

Chapitre III

Structure et fonctionnement des écosystèmes

3.1.3. Détritivores et décomposeurs

Les décomposeurs sont les différents organismes et microorganismes qui s'attaquent aux cadavres et aux excréta et les décomposent peu à peu en assurant le retour progressif au monde minéral des éléments contenus dans la matière organique.

Saprophyte : Organisme végétal se nourrissant de matières organiques en cours de décomposition.



Exemple: Champignons.

Saprophage : Organisme animal qui se nourrit de matières organiques en cours de décomposition.



Exemple : Cloportes qui trouvent leur nourriture sous les écorces pourries.

Détritivore : Ils représentent l'ensemble des individus qui se nourrissent de détritux animaux ou végétaux.

Exemple : Protozoaires, lombrics, nématodes.



Coprophage : Animal qui se nourrit d'excréments.

Exemple : Bousier.



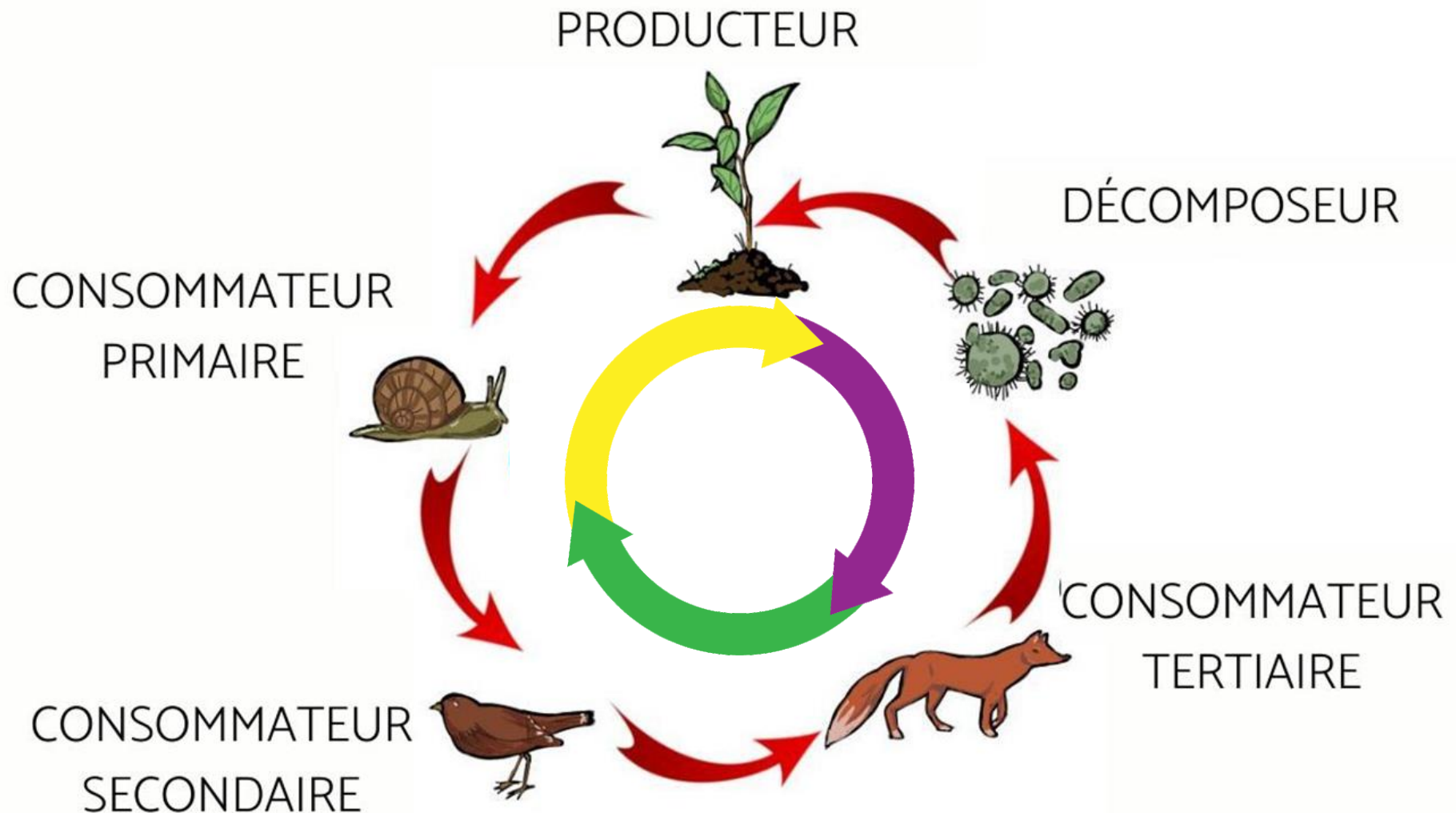
Géophages : Ce sont les animaux du sol qui assurent un rôle primordial dans l'humification.

Ex. : Vers de terre qui « mangent leur chemin en avançant ». Ainsi, ils digèrent les fragments de matière végétale enfouis ou tombé sur le sol



Producteurs primaires, consommateurs et décomposeurs sont liés par une chaîne alimentaire. Le caractère cyclique de la chaîne est assuré par les décomposeurs.

CHAÎNE TROPHIQUE

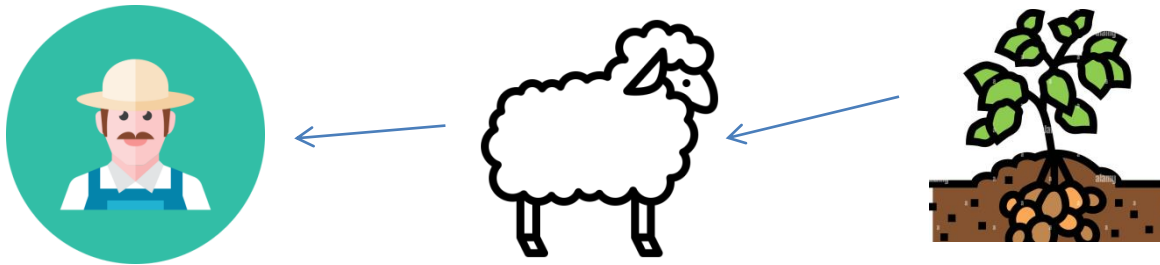


3.2. Principaux types de chaînes alimentaires

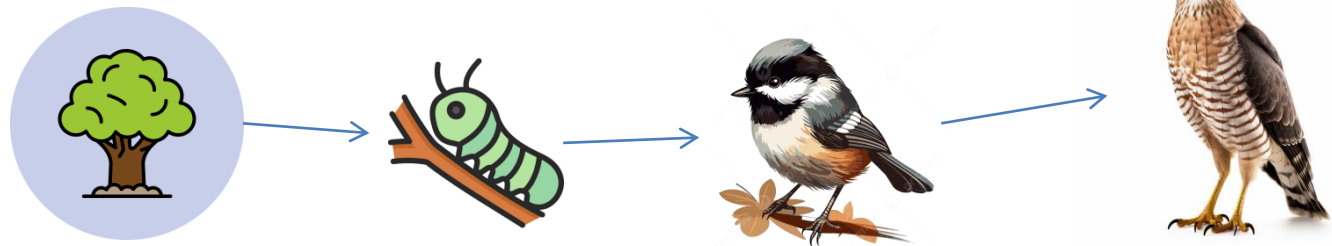
On distingue souvent trois types de chaînes trophiques

Chaînes alimentaires de prédateurs (De consommateurs) : Celles-ci partant d'un végétal, passent de petits organismes à des organismes de taille de plus en plus grande.

Ex. : Végétal (Producteur)/Mouton (Herbivore)/Homme (Carnivore).



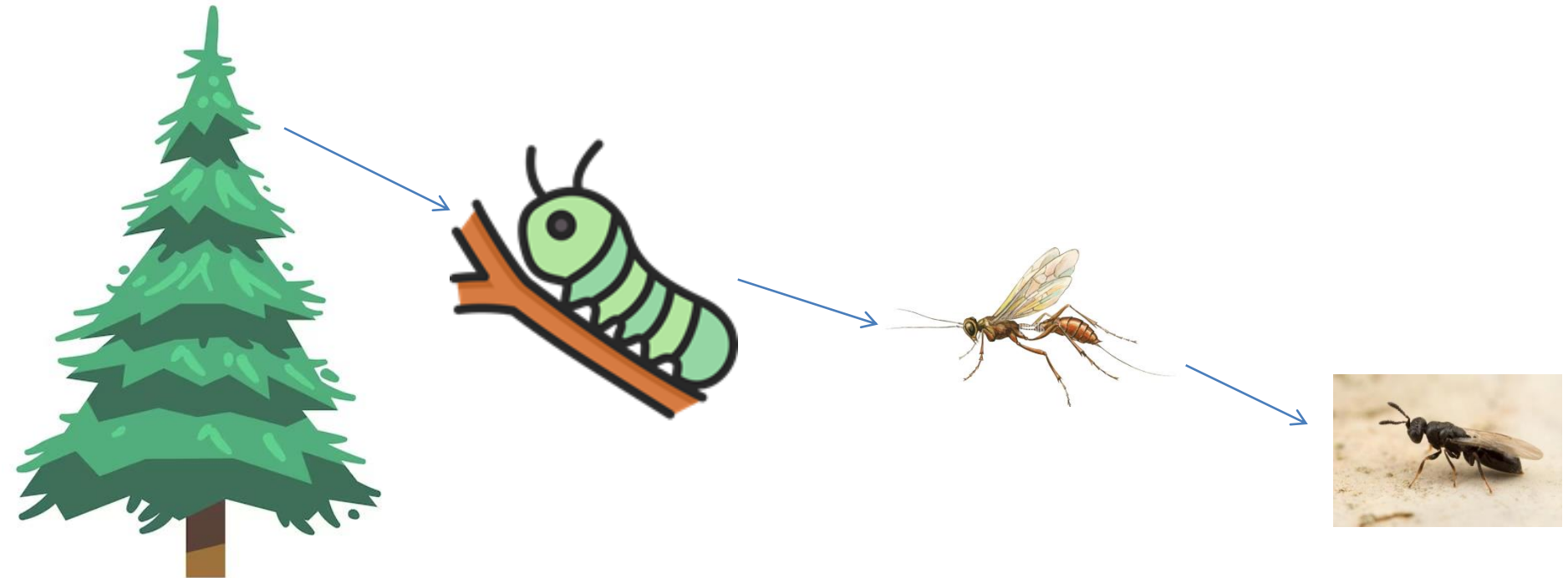
Ex.: Chêne (Producteur)/Chenille (Herbivore)/Mésange (Carnivore 1)/
Epervier (Carnivore 2).



En milieu aquatique, les chaînes trophiques des prédateurs sont toujours plus longues que dans le milieu terrestre.

Chaînes alimentaires de parasites : Ces dernières procèdent, à l'opposé des précédentes, d'organismes de grande taille vers des organismes de petite taille. Dans certains cas, plusieurs individus peuvent évoluer chacune à l'intérieur du corps de l'autre, le premier étant l'hôte du second et ainsi de suite.

Ex.: Sapin (Producteur)/Chenille(Herbivore)/Braconide(Parasite)/Chalcidien (Hyperparasite).



Chaînes alimentaires saprophytiques : (détritivores)

Dans ce type de chaîne, la circulation de matière est à prédominance détritique. Les organismes qui constituent de telles chaînes sont dénommés des détritivores. On distingue parmi ces derniers des **saprophages** qui se nourrissent de matière organique en voie de putréfaction, des **coprophages** qui consomment les excréments des animaux, des **nécrophages** qui s'alimentent de cadavres et des **géophages** qui consomment de la litière en voie d'humification



Ex. : Litière (Matière organique morte)/Vers de terre (Détritivore)/Bactérie (Décomposeur).

3.3 Représentation graphique des chaînes trophiques

La schématisation de la structure des biocénoses est généralement conçue à l'aide de pyramides écologiques, qui correspondent à la superposition de rectangles horizontaux de même hauteur, mais de longueurs proportionnelles au nombre d'individus, à la biomasse ou à la quantité d'énergie présentes dans chaque niveau trophique. On parle alors de pyramide des nombres, des biomasses ou des énergies .

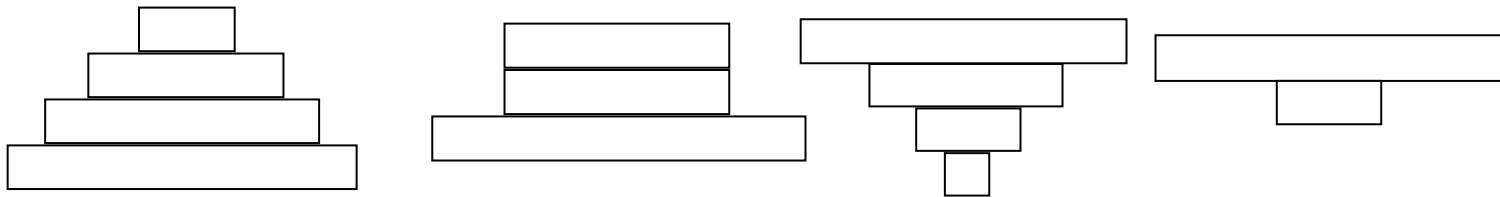


Figure 02 : *Diverse schématisation des pyramides écologiques.*

4.4 Flux d'énergie au niveau de la biosphère

Le transfert de l'énergie à travers un réseau trophique s'effectue toujours avec d'énormes pertes lorsque l'on passe d'un niveau de production au suivant.

Ainsi, dans chaque maillon le flux correspond à la quantité d'énergie assimilée par les êtres qui le composent. Il tient compte non seulement de l'énergie fixée dans la matière organique vivante, mais aussi des pertes cataboliques qui ont permis cette fixation.



- **Flux au niveau des producteurs primaires (P1)**

-Une partie de la lumière solaire absorbée par le végétal est dissipée sous forme de chaleur.

-Le reste est utilisé pour la synthèse de substances organiques (Photosynthèse) et correspond à **la Productivité primaire Brute (PB)**.

