

# Interactions entre Atmosphère – Hydrosphère – Lithosphère - Biosphère

La planète Terre et son environnement

- Mettre en évidence les différents réservoirs de carbone.
- Mettre en évidence les échanges existant entre ces réservoirs.

## A. RECHERCHE DES RESERVOIRS DE CARBONE

### 1. Réservoir n° 1

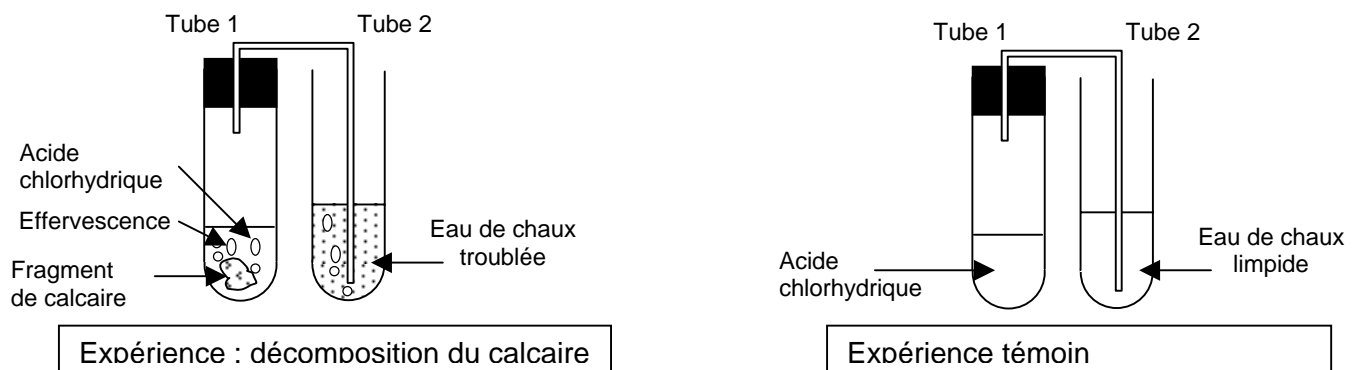
- Où et comment avez-vous mis en évidence la présence de carbone ?  
Le carbone organique a été mis en évidence dans les organes végétaux et animaux. Il y est invisible car il n'est pas le seul élément qui forme les molécules organiques.

Plusieurs réactions chimiques ont permis de le mettre en évidence en cassant les molécules organiques qui le contiennent : carbonisation à la chaleur (les molécules organiques sont sensibles à la chaleur et sont décomposées), réactions chimiques qui ont permis la libération de carbone inorganique dans le  $\text{CO}_2$  dégagé.

- De quel réservoir s'agit-il ?  
Le réservoir de carbone organique est la biosphère.

### 2. Réservoirs – 1<sup>er</sup> exemple d'échanges

Dans un tube à essai placer un petit fragment de calcaire. Ajouter quelques gouttes d'acide chlorhydrique (HCl). ➤ Observer la réaction. Fermer le tube à essai et placer le tube à dégagement dans de l'eau de chaux. Réaliser la même expérience sans calcaire. ➤ Observer, compléter les schémas et interpréter.



- Observations et interprétations

Tube 1 : le calcaire est décomposé par l'acide chlorhydrique (HCl), un gaz se dégage, c'est une effervescence (nous avons appris en classe de 5<sup>e</sup> que ce test permettait au géologue de reconnaître une roche calcaire).

Tube 2 : le gaz qui se dégage trouble l'eau de chaux, c'est du gaz carbonique. L'acide chlorhydrique ne contenant ni l'élément C ni l'élément O, cela implique que le calcaire est constitué de ces deux éléments. Le calcaire est du carbonate de calcium  $\text{CaCO}_3$ . Le trouble observé à la loupe montre qu'il est constitué de grains blancs insolubles en suspension qui se déposent après quelques minutes.

- Quels sont les réservoirs représentés dans cette expérience ?

