للسيئ للطبيعة وتطور الصناعات اثر بشكل كبير على مستودعات الكربون ، مثلا استخدام المتحجرات كوقود أدى إلى اختزال الكربون العضوي وتحرير كميات هائلة من ال CO₂ للجو .

تثبيت الكربون وانتقال الطاقة :Carbon fixation and energy flow

إن القدرة على البناء الضوئي تؤدي إلى احتجاز و تخزين الطاقة الشمسية وأثناء هذه العملية سوف يتم تثبيت ثاني اوكسيد الكربون إلى الشكل العضوي.

تسمى الأحياء القادرة على التركيب الضوئي بـ المنتجات الأولية Primary producers وتشمل النباتات والأحياء المجهرية مثل الطحالب والبكتريا الخضراء المزرققة وبعض أنواع البكتريا .

إن الطاقة المخزونة من ضوء الشمس قليلة جدا لا تتعدى 0.1% و أكثر من 90% من الطاقة تذهب خلال السلسلة الغذائية خلال التنفس وبالرغم من هذه الكمية القليلة إلا أن الكائنات ذات البناء الضوئي (Photoautotrophes) $< 0.1\%$ طاقة في الأرض.



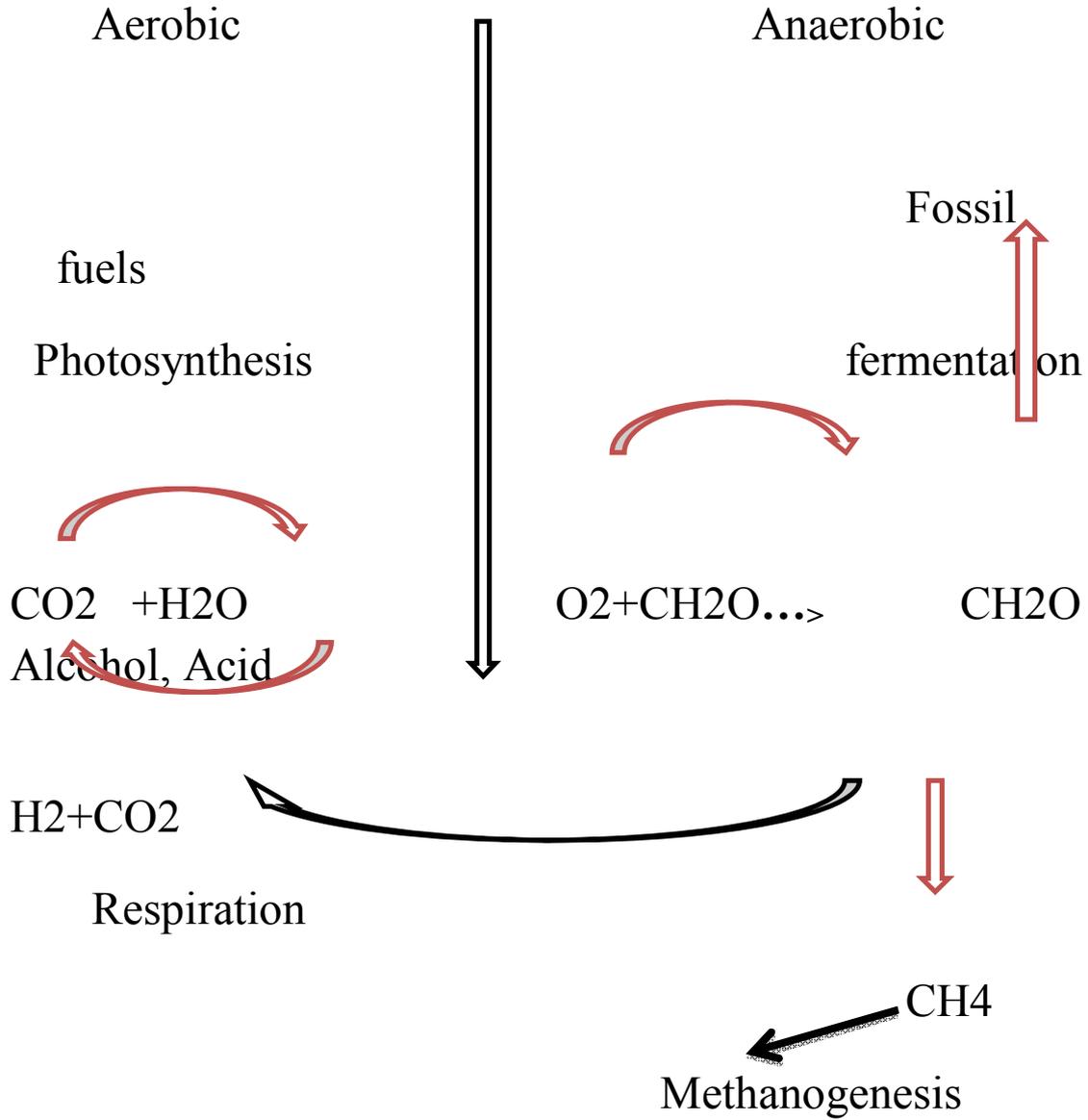
استهلاك الكربون خلال التنفس **Carbon respiration**:

إن ثاني اوكسيد الكربون يثبت إلى مركبات عضوية نتيجة لعمليات التركيب الضوئي والتي تستغلها الكائنات الأخرى مثل الحيوانات والأحياء المجهرية غير ذاتية التغذية وهذا هو الجزء الآخر من دورة الكربون . إن الناتج النهائي لعملية التنفس هو CO_2 وكتلة حية جديدة .