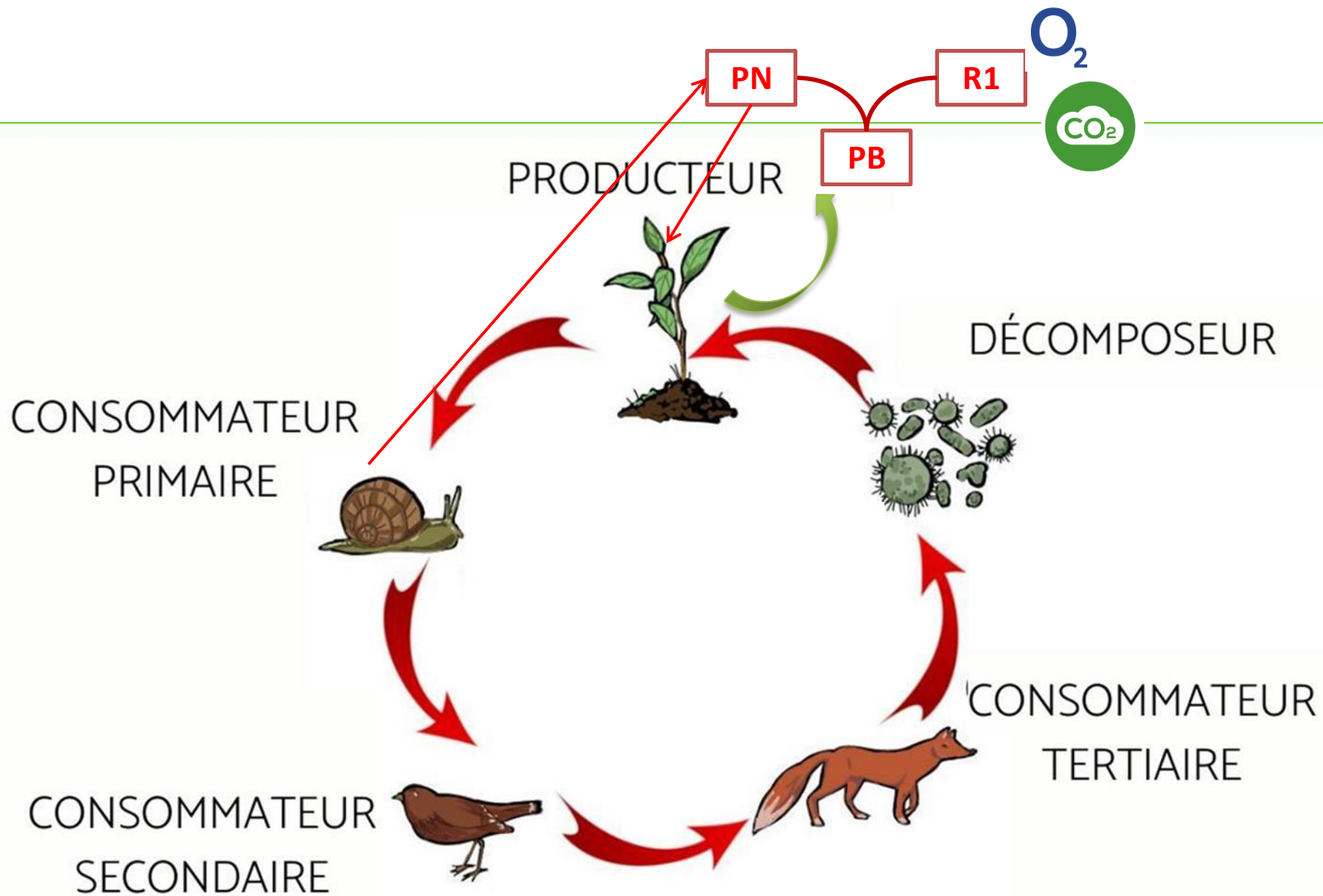
Productivité brute (PB): Quantité de matière vivante produite pendant une unité de temps, par un niveau trophique donné.

→ -Une partie de **(PB)** est perdue pour la Respiration **(R1)**.

→ -Le reste constitue la Productivité primaire Nette **(PN)**. Nous pouvons donc écrire : **$PB=PN+R1$**

→ -Une partie de **(PN)** sert à l'augmentation de la biomasse végétale.

→ -Le reste de **(PN)** est utilisé par le niveau trophique suivant.



- **Flux au niveau des consommateurs herbivores (C1)**

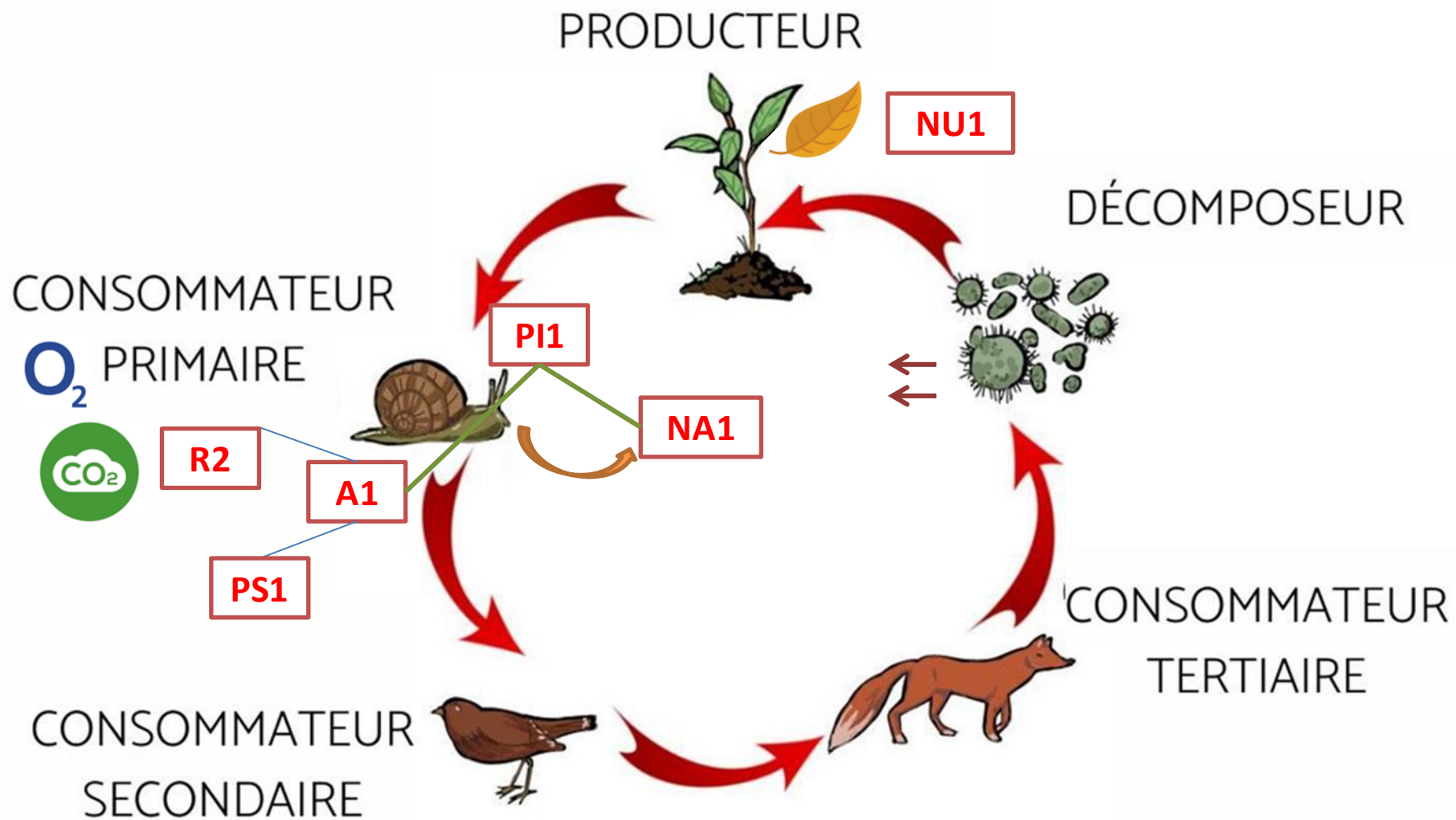
-Une partie seulement de la production végétale est ingérée par les herbivores qu'on appellera **Partie Ingérée (PI1)**.

-Tout le reste est mis à la disposition des détritivores et décomposeurs à la mort des végétaux. Comme il n'est pas utilisé par les herbivores nous le nommerons **(NU1)**.

-La quantité d'énergie ingérée (**Partie Ingérée**) **(PI1)** correspond à ce qui est réellement utilisé ou Assimilé **(A1)** par l'herbivore (Par digestion), plus ce qui est rejeté (Non Assimilée) **(NA1)** sous forme d'excréments et de déchets:

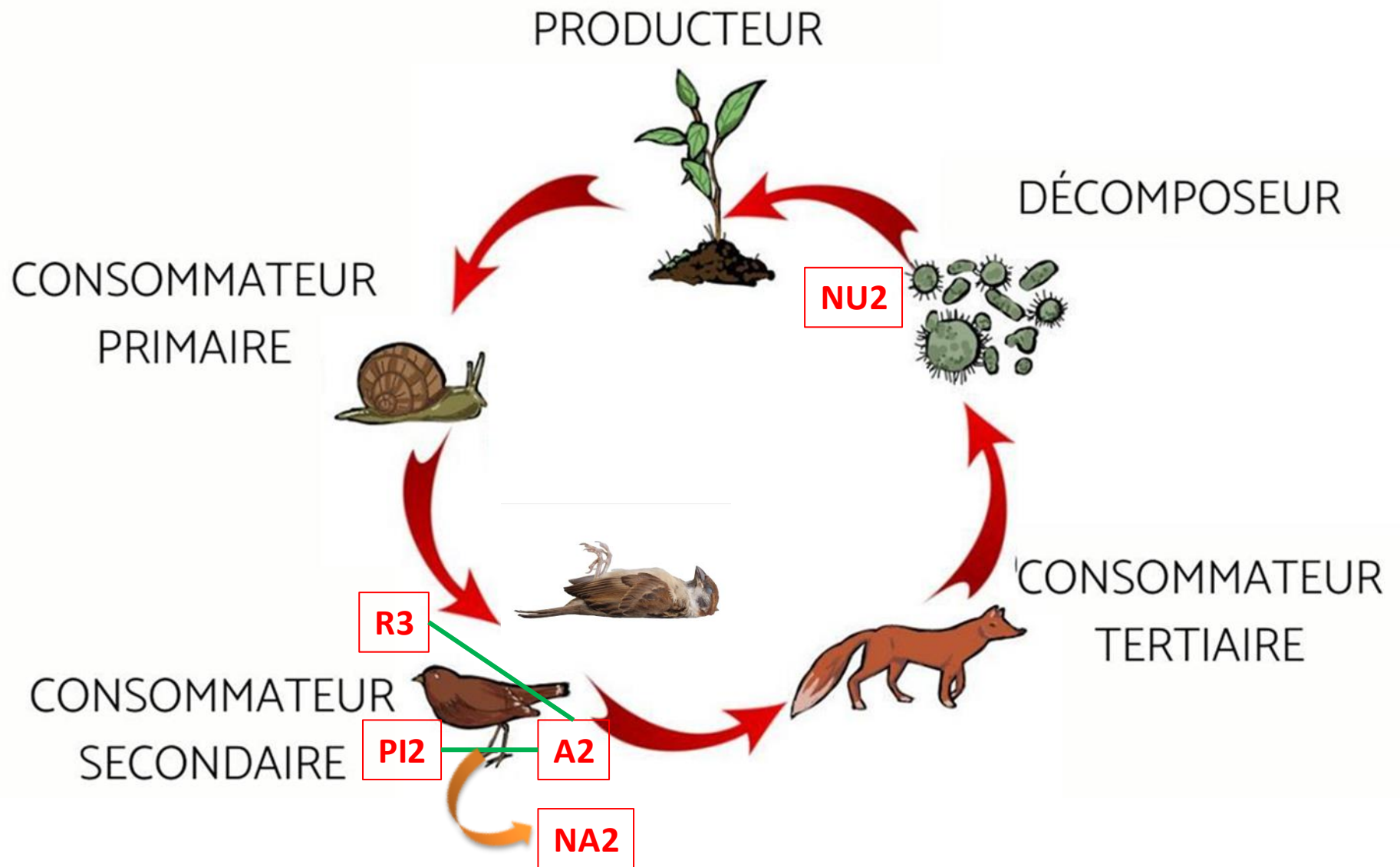
$$\mathbf{PI1 = A1 + NA1}$$

-La fraction assimilée **(A1)** sert d'une part à la **Productivité Secondaire (PS1)** et d'autre part aux dépenses Respiratoires **(R2) : $A1 = PS1 + R2$**



Flux au niveau des consommateurs carnivores (C2)

- Une partie seulement de l'énergie fixée par les consommateurs primaires sera ensuite utilisée pour le fonctionnement des organismes carnivores ou consommateurs secondaires. Nous l'appellerons **(PI2)**.
- Bon nombre de proies mourront de vieillesse et leurs cadavres seront livrés au bon vouloir des décomposeurs **(NU2)**.
- Une partie seulement de la biomasse consommée sera assimilée, soit **(A2)**.
- Tout ce qui sera éliminé par les fèces et les sécrétions diverses correspondra à **(NA2)**.
- Comme dans le niveau précédent, une bonne partie de l'énergie fixée par la digestion va servir au métabolisme des carnivores et sera éliminée sous forme de pertes respiratoires **(R3)**.
- Si **(PS2)** représente l'énergie gagnée qui s'ajoute à celle de la biomasse existante, le flux au niveau des carnivores est alors le suivant : **$A2 = PS2 + R3$** .



- Le processus se poursuit de la même manière si la chaîne trophique s'allonge à des niveaux de supracarnivores. Au vu des énormes pertes qui apparaissent à chaque niveau trophique, il est clair que les réseaux alimentaires sont toujours courts.

- Quant aux détritivores et aux décomposeurs, ils interviennent également dans le flux d'énergie qui traverse l'écosystème. Ce sont eux qui récupèrent l'énergie stockée dans tout ce qui n'est pas utilisé (**NU1, NU2, NU3,...**).