Le calcaire appartient à la lithosphère. Celle-ci est donc un important réservoir de carbone minéral.

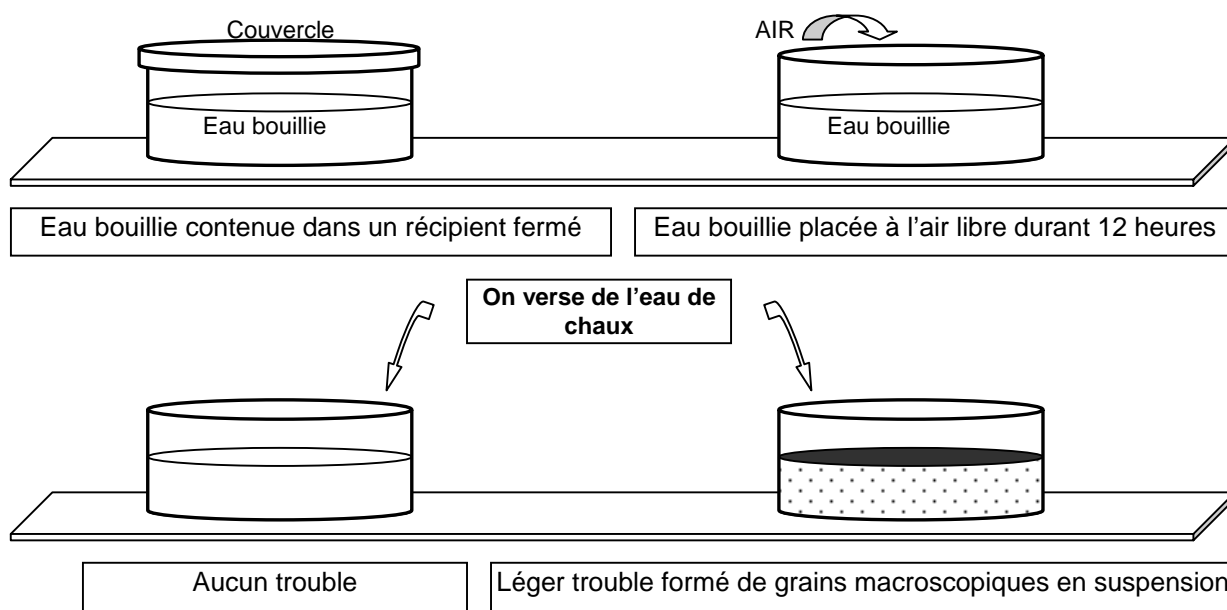
Dans le tube 1 : on remarque que sous l'action d'un acide, le calcaire est décomposé et que du dioxyde de carbone est rejeté dans l'atmosphère. La destruction des calcaires par les acides est une forme d'érosion des calcaires (action des racines, action de l'eau de ruissellement), mais à cela se mêlent des phénomènes de dissolution à ne pas confondre avec la destruction de la molécule.

Dans le tube 2 : le dioxyde de carbone de l'atmosphère peut réagir avec les ions calcium contenus dans l'eau (eau de chaux  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $2\text{OH}^-$ ) pour constituer du carbonate de calcium insoluble en suspension qui peuvent sédimenter et former une boue calcaire au fond des mers, des océans ou des lacs qui, par diagenèse sera à l'origine une roche calcaire.

### 3. Réservoirs – 2<sup>e</sup> exemple d'échanges

On place de l'eau bouillie dans deux récipients de type cristalliseur ou boîte de Pétri. L'un est couvert d'un film étirable, l'autre reste à l'air libre. 12 heures après, on rajoute de l'eau de chaux.

➤ Compléter les schémas, ajouter les légendes et les résultats.



➤ Quels sont les réservoirs de carbone et d'oxygène ainsi mis en évidence ? Pourquoi ?