إن أهم المركبات الكربونية الموجودة في الطبيعة والتي تقوم الأحياء المجهرية بتحليلها تشمل :-

- 1- البوليمرات العضوية **Organic polymers**
- 2- مركبات الكربون الاحادية **C1 compounds** مثل الميثان CH_4 و اول اوكسيد الكربون

وفيما يلي مخطط يوضح دورة الكربون ودور الأحياء المجهرية الهوائية واللاهوائية لإتمامها



1- البوليمرات العضوية Organic polymers

إن أنواع الكربون العضوي الموجودة في الطبيعة تشمل البوليمرات النباتية وتلك التي تدخل في تركيب الجدار الخلوي الفطري والبكتيري والبوليمر الذي يبني القشرة الخارجية للحشرات. هذه الأشكال الثلاثة هي الغذاء الرئيسي للأحياء المجهرية مختلفة التغذية **Heterotrophs**. تتمثل

بوليمرات النبات بالسليولوز والهيميسليولوز واللكتين اما بوليمرات الفطريات فتتمثل بالكاييتين واللبكتريا فهي الببتيدوكلايكان .

وهذه البوليمرات تقسم الى مجموعتين رئيسيتين اعتمادا على تركيبها :

أ- البوليمرات الكربوهيدراتية **Carbohydrate polymers** وتشمل:

1- السيليلوز: وهو البوليمر الاكثر انتشارا على الارض وهو عبارة سلسلة خطية من وحدات الكلوكوز وتمتلك البكتريا والفطريات انزيمات خارج خلوية من انزيمات cellulase بحيث تحطم السيليلوز.

2- أشباه السيليلوز : وهو بوليمر اكثر تغايرا من السيليلوز يتألف من سكريات احادية مثل pentose و hexose و uronic acid وان تحطيمه من قبل البكتريا والفطريات مشابه لما يحصل مع السيليلوز.

3- النشا: وهو بوليمر عضوي يتألف من سلسلة من الكلوكوز المرتبطة برابطة وتعمل انزيمات amylase على تحطيمه .

4- الكاييتين

5- الببتيدوكلايكان **Peptidoglycan**:

6- اللكتين: وهو يتألف من وحدتين من الاحماض الامينية الاروماتية ويكون تحطيمها الحيوي اقل سرعة من باقي البوليمرات لانه يتألف من بوليمرات متغايرة اضافة الى احتوائه على أجزاء اروماتية بدل من جزيئات الكربوهيدرات.

ب- مادة الدبال **Humus**

وهي عبارة عن بوليمرات تتكون خلال عمليات تفسخ وتحطم النباتات والحيوانات والاحياء المجهرية . وهو بوليمر كربوني معقد التركيب يتكون خلال مرحلتين ،في المرحلة الأولى تتكون المونوميرات خلال تحطم المواد العضوية ومن ثم يحصل لها بلمرة لتتكون جزيئه **humus**.

2- مركبات الكربون الاحادية C1 compounds مثل الميثان CH₄ و اول اوكسيد الكربون

أ- الميثان

ان الميثان من المركبات التي تحتوي ذرة كربون واحدة C1 compounds . هناك عمليتين مهمتين في تكوين وتكسير الميثان هي:

Methanogenesis -1

ان عملية تكوين الميثان هي عملية ميكروبية ولكن كميات قليلة من الميثان تتكون في البراكين . ان انتاج الميثان يحصل تحت ظروف لاهوائية وفي بيئات خاصة مثل المناطق المشبعة بالماء والبيئات اللاهوائية في التربة وأحشاء المجترات والقناة الهضمية للنمل الأبيض، حيث تقوم الأحياء المجهرية Archae bacteria الميثانوجينية methanogenic bacteria والتي تسمى بتكوين الميثان كما في المعادلة التالية :-



Methane oxidation -2

من الواضح ان الميثان هو ناتج عن التفاعلات اللاهوائية التي تجري في الطبيعة ولكن لا تستطيع كل انواع البكتريا استغلاله كغذاء ما عدا مجموعه من البكتريا تدعى (Methanotrophic bacteria) حيث طورت قدرتها على استغلال الميثان كمصدر للكربون والطاقة وهذه البكتريا ذات تغذية كيميائية متايبنة Chemoheterotroph ولاهوائية اجبارية حيث تستخدم انزيم Methane monooxygenase لاتمام العملية وكما موضح في التفاعل التالي :



Methane
acid

methanol

formaldehyde

formic



ب- أول أوكسيد الكربون Carbon monoxide

البكتريا التي تستطيع استهلاك المركبات أحادية الكربون غير الميثان تسمى **Methylotrophic bacteria** واهم المركبات أحادية الكربون الأخرى هو أول أوكسيد الكربون وهو سام جدا لان له القدرة على الاتحاد مع الأنزيمات التنفسية التي تسمى **Cytochrome** وبذلك تثبط كفاءة سلسلة النقل الالكتروني التنفسي وتتوقف عملية التنفس، من البكتريا التي تستغل أول أوكسيد الكربون هي بكتريا **Pseudomonas carboxydoflava** وهي بكتريا هوائية وتحول أول أوكسيد الكربون إلى ثاني أوكسيد الكربون وكما موضح في المعادلات التالية :-