Ils en tirent tout ce qui est nécessaire à leur métabolisme et à l'accroissement de leur biomasse, et comme les autres consommateurs, perdent de l'énergie par le catabolisme respiratoire ou les fermentations

Plus on s'éloigne du producteur primaire, plus la production de matière vivante est faible

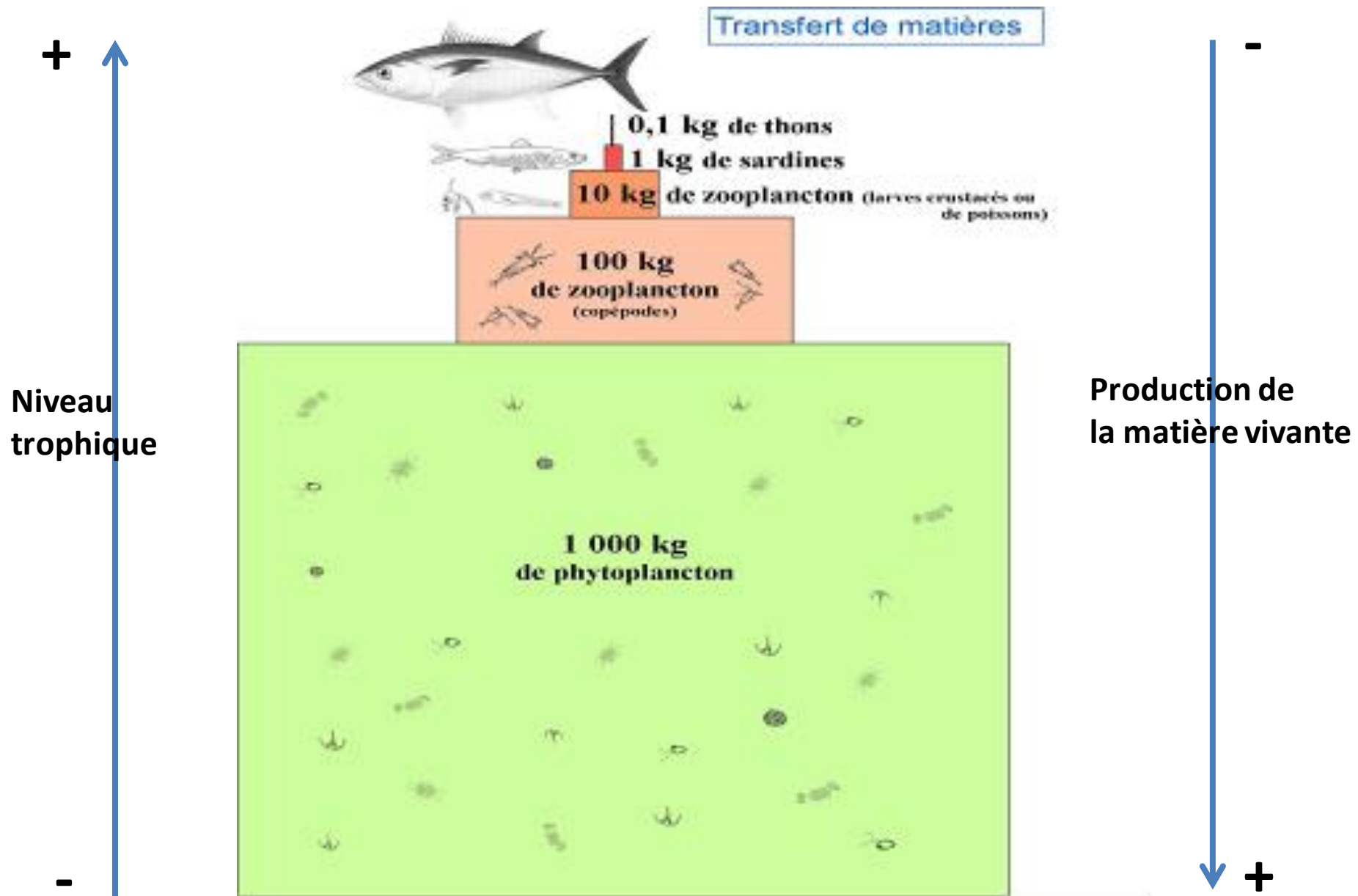


Figure 03 : Biomasse des différents niveaux d'une chaîne alimentaire : le passage d'un niveau alimentaire à un autre entraîne une perte de matière considérable.

4.3. Les rendements

A chaque étape du flux, de l'organisme mangé à l'organisme mangeur et à l'intérieur de chacun d'eux, de l'énergie est perdue. On peut donc caractériser les divers organismes du point de vue bioénergétique, par leur aptitude à diminuer ces pertes d'énergie. Cette aptitude est évaluée par les calculs de rendements :

Rendement écologique : C'est le rapport de la production nette du niveau trophique de rang (n) à la production nette du niveau trophique de rang (n-1) : $(PS1/PN \times 100)$ ou $(PS2/PS1 \times 100)$.

Rendement d'exploitation : C'est le rapport de l'énergie ingérée (PI) à l'énergie disponible. C'est la production nette de la proie : $(PI1/PN \times 100)$ ou $(PI2/PS1 \times 100)$.

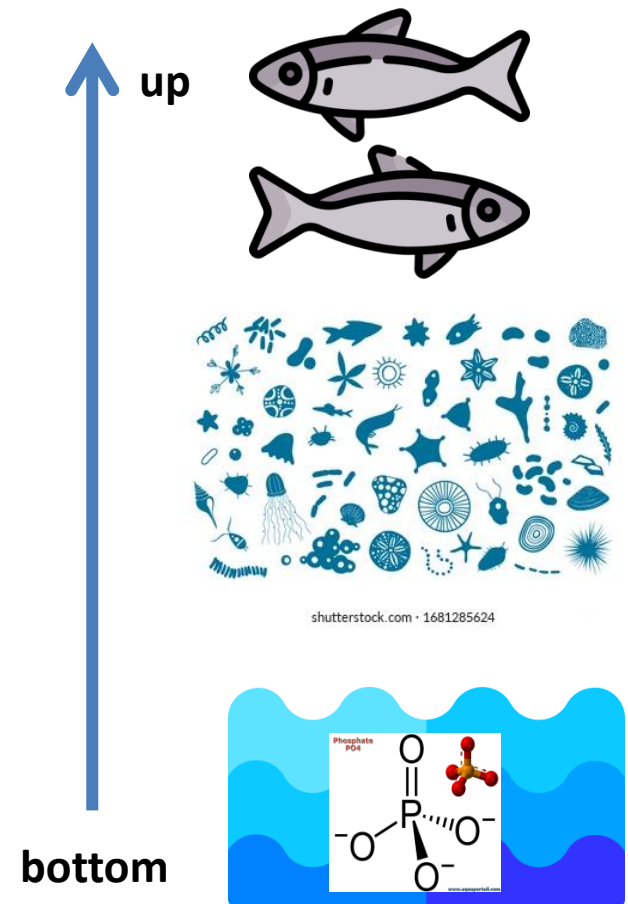
Rendement de production nette : Qui est le rapport de la production nette à l'énergie assimilée :

$(PS2/A2 \times 100)$ ou $(PS1/A1 \times 100)$. Ce rendement intéresse les éleveurs, car il exprime la possibilité pour une espèce de former la plus grande quantité possible de viande à partir d'une quantité donnée d'aliments.

4.4. Stabilité des écosystèmes

Les ressources disponibles, régulées par les facteurs physico-chimiques du milieu, contrôlent les chaînes trophiques depuis les producteurs jusqu'aux prédateurs. C'est la théorie du contrôle des communautés par les ressources (éléments nutritifs), ou **contrôle bottom-up** (du bas vers le haut).

Exemple : La relation existante entre la teneur en phosphates des océans + la quantité des planctons + taille des poissons qui s'en nourrissent.

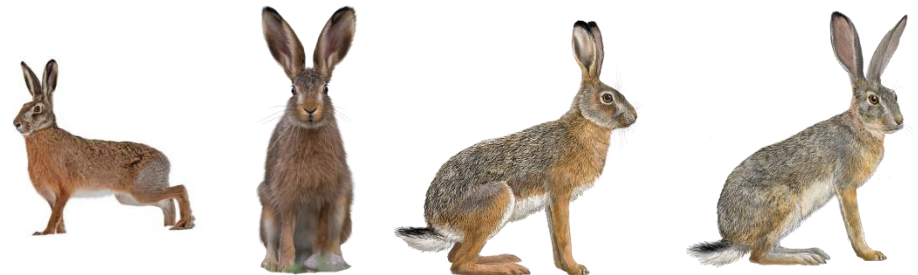
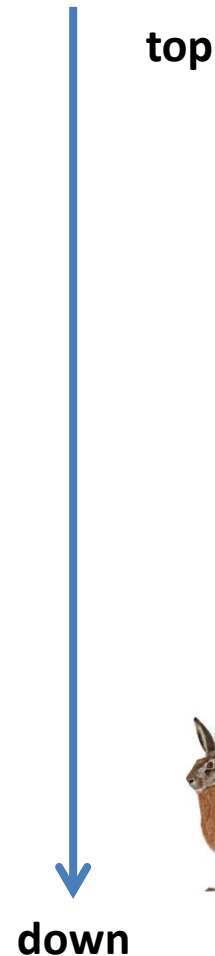


4.4. Stabilité des écosystèmes

A l'inverse, le fonctionnement d'un écosystème dépend de la prédation exercée par les niveaux trophiques supérieurs sur les niveaux trophiques inférieurs.

C'est le contrôle top-down.

Exemple : Effet régulateur d'une population de carnivores (loups) sur une population de proies (lièvres).



Les deux contrôles interviennent simultanément dans les écosystèmes et peuvent être complémentaires. Les modifications par l'homme d'un niveau trophique peuvent amplifier l'un ou l'autre des deux contrôles et entraîner une instabilité de l'écosystème.

Exemples :

- Augmentation des ressources en éléments nutritifs (amplification du contrôle bottom-up). Cas de la pollution organique des eaux ou eutrophisation.
- Diminution d'abondance d'un prédateur de haut niveau (amplification du contrôle top-down). Cas de la chasse ou de la pêche.

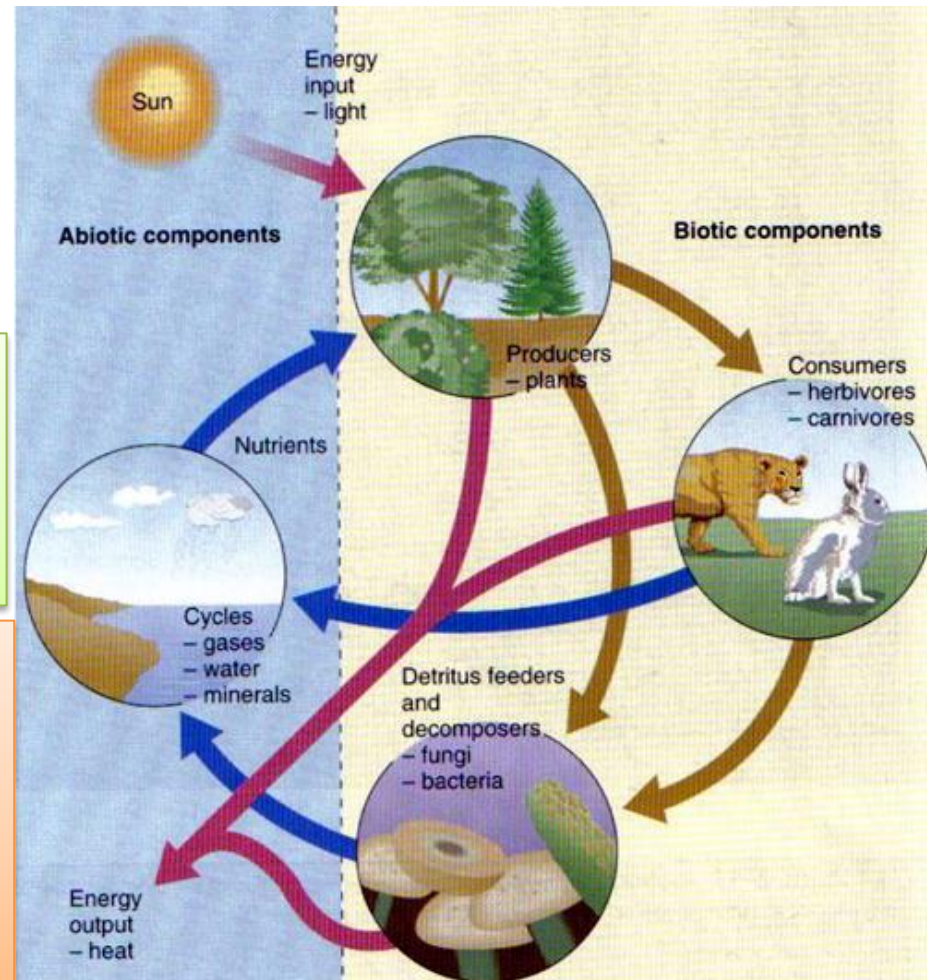
5. Les cycles biogéochimiques

Il existe une circulation de la matière dans chaque écosystème où des molécules ou des éléments chimiques, reviennent sans cesse à leur point de départ et que l'on peut qualifier de cyclique, à la différence des transferts d'énergie.

Le passage alternatif des éléments, ou molécules, entre milieu inorganique et matière vivante, est appelé **cycle biogéochimique**.

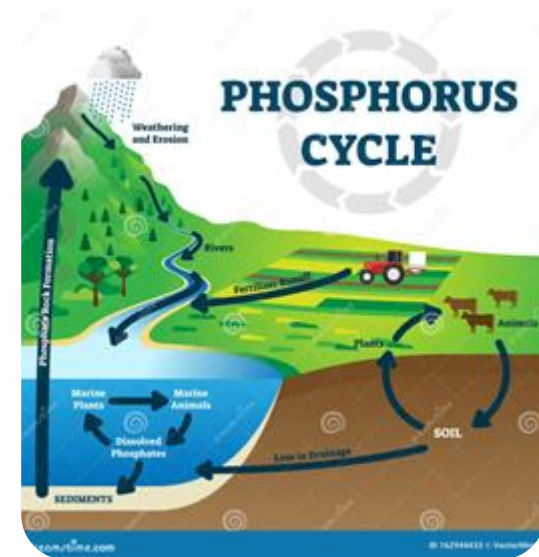
Celui-ci correspond à un **cycle biologique** (cycle interne à l'écosystème qui correspond aux échanges entre les organismes)

auquel se greffe un **cycle géochimique** (cycle de grandes dimensions, pouvant intéresser la biosphère entière et qui concernent les transports dans le milieu non vivant).



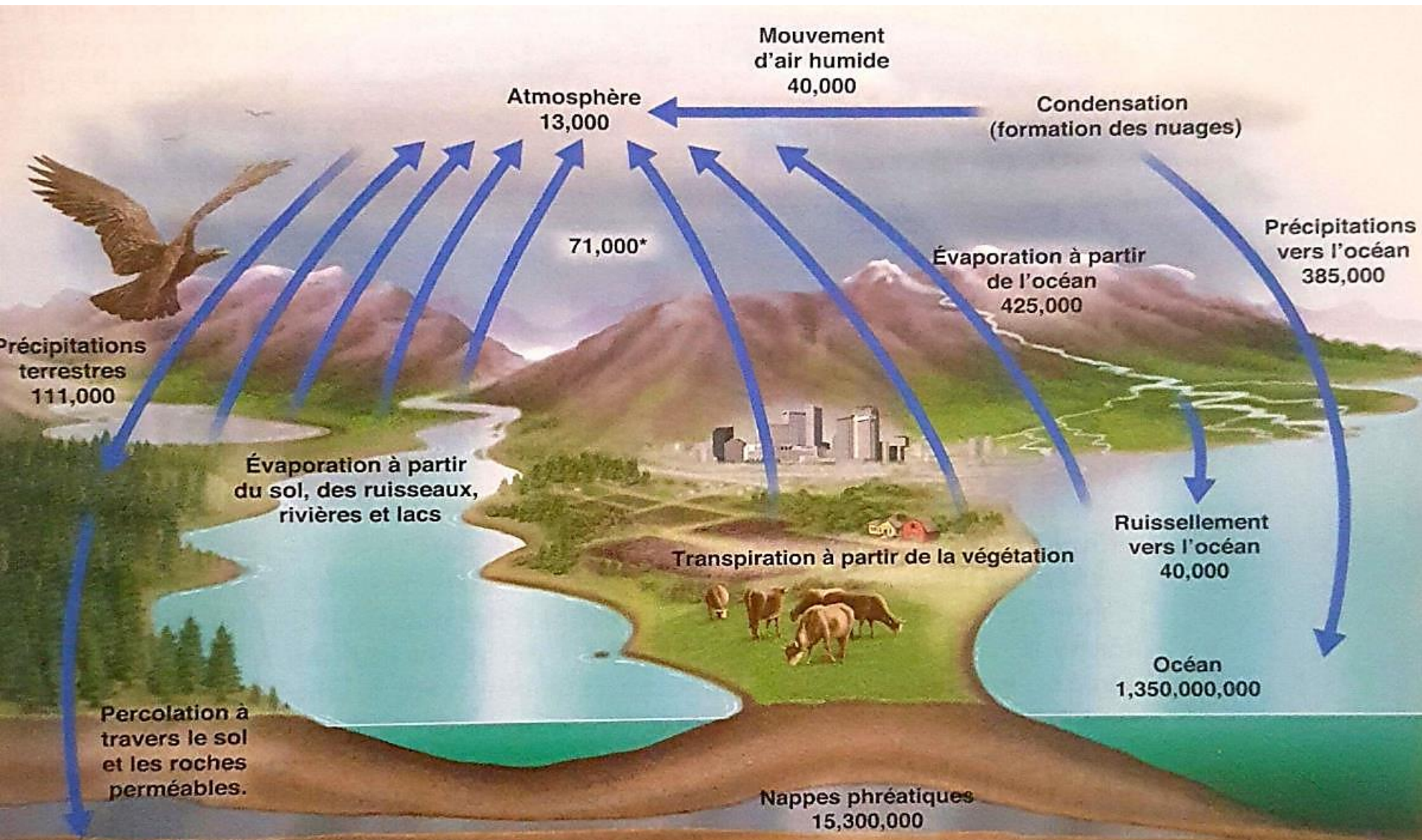
On peut distinguer trois principaux types de cycles biogéochimiques :

- Le cycle de l'eau.
- Le cycle des éléments à phase gazeuse prédominante (carbone, oxygène, azote).
- Le cycle des éléments à phase sédimentaire prédominante (phosphore, potassium etc.).