Le carbone et le dioxygène sont des éléments qui constituent le dioxyde de carbone. Celui-ci était dans l'air (le réservoir est l'atmosphère), on l'a mis en évidence après 12 heures dans l'eau (le réservoir est l'hydrosphère).

➤ A-t-on la preuve que des échanges sont possibles entre deux réservoirs ? Argumenter.

L'eau bouillie a perdu en chauffant tous les gaz dissous (ils s'échappent très vite sous forme de fines bulles lorsqu'on commence à chauffer l'eau et bien avant l'ébullition).

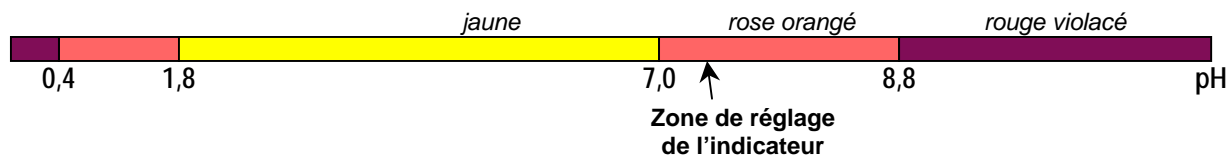
Le dioxyde de carbone mis en évidence après 12 heures dans l'eau préalablement bouillie s'est dissous dans l'eau. Les échanges gazeux entre l'atmosphère et la lithosphère se fait à travers la surface de l'eau (limite air – eau).

Ces échanges dépendent de la surface de contact, de l'agitation des deux fluides au contact, de la capacité de l'eau à dissoudre (température et degré de saturation). Ils se font du milieu le plus riche (ici l'air) vers le milieu le plus pauvre (ici l'eau bouillie).

## B. MISE EN EVIDENCE DES ECHANGES ENTRE LES RESERVOIRS DE CARBONE

### 1. Introduction : les propriétés du Rouge de Crésol.

Le rouge de Crésol est un colorant indicateur de pH. Il change de couleur en fonction du pH du milieu.



## 2. Les échanges liés à des phénomènes purement physiques

• Dans T1 : l'air ambiant. Dans T2 : l'air ambiant + une pastille d'hydroxyde de potassium (KOH) suspendue. Dans T3 : l'air expiré des poumons. Observer les résultats après quelques heures.

➤ Compléter les schémas, ajouter les légendes, les couleurs et les résultats.

➤ Interpréter.

Le rouge de crésol est en solution dans l'eau. Il change de teinte en fonction de la concentration de l'eau en ions  $H_3O^+$ .

Or la concentration en  $H_3O^+$  dépend de la quantité de  $CO_2$  dissous dans l'eau (réaction ci-contre).

Dans le tube 1, l'équilibre préexistant air ambiant – eau est conservé. La teinte du rouge de crésol dans le tube 1 servira de témoin.

Dans le tube 2, la présence de KOH appauvrit l'air situé au-dessus de l'eau dans le tube, en  $CO_2$ .

Comme nous l'avons vu précédemment, l'eau est alors plus riche en  $CO_2$  que l'air, celui-ci passe de l'état dissous dans l'eau à l'état gazeux dans l'air. Et ce, jusqu'à ce que toute trace de  $CO_2$  disparaisse dans l'eau et dans l'air (le pH devient basique par disparition des ions hydrogénécarbonates et hydronium).

Dans le tube 3, l'air est extrêmement enrichi en  $CO_2$ , l'échange se fait dans l'autre sens, l'air étant plus riche en  $CO_2$  que l'eau, le  $CO_2$  passe de l'état gazeux dans l'air, à l'état dissous dans l'eau sous forme d'ions hydrogéné-carbonates (le pH s'acidifie).

➤ Quels échanges venez-vous de mettre en évidence ?

On met ainsi en évidence les échanges qui existent entre l'atmosphère et l'hydrosphère selon une loi qui permet un équilibre de concentration entre les deux milieux.