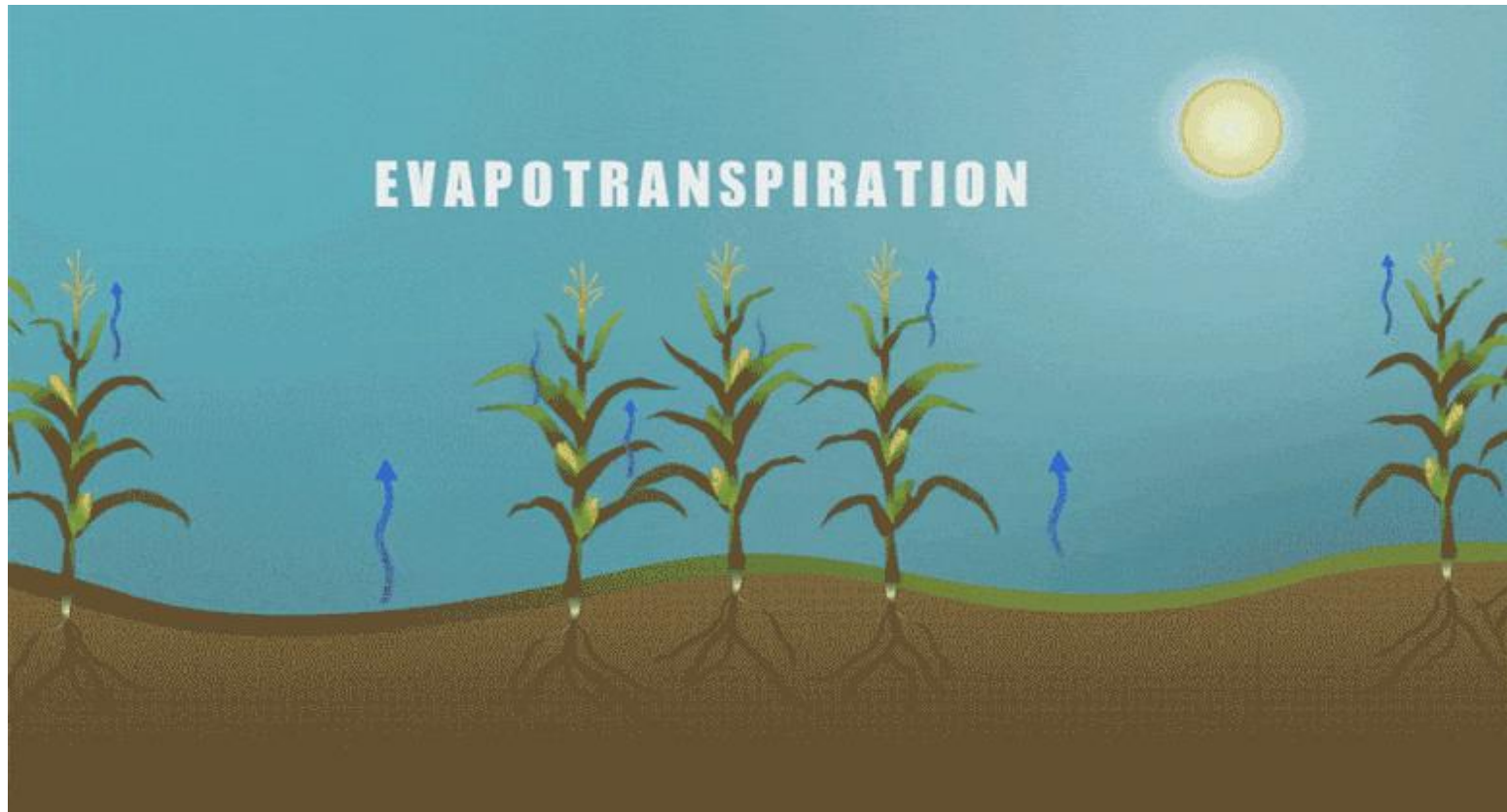


5.1. Le cycle de l'eau

Le cycle de l'eau consiste en un échange d'eau entre les différents compartiments de la Terre : l'hydrosphère, l'atmosphère et la lithosphère.

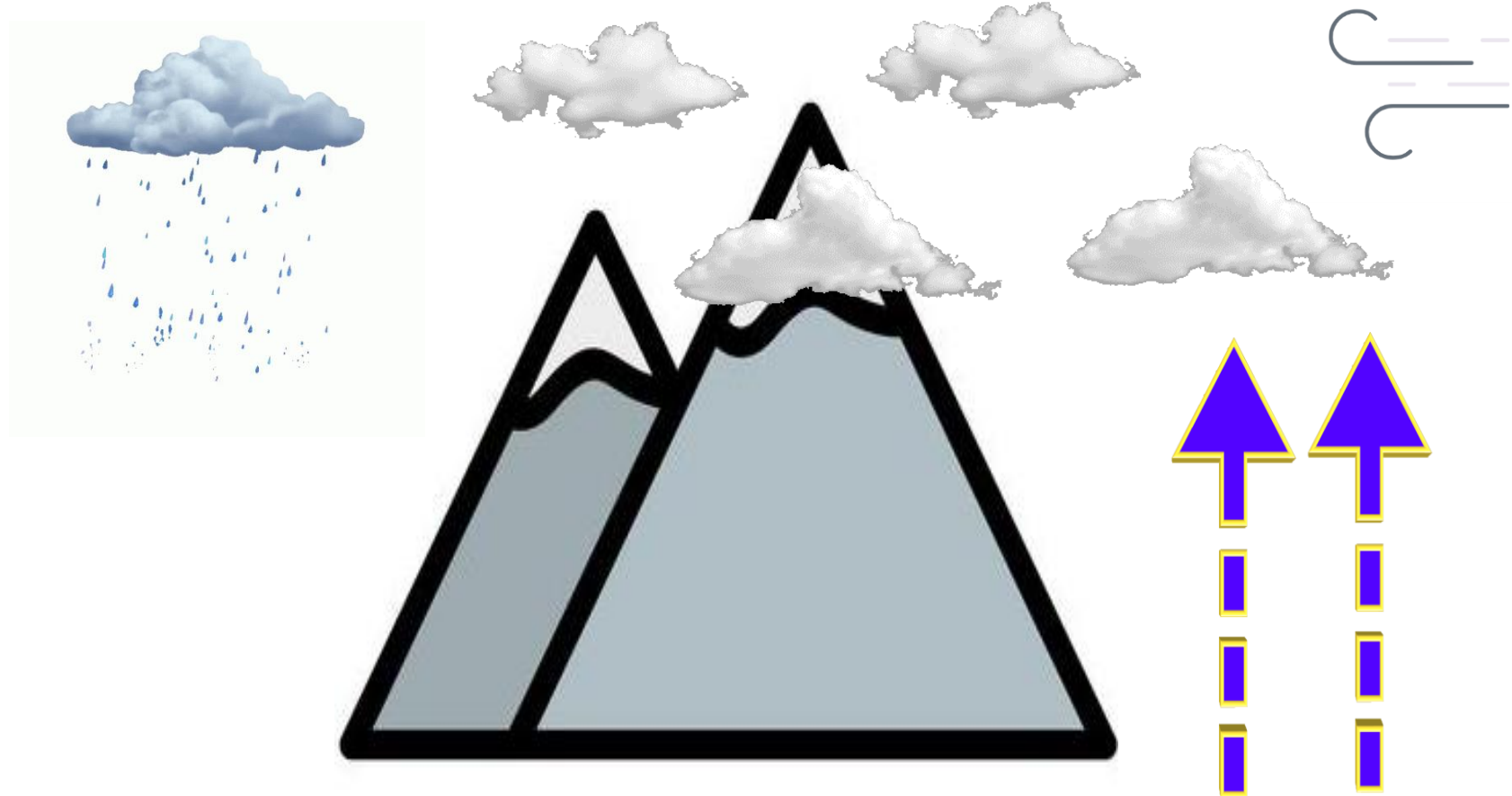


Sous l'effet de la chaleur du soleil, l'eau des mers, des fleuves et des lacs s'évapore.
L'évapotranspiration joue un rôle également important dans le cycle de l'eau.



Elle est accélérée par les végétaux qui transpirent de grandes quantités d'eau par leur système foliaire. De plus, leurs racines, accélèrent ces mouvements ascendants de l'eau dans le sens sol→atmosphère.

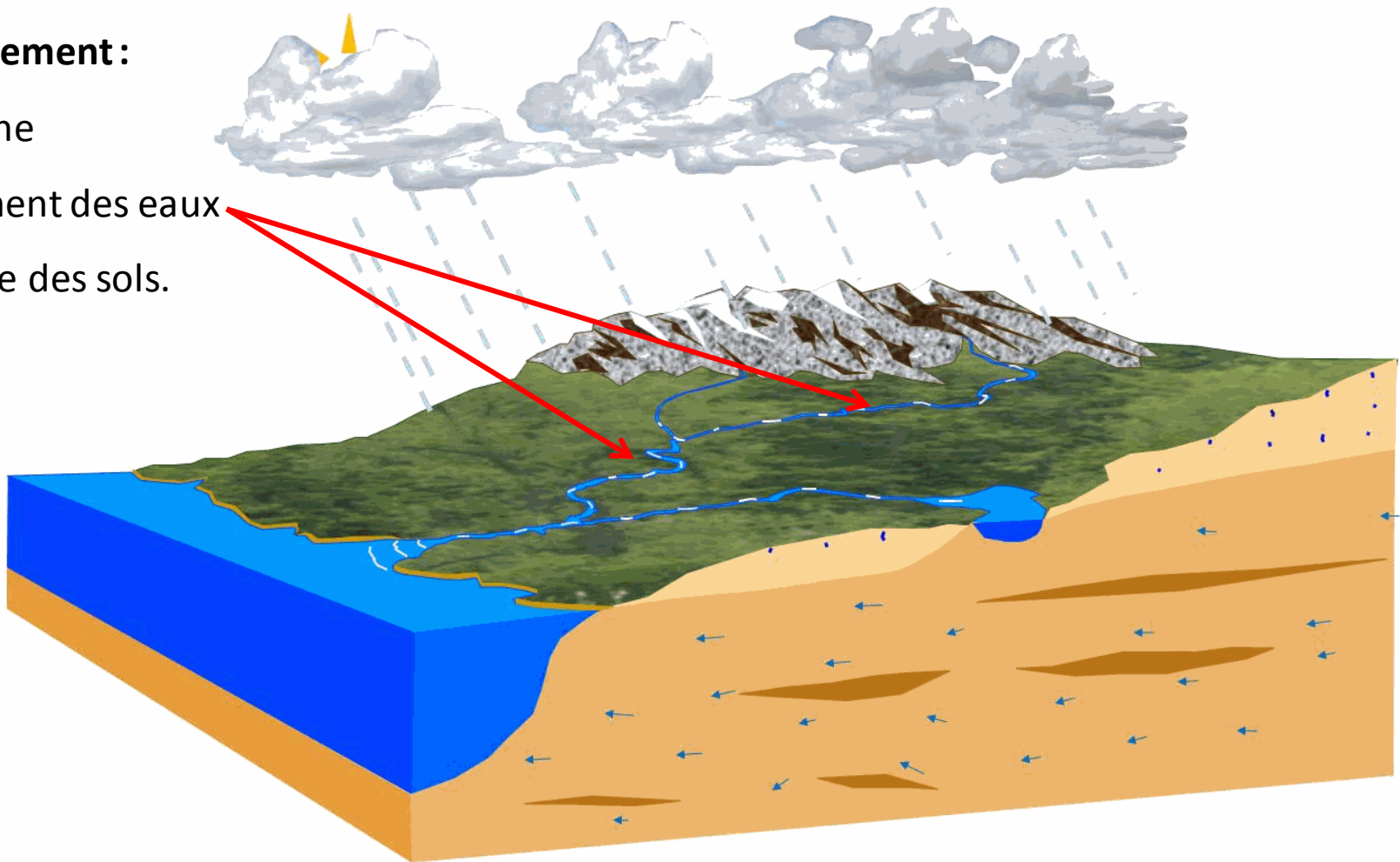
Cette eau rejoint alors l'atmosphère sous forme de vapeur d'eau (nuages). Les nuages sont poussés par le vent. Lorsqu'ils traversent des régions froides, la vapeur d'eau se condense. Elle retombe sur le sol, sous forme de pluie, de neige ou de grêle.