## 3. Les échanges liés à des phénomènes biologiques

• On place une feuille de plante verte dans les tubes TF2 et TF3. TF2 est placé à la lumière alors que TF3 est placé à l'obscurité. TF1 est présent en double exemplaire, un à la lumière l'autre à l'obscurité.

➤ Compléter les schémas, ajouter les légendes, les couleurs et les résultats.

➤ Utilisez les changements de couleur du Rouge de Crésol pour énoncer ce que prouve cette expérience.

Le tube 1 est le témoin. Il caractérise la concentration de l'air ambiant en  $CO_2$ .

On exploitera les résultats en suivant le raisonnement énoncé ci-dessus.

Dans le tube 2, le changement de couleur du rouge de Crésol indique que l'air ambiant s'est appauvri en  $CO_2$ . La feuille verte est responsable de la consommation de  $CO_2$ .

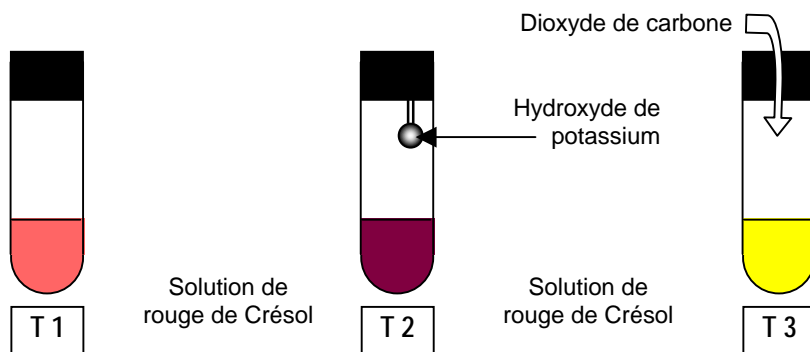
Dans le tube 3, l'air s'est enrichi en  $CO_2$ . La feuille est responsable du rejet de  $CO_2$ .

➤ Quels sont les noms des phénomènes biologiques mis en jeu ? Définir le mode de vie de l'organisme étudié.

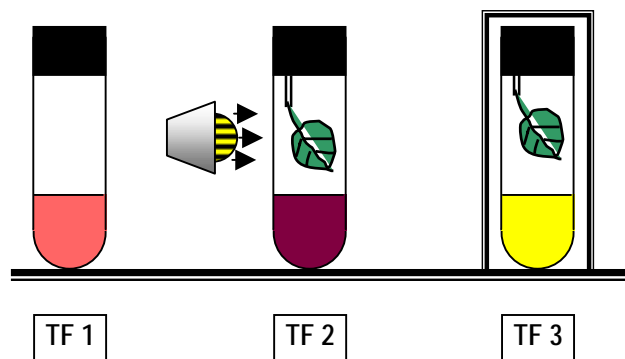
Dans le tube 2 et 3 il y a eu respiration de l'organe végétal. La respiration ne dépend pas de la lumière.

Dans le tube 2, en présence de lumière uniquement, la feuille verte a effectué la photosynthèse. Les échanges gazeux de photosynthèse masquent ceux de la respiration car ils sont plus importants.

La plante verte chlorophyllienne produit par photosynthèse ses propres matières organiques sous forme de glucides. Elle a un mode de vie autotrophe. L'énergie de la lumière est stockée sous forme



Le  $CO_2$  est soluble dans l'eau selon la réaction :  
 $CO_2 + H_2O \leftrightarrow H_2CO_3 \leftrightarrow H_3O^+ + HCO_3^-$   
 $H_2CO_3$  est l'acide carbonique : composé soluble et instable.  
 $H_3O^+$  = ion hydronium -  $HCO_3^-$  = ion hydrogénécarbonate  
 Le KOH piège le dioxyde de carbone.



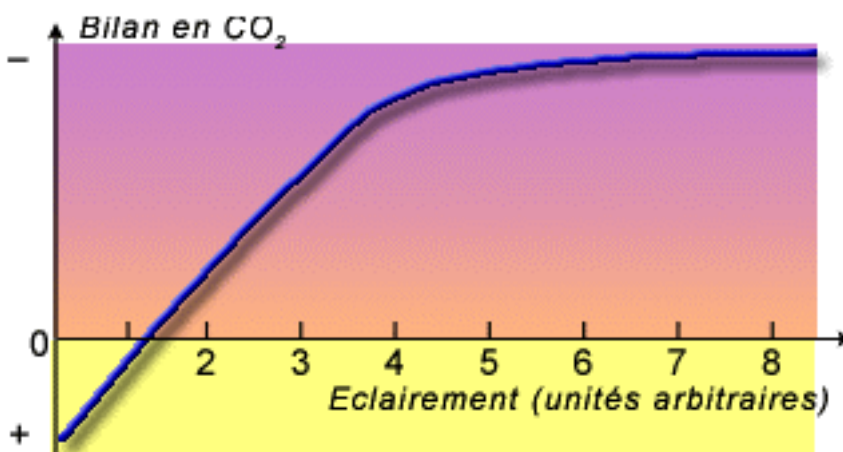
d'énergie de liaison lors de la synthèse de l'amidon. Elle transforme donc le carbone inorganique du  $\text{CO}_2$  en carbone organique dont les atomes sont reliés entre eux par des liaisons énergétiques. Comme beaucoup d'êtres vivants, la plante verte respire (jour et nuit), elle utilise l'énergie de liaison stockée dans les molécules organiques. La respiration casse les liaisons entre carbones organiques sous l'action du dioxygène et dégage du  $\text{CO}_2$  (carbone inorganique).

➤ *Quels sont les réservoirs mis en jeu ?*

Biosphère et atmosphère (ou hydrosphère pour les plantes aquatiques) sont les deux réservoirs entre lesquels se produisent les échanges. Ces échanges s'accompagnent, dans le cas de la photosynthèse, d'une transformation du carbone inorganique en carbone organique et dans le cas de la respiration d'une transformation inverse.

• *On fait varier l'intensité de l'éclairement et l'on dose précisément la teneur en  $\text{CO}_2$ . On obtient le graphique ci-contre.*

La partie de la courbe dans le jaune correspond à une intensité respiratoire supérieure à l'intensité photosynthétique. Lorsque l'éclairement devient suffisant, les échanges gazeux photosynthétiques sont plus élevés que les échanges gazeux respiratoires. La quantité de  $\text{CO}_2$  consommé par le végétal est supérieure à la quantité dégagee par la respiration.



• *On place un champignon dans les tubes TC2 et TC3. TC2 est placé à la lumière alors que TC3 est placé à l'obscurité. TC1 est présent en double exemplaire, un à la lumière l'autre à l'obscurité.*

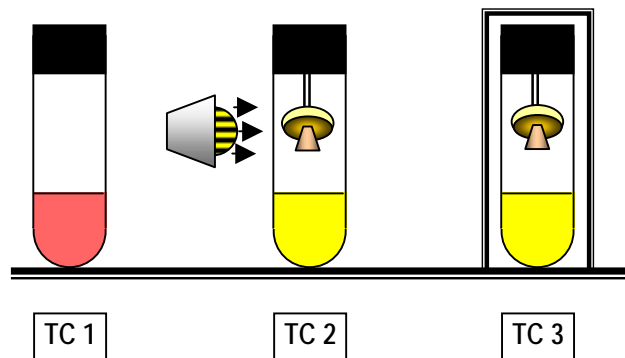
➤ *Compléter les schémas, ajouter les légendes, les couleurs et les résultats.*

➤ *Utilisez les changements de couleur du Rouge de Crésol pour énoncer ce que prouve cette expérience.*

Le tube 1 est le témoin. Il caractérise la concentration de l'air ambiant en  $\text{CO}_2$ .