Les 7/9 du volume total de **ces précipitations** retombent à la surface des océans et les 2/9 seulement sur les continents. La circulation de l'eau dans la lithosphère emprunte trois voies :

Le ruissellement :

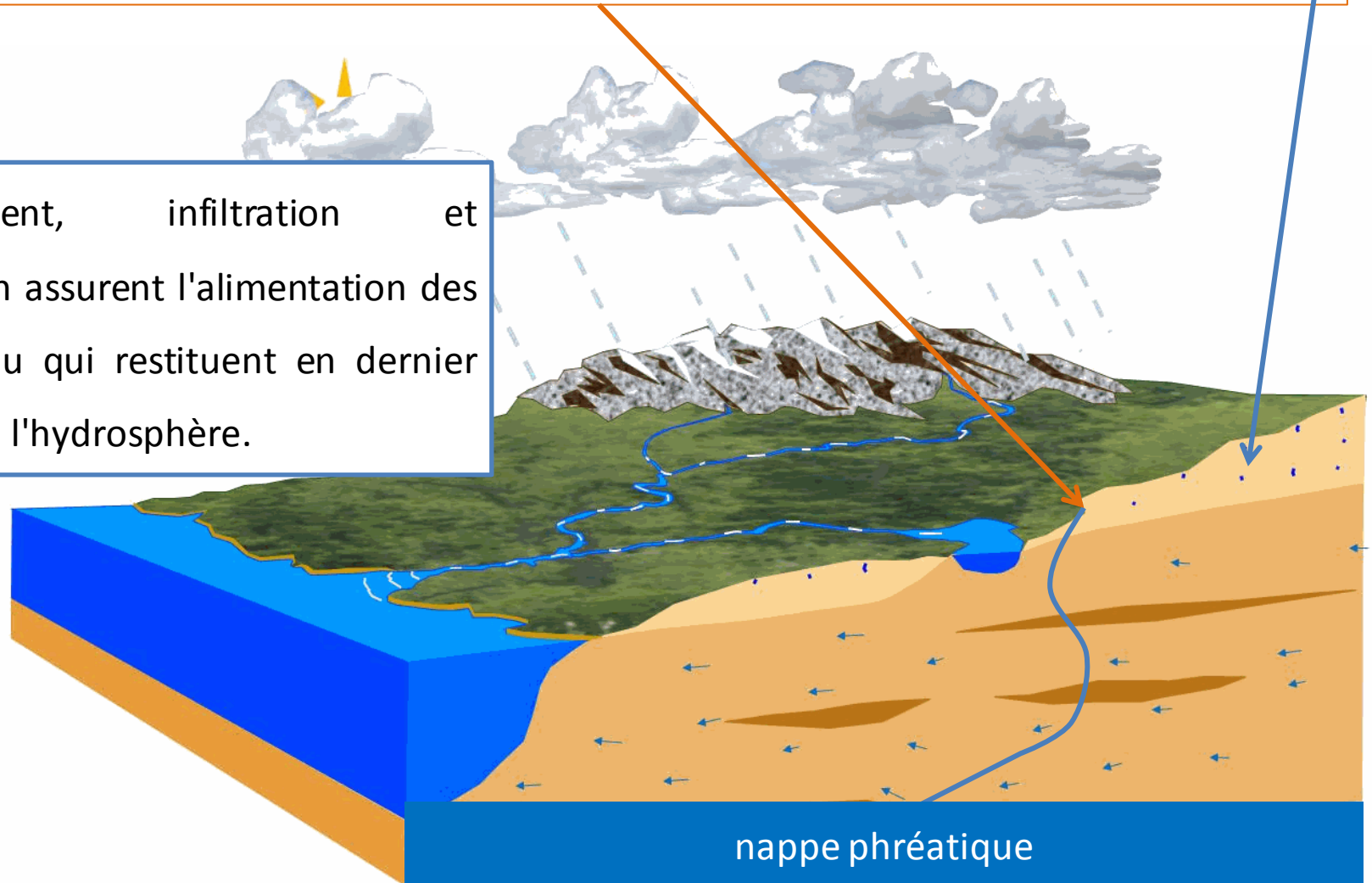
phénomène
d'écoulement des eaux
à la surface des sols.



La percolation : phénomène de migration de l'eau à travers les sols (jusqu'à la nappe phréatique).

L'infiltration : phénomène de pénétration des eaux dans le sol, à travers les fissures naturelles des sols et des roches, assurant ainsi l'alimentation des nappes phréatiques.

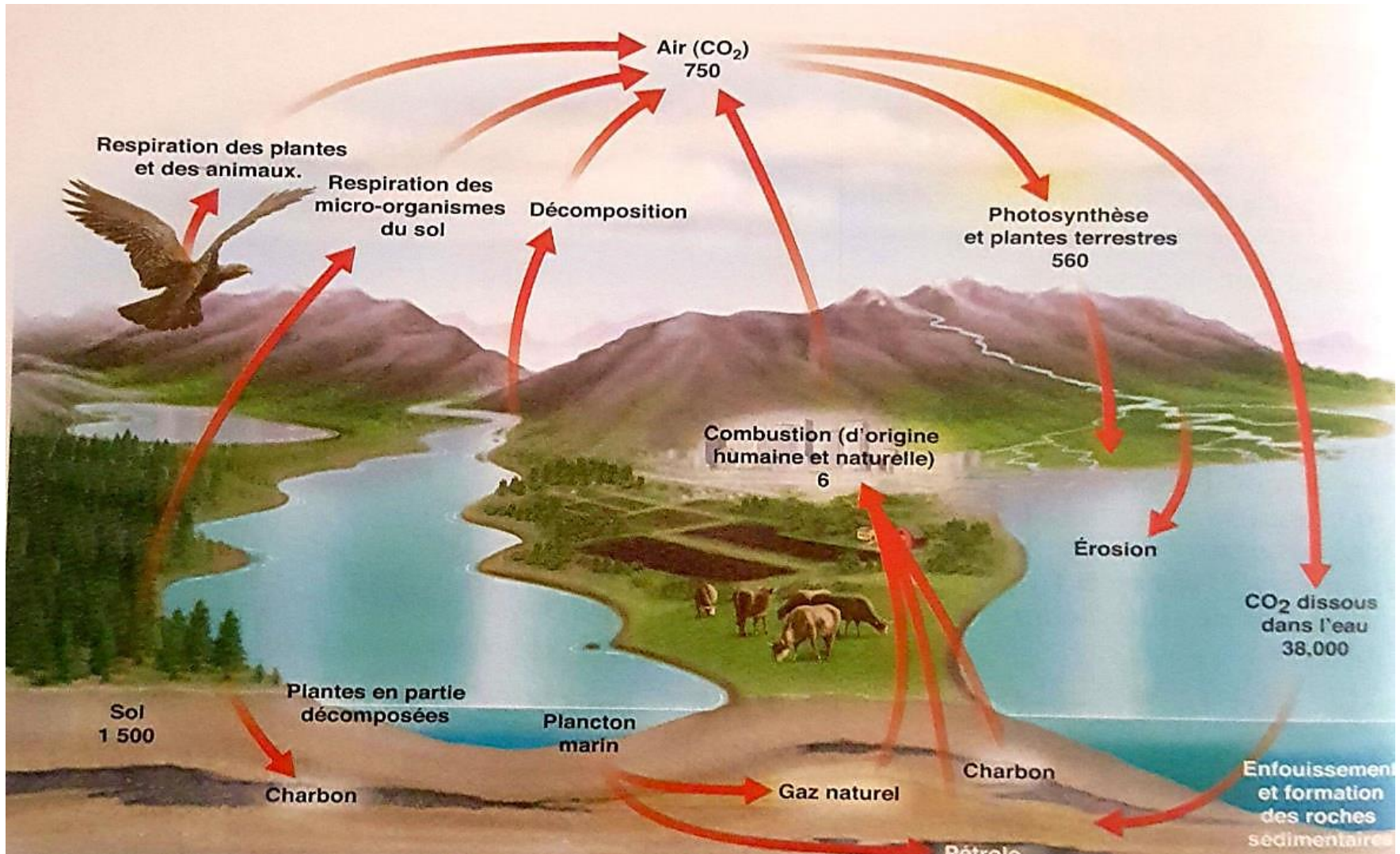
Ruissellement, infiltration et percolation assurent l'alimentation des cours d'eau qui restituent en dernier lieu l'eau à l'hydrosphère.



Cycles biogéochimiques à phase gazeuse

Cycle du carbone

Le carbone est le plus important des éléments chimiques caractérisant le monde vivant. A l'échelle de la planète, il existe trois réservoirs de carbone : L'atmosphère, les océans et la biosphère continentale.

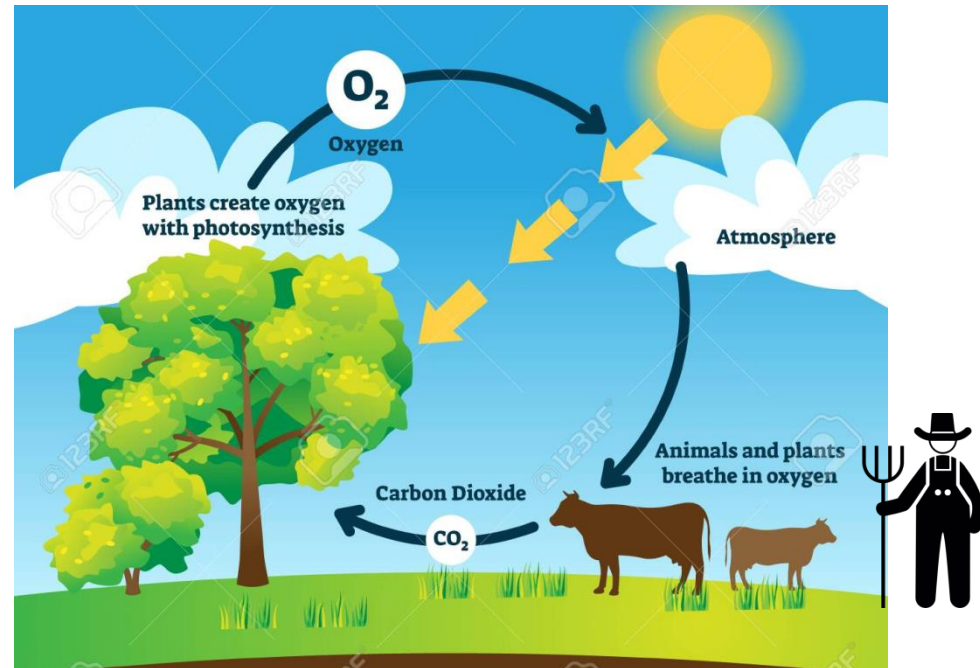


Cycle du Carbone (Berg et al., 2009).

Les échanges entre l'atmosphère et la biosphère sont essentiellement liés à l'activité des êtres vivants.

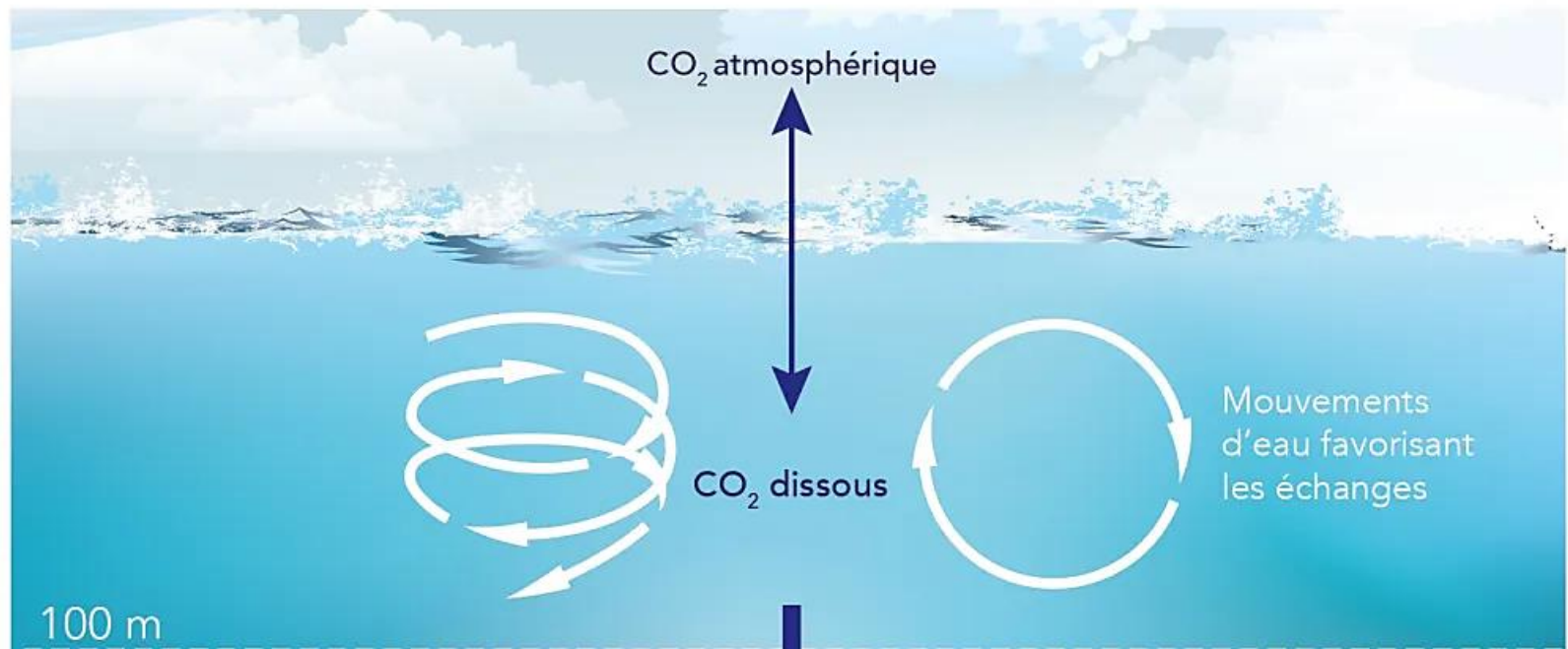
Lors de la photosynthèse, les producteurs autotrophes fixent le carbone pour assurer leurs constituants organiques.

Les consommateurs permettent par ailleurs le transfert de ces constituants dans les divers réseaux trophiques.



A l'opposé, d'autres échanges biochimiques vont équilibrer ces prélèvements en rejetant dans l'atmosphère un flux identique de carbone : 100 Gt (Gigatonnes) issu de la respiration cellulaire et la fermentation (Décomposition de la matière organique). De même, les éruptions volcaniques, les industries et les véhicules de transports, rejettent du (CO₂) dans l'atmosphère.