On exploitera les résultats en suivant le raisonnement énoncé ci-dessus.

Dans les tubes 2 et 3, le changement de couleur du rouge de Crésol indique que l'air ambiant s'est enrichi en  $\text{CO}_2$ . Le champignon est responsable du rejet de  $\text{CO}_2$ .



➤ *Quel est le nom du phénomène biologique mis en jeu ? Définir le mode de vie.*

Le champignon respire. IL détruit les molécules

organiques sous l'action du dioxygène pour en tirer de l'énergie et libère du carbone inorganique sous forme de  $\text{CO}_2$ . Contrairement aux plantes vertes chlorophylliennes, le champignon ne peut faire de photosynthèse, il ne synthétise pas lui-même ses propres matières organiques qu'il puise du sol : il a un mode de vie hétérotrophe.

➤ *Quels sont les réservoirs concernés ?*

La biosphère échange avec l'atmosphère (ou l'hydrosphère pour les êtres vivants aquatiques). La respiration transforme le carbone organique en carbone inorganique (minéral).

➤ *Cochez dans la liste suivante les affirmations exactes :*

- Les plantes vertes ne respirent pas.
- Les végétaux chlorophylliens stockent le carbone.
- Seuls les végétaux non-chlorophylliens respirent.
- Les plantes vertes consomment du dioxyde de carbone à la lumière.
- Le bilan  $\text{CO}_2$  consommé -  $\text{CO}_2$  produit est positif le jour pour les plantes vertes.
- Les plantes vertes ne respirent que la nuit.

#### 4. Les échanges liés à des phénomènes physico-chimiques

• Dans un premier temps. Souffler au-dessus d'un erlenmeyer rempli à moitié d'eau et agiter doucement. Ajouter l'eau de chaux.

➤ Interpréter le résultat observé.

L'ajout d'eau de chaux se traduit par la formation d'un trouble formé de grains de carbonate de calcium  $\text{CaCO}_3$  insolubles, en suspension, qui sédimentent. Le dioxyde de carbone (environ 5% de l'air expiré) étant en concentration plus importante dans l'air que dans l'eau, s'est dissous dans l'eau. Il a réagi avec l'eau de chaux.

Vous venez de fabriquer une suspension de calcaire.  
La réaction simplifiée suivante a eu lieu :  $\text{CO}_2 + \text{Ca(OH)}_2 \rightarrow \text{CaCO}_3$

➤ Quel est le résultat formé lors de la précipitation ? Quelles sont les enveloppes mises en jeu alors ?

Une boue calcaire se dépose. Ce phénomène s'observe dans les milieux riches en phytoplancton consommateurs de  $\text{CO}_2$  donc en surface dans les mers peu profondes. Successivement les enveloppes mises en jeu sont la biosphère (respiration d'un humain), l'atmosphère, l'hydrosphère et la lithosphère avec formation d'un sédiment calcaire.

• Dans un second temps. Dans l'erlenmeyer contenant la suspension de calcaire, ajouter de l'eau gazeuse (le gaz qui est mis sous pression dans l'eau de boisson est le  $\text{CO}_2$ )

➤ Interpréter le résultat observé.

On observe une disparition des particules de carbonate de calcium en suspension ou remises en suspension en agitant.

L'augmentation de concentration du  $\text{CO}_2$  dissous dans l'eau favorise la formation de l'ion hydrogéno-carbonate (soluble) au détriment du carbonate de calcium très peu soluble car peu ionisable.

Ce phénomène se produit principalement en grande profondeur dans les océans, du fait de l'absence de lumière donc de photosynthèse, du rejet de  $\text{CO}_2$  par la respiration animale, de la capacité à mieux dissoudre le  $\text{CO}_2$  par une diminution de la température de l'eau.

À noter que la réaction se fera en sens inverse si la concentration en  $\text{CO}_2$  dissous diminue.

Voici l'équation bilan simplifiée :  
 $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{CaCO}_3 \rightarrow 2 \text{HCO}_3^- + \text{Ca}^{2+}$

➤ Quels sont les réservoirs mis en jeu par ces échanges ?

Il existe des échanges réversibles entre la lithosphère et l'hydrosphère. Cela se traduit en milieu océanique par des changements d'état en équilibre entre carbone inorganique dissous dans l'eau des océans et celui à l'état solide les boues sédimentaires.

#### 5. Des documents en complément

➤ Soulignez, dans les quatre documents a à d, en rouge la molécule carbone organique et en vert la molécule de carbone minéral.

Document a : Photosynthèse, chimiosynthèse	Document b : Fossilisation
Elles caractérisent l'aptitude des êtres vivants autotrophes vis-à-vis du carbone à fabriquer des <b>molécules organiques</b> à partir du <b>dioxyde de carbone</b> de l'air ou des $\text{HCO}_3^-$ de l'eau. L'énergie nécessaire à ces synthèses est récupérée à partir de l'énergie lumineuse (photosynthèse) ou de l'énergie libérée par des réactions chimiques (= chimiosynthèse).	La fossilisation, au cours des temps géologiques, a conduit à une immobilisation importante du carbone : <ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>30 \cdot 10^{15}</math> tonnes de carbone sous forme de <b>calcaires</b> résultant de l'accumulation de coquilles construites à partir des <math>\text{HCO}_3^-</math> et du <math>\text{Ca}^{2+}</math> dissous dans l'eau.</li> <li>• <math>7.5 \cdot 10^{12}</math> tonnes de carbone sous forme de <b>charbon et pétrole</b> résultant de l'accumulation de <b>matière organique partiellement décomposée.</b></li> </ul>
Document c : Exploitation par l'homme	Document d : Respiration, fermentation
Chaque année, l'homme brûle $5 \cdot 10^9$ tonnes de <b>carbone</b> sous forme de <b>charbon</b> et <b>pétrole</b> et $2 \cdot 10^7$ tonnes de carbone sous forme de <b>calcaire</b> , contribuant ainsi à l'enrichissement de l'atmosphère en <b><math>\text{CO}_2</math></b> .	Lors de la respiration, les <b>molécules organiques</b> sont totalement oxydées en <b><math>\text{CO}_2</math></b> . Elles ne le sont que partiellement lors de certaines fermentations. Les êtres vivants récupèrent ainsi l'énergie nécessaire à leur fonctionnement.

### C. BILAN : LE CYCLE DU CARBONE.

Les échanges entre les différents réservoirs de carbone sont réalisés sous la forme de dioxyde de carbone par l'intermédiaire de :

1. phénomènes physico-chimiques entre l'atmosphère, la lithosphère et l'hydrosphère : précipitation, dissolution, diffusion, dégazage...
2. phénomènes biologiques qui font aussi intervenir la biosphère : respiration, photosynthèse, fermentation...

Le cycle du carbone donne un aperçu du cycle du dioxyde de carbone et des mécanismes qui régulent la  $[CO_2]_{\text{atmosphérique}}$ .

La relative stabilité de cette concentration est importante car d'elle dépend en partie l'effet de serre. Elle varie en fonction de la capacité des réservoirs à stocker le dioxyde de carbone.

➤ Construire un schéma de synthèse dont voici la liste des légendes :

Atmosphère ; Autotrophes (vis-à-vis du carbone) ; Biosphère - Hydrosphère ; Calcaires ( $CaCO_3$ ) ;  $CO_2$  ;  $HCO_3^-$  ; Eruptions volcaniques ; Exploitation par l'homme ; Fossilisation ; Matière organique ; Hétérotrophes (vis-à-vis du carbone) ; Lithosphère ; Pétrole ; Charbon ; Photosynthèse ; Chimiosynthèse ; Respiration. Fermentations.

#### SCHÉMA SIMPLIFIÉ DU CYCLE DU CARBONE