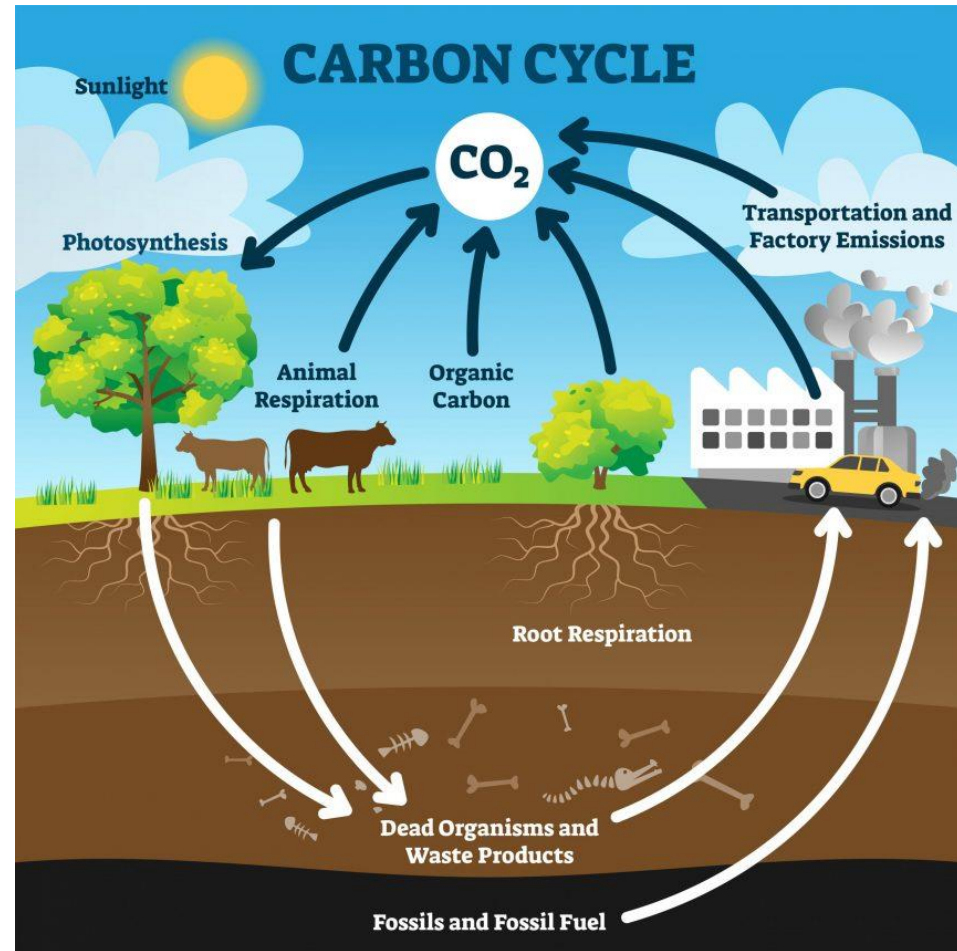
Quant aux flux du carbone entre l'air et l'eau des océans, ils sont équilibrés et du même ordre. Les échanges physicochimiques aux interfaces des deux éléments font apparaître un rejet de 100 Gt de (CO_2) dans l'atmosphère et une absorption identique de 100 Gt de ce gaz par l'eau. La quantité de dioxyde de carbone dissous dans les océans est environ 50 fois plus grande que celle qui est présente dans l'atmosphère.



Dans les sols, il se produit souvent un ralentissement du cycle du carbone : Les matières organiques ne sont pas entièrement minéralisées mais transformées en un ensemble de composés organiques acides qui s'accumule dans diverses formations sédimentaires (Acides humiques).

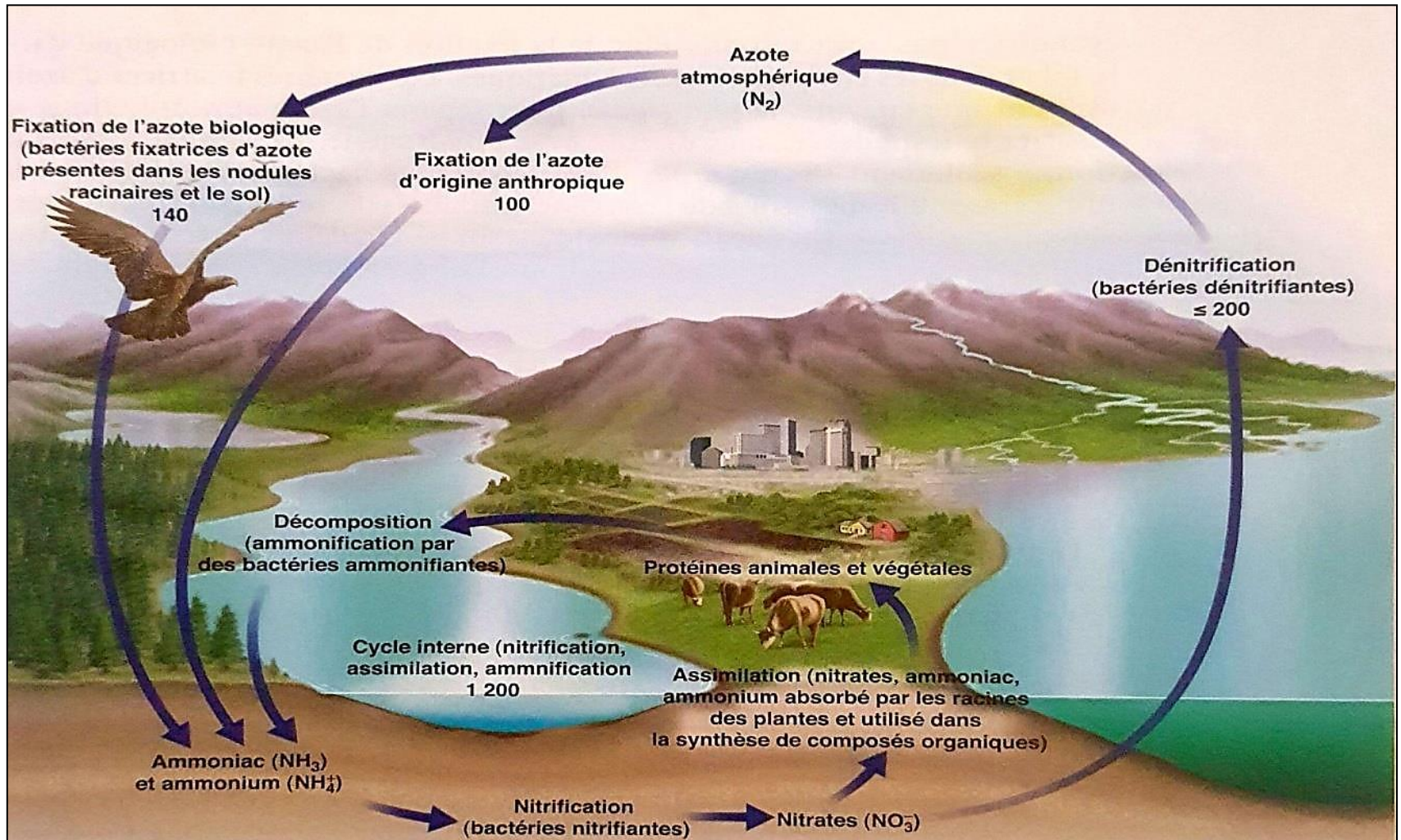
Il se produit une stagnation et même un blocage du cycle du carbone.

C'est le cas de la constitution de grands dépôts de pétrole et d'autres hydrocarbures fossiles, lesquels malgré leur forte teneur en carbone, n'interfèrent pas dans les conditions naturelles avec le cycle du carbone



Cycle de l'azote

L'azote minéral est présent à profusion sur notre planète puisque sa forme gazeuse (N_2) (Azote atmosphérique) représente la plus grande partie de l'air que nous respirons (78 % du volume).



Cycle de l'azote (Berg et al., 2009).

En revanche, les ions nitrates (NO_3^-) constituent la seule forme d'azote minéral assimilable par les plantes avec les ions ammonium.

Cet élément se retrouve entre autres dans les acides aminés constituant les protéines et dans les bases azotées de l'ADN.



La plupart des êtres vivants ne peuvent utiliser la molécule (N_2). De ce fait, ils ont besoin de ce qu'on nomme l'azote fixé dans lequel les atomes d'azote sont liés à d'autres types d'atomes comme par exemple à l'hydrogène dans l'ammoniac (NH_3) ou à l'oxygène dans les ions nitrates (NO_3^-).

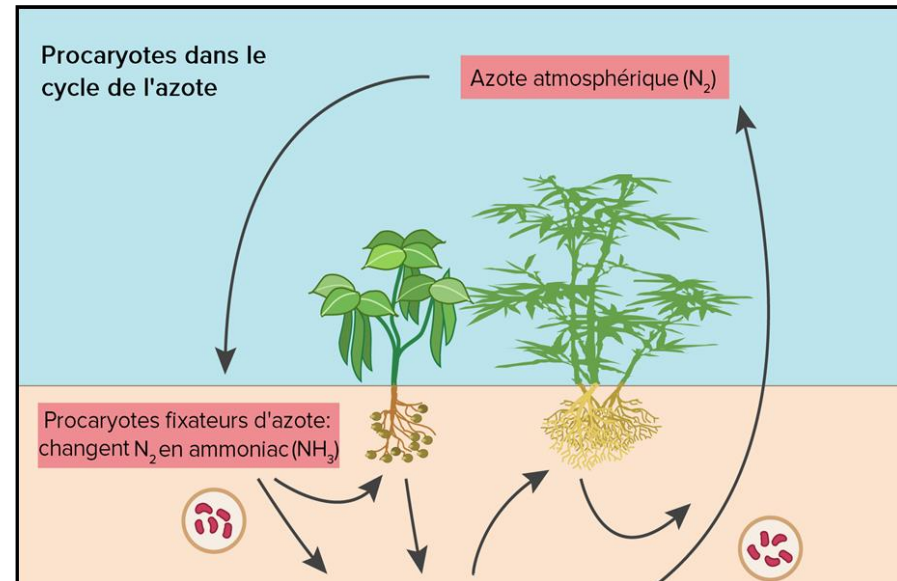
Des processus sont nécessaires pour transformer l'azote atmosphérique (N_2) en une forme assimilable par les organismes : La fixation de l'azote diatomique (N_2), la nitrification et la dénitrification.

La fixation :

Correspond à la conversion de l'azote atmosphérique en azote utilisable par les plantes et les animaux. Elle se fait par certaines bactéries qui vivent dans les sols ou dans l'eau et qui réussissent à assimiler l'azote diatomique (N_2).

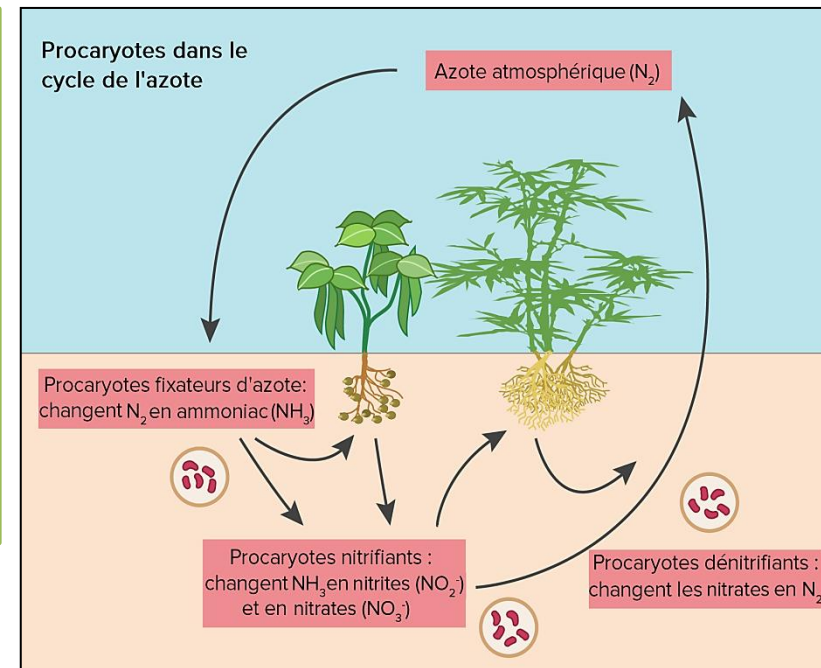
Il s'agit en particulier des **cyanobactéries** et de certaines bactéries vivant en symbiose avec des plantes (Légumineuses), qui ont la faculté de produire de l'ammoniac (NH_3) à partir de l'azote et de l'hydrogène atmosphérique grâce à une enzyme : La Nitrogénase.

L'ammoniac peut aussi provenir de la décomposition d'organismes morts (Action des bactéries saprophytes) sous forme d'ions ammonium (NH_4^+). Dans les sols où le pH est élevé, l'ammonium se transforme en ammoniac gazeux.



- **La nitrification** : Transforme les produits de la fixation (NH_4^+ , les ions nitrates NH_3) en (NO_x) (Soient NO_2^- et NO_3^-), des nitrites et nitrates. Les végétaux absorbent grâce à leurs racines les (NO_3^-) et, dans une moindre mesure, l'ammoniac présent dans le sol, et les incorporent dans les acides aminés et les protéines. Les végétaux constituent ainsi la source primaire d'azote assimilable par les animaux.

La dénitrification : Grâce aux bactéries dites dénitrifiantes (Transformant la matière organique), l'azote retourne à l'atmosphère sous sa forme moléculaire (N_2), avec comme produit secondaire du CO_2 et de l'oxyde d'azote (N_2O) (Gaz à effet de serre).

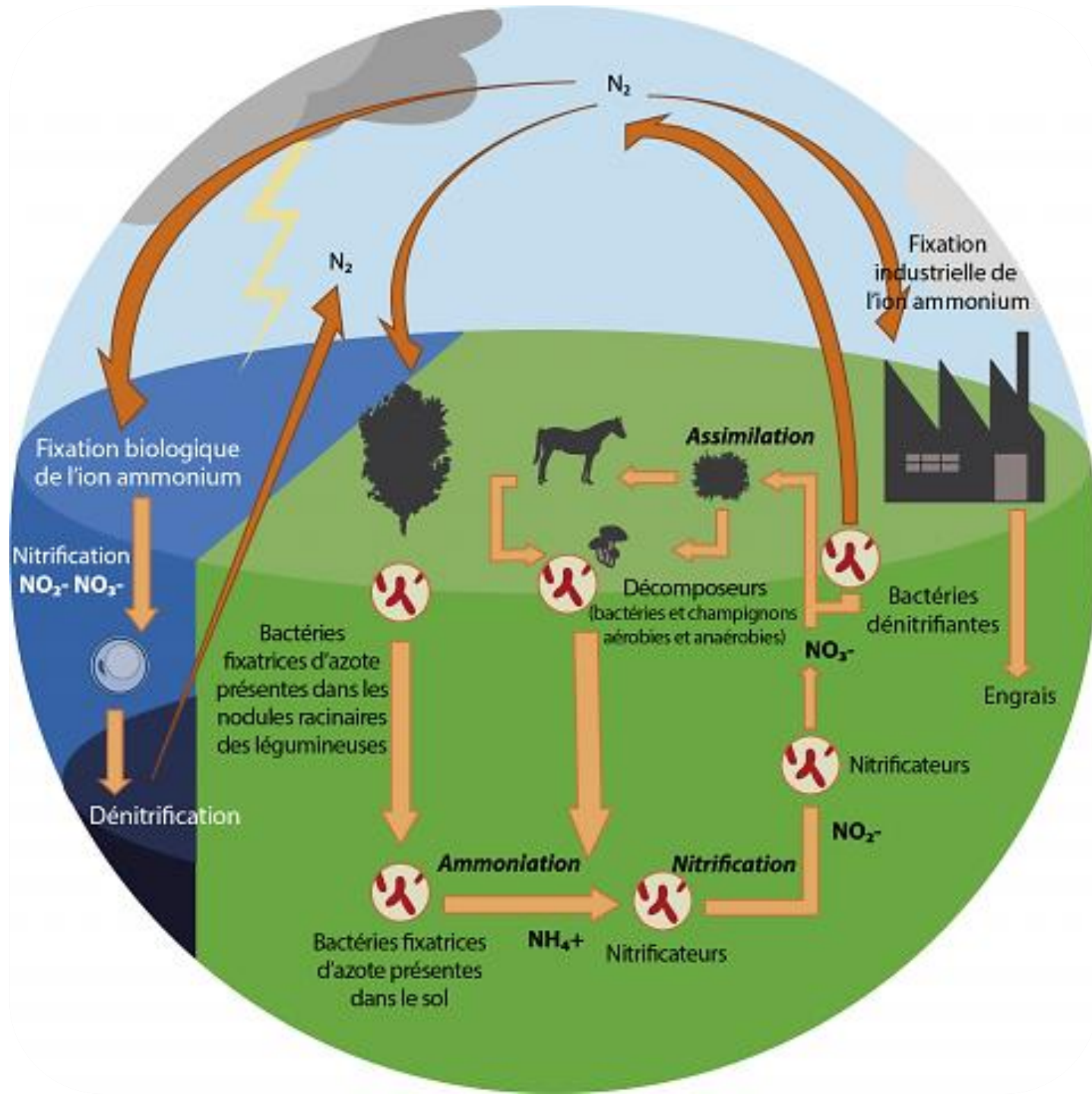


L'activité humaine contribue à l'augmentation de la dénitrification, entre autres, par l'utilisation des engrais qui ajoutent aux sols des composés ammoniacués (NH_4^+ , NH_3) et des nitrates (NO_3^-).

L'utilisation des combustibles fossiles dans les moteurs ou les centrales thermiques transforme l'azote en oxyde d'azote (NO_x).

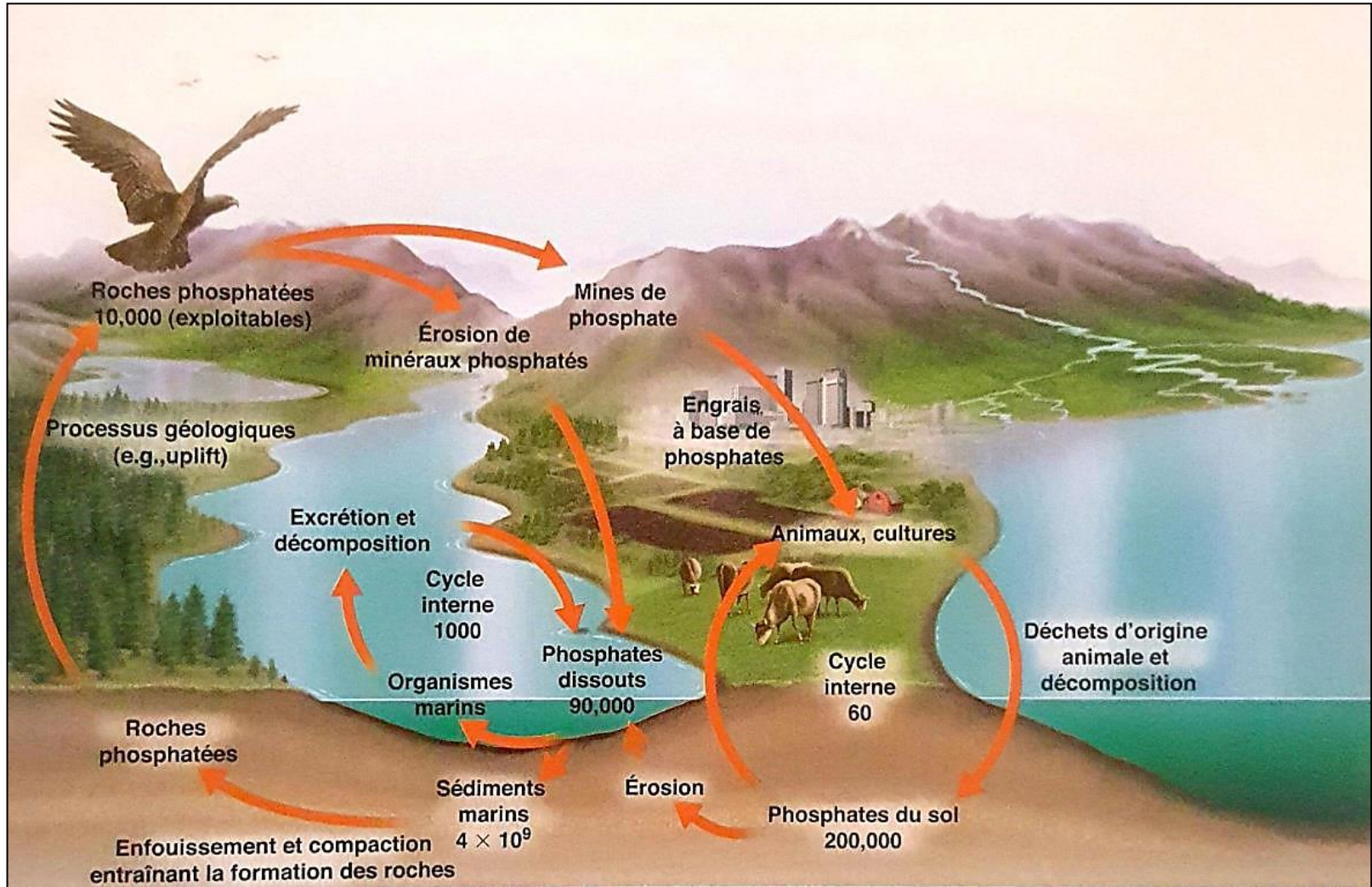


L'industrie, en mettant à la disposition des agriculteurs de nombreux fertilisants de synthèse, intervient pour une certaine part dans le cycle de l'azote. Beaucoup d'engrais azotés sont en effet synthétisés par réduction de l'azote de l'air. Comme ils doivent libérer soit des ions (NO_3^-), soit des ions (NH_4^+), leur obtention met en jeu des réactions chimiques utilisant de l'acide sulfurique ou de l'acide nitrique. Ces deux engrais, avec le nitrate de calcium ainsi obtenus chimiquement, sont les plus usités. Ceux qui apportent directement des nitrates ont une action très rapide, mais sont une source importante de pollution parce qu'ils sont très solubles.



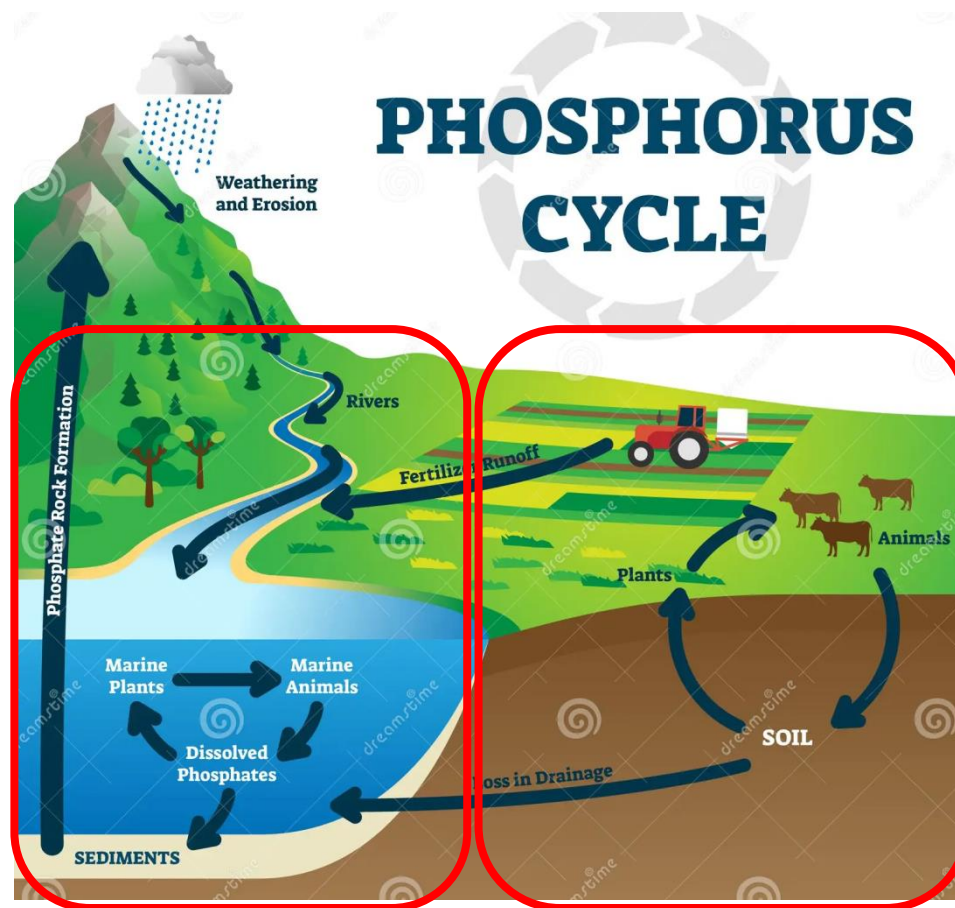
Cycles biogéochimiques à phase sédimentaire

Cycle du phosphore



Cycle du phosphore (Berg et al., 2009).

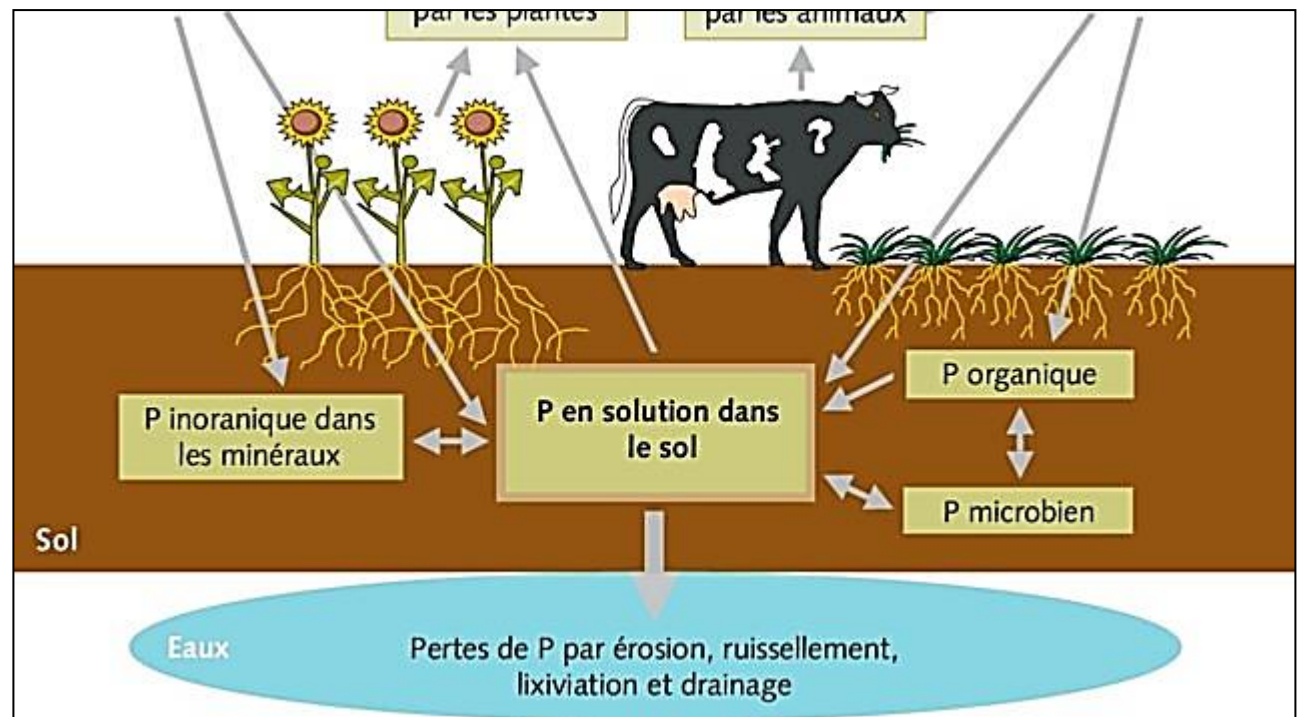
En dépit de la rareté du phosphore minéral dans la biosphère, cet élément reste important pour la matière vivante (Constituant de l'ADN, de l'ARN et de l'ATP). Il possède un cycle qui passe par deux phases : L'une qui se déroule dans les écosystèmes terrestres, l'autre dans les écosystèmes aquatiques. Son réservoir principal est constitué par diverses roches qui cèdent peu à peu leurs phosphates aux écosystèmes.



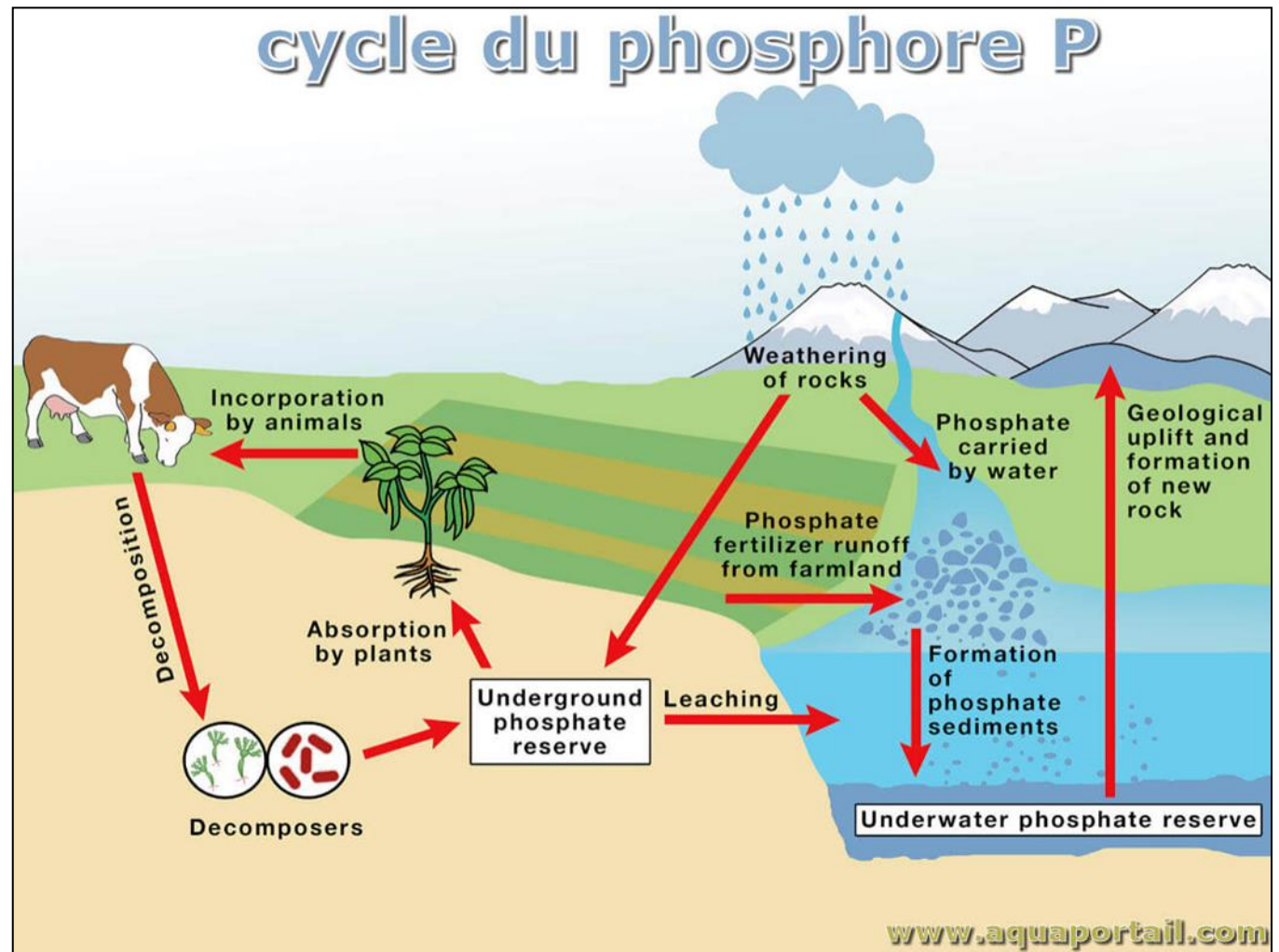
Dans le milieu terrestre, la concentration en phosphore assimilable est souvent faible et joue le rôle de facteur limitant.

Ce phosphore est mis en circulation par lessivage (Ou érosion) et dissolution et introduit ainsi dans les écosystèmes terrestres où il est absorbé par les végétaux.

Ceux-ci l'incorporent dans diverses substances organiques et le font ainsi passer dans les réseaux trophiques.

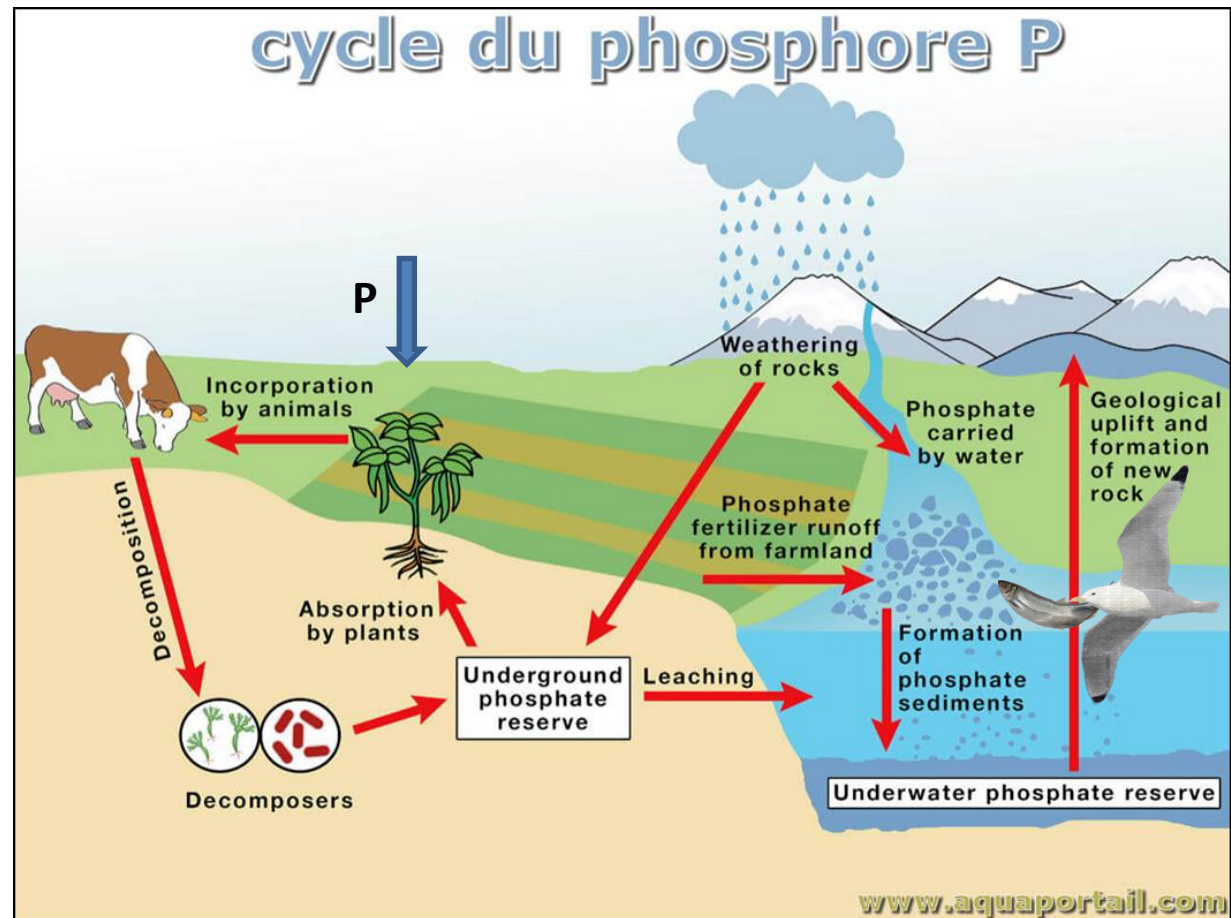


Les phosphates organiques sont restitués au sol avec les cadavres, déchets et excréta produits par les êtres vivants, attaqués par les microorganismes et retransformés en orthophosphates minéraux, à nouveau disponibles pour les plantes vertes et autres autotrophes.

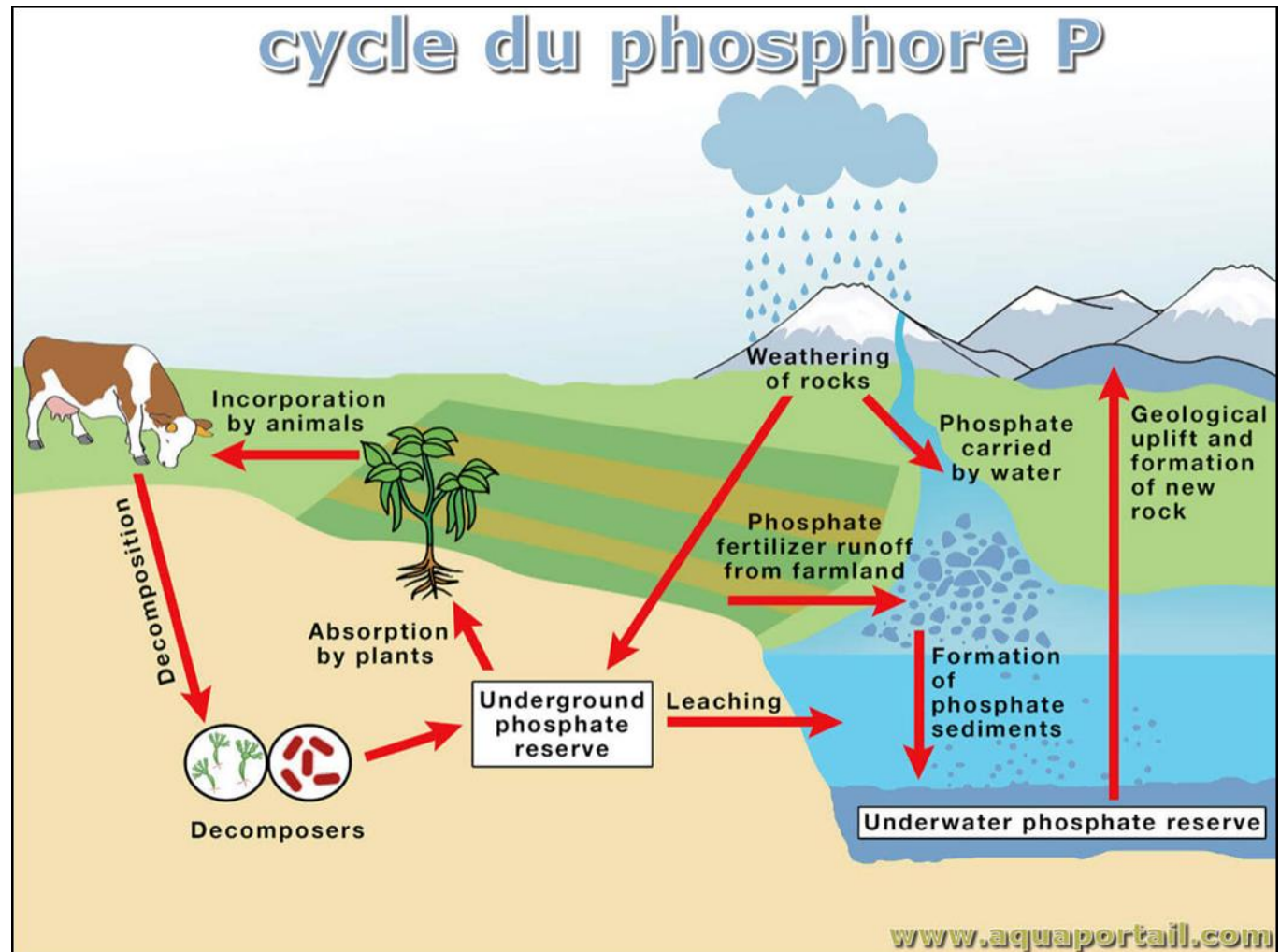


Le phosphore introduit dans les écosystèmes aquatiques par les eaux de ruissellement, rejoint les océans, permettant ainsi le développement du phytoplancton et des animaux des divers maillons de la chaîne trophique.

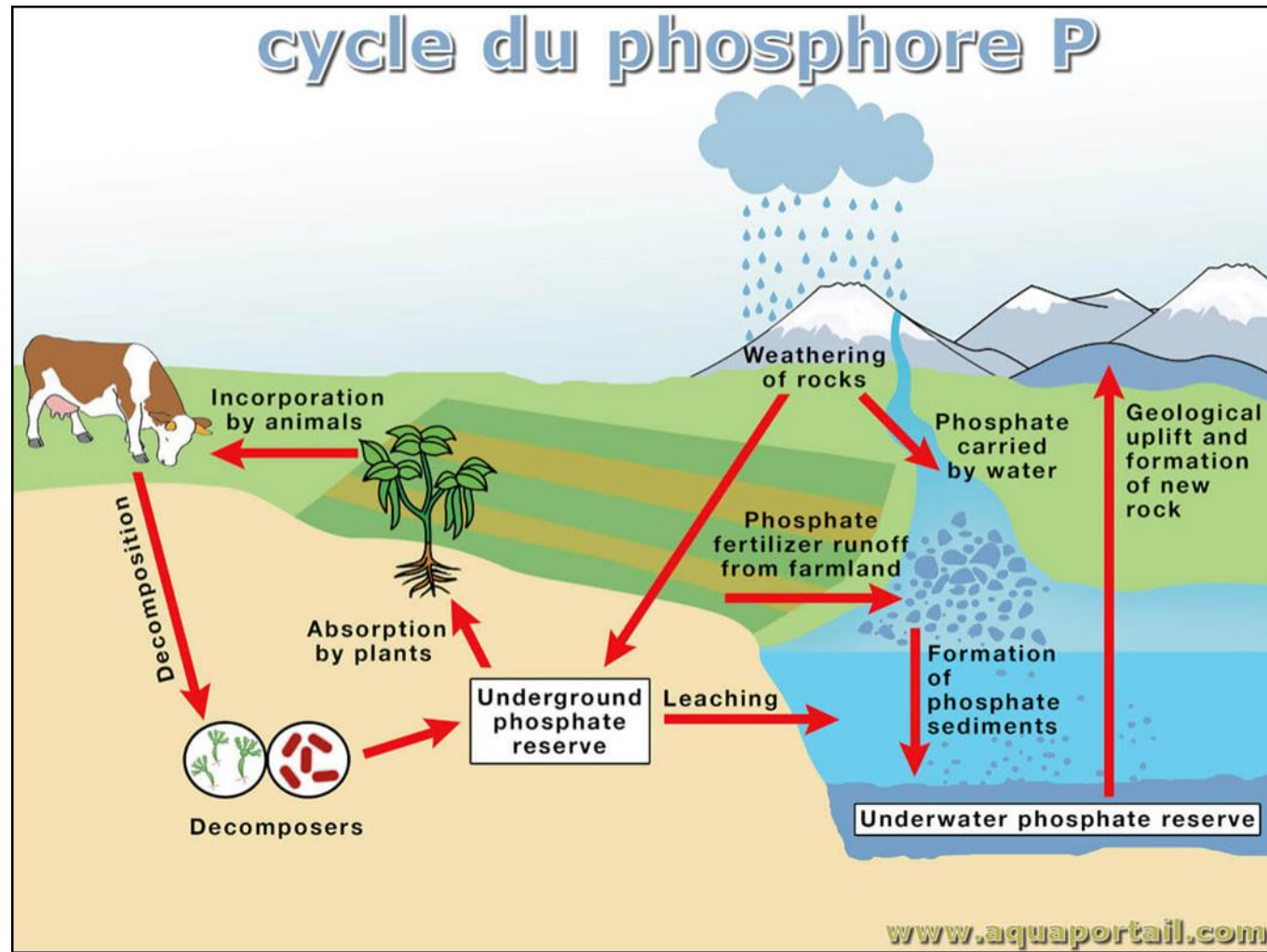
Un retour partiel des phosphates des océans vers les terres émergées s'effectue grâce à la pratique de la pêche ou par les excréments des oiseaux marins piscivores.



Cependant, dans les océans, le cycle du phosphore se fait avec des pertes, puisqu'une partie importante des phosphates entraînée en mer se retrouve immobilisée dans les sédiments profonds (Fragments de cadavres de poissons non consommés par les détritivores et les décomposeurs).



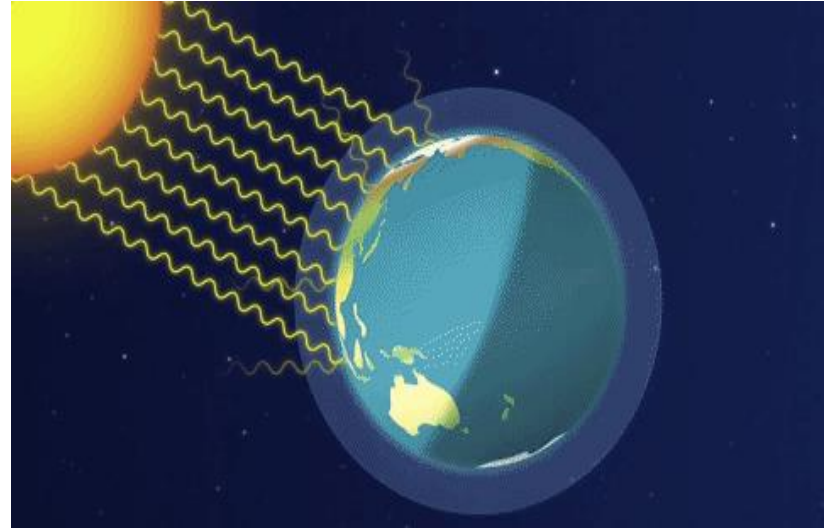
Lorsqu'il n'existe pas de courants ascendants permettant la remontée des eaux en surface, la pénurie de phosphore devient un facteur limitant. Le cycle du phosphore est donc incomplet et ouvert. Du fait de sa rareté et en raison de ces pertes pour le cycle, le phosphore constitue donc le principal facteur limitant qui contrôle la majeure partie de la production primaire.



Effet de serre

L'azote et l'oxygène gazeux qui constituent la majeure partie de l'atmosphère n'absorbent pas et n'émettent pas de radiations thermiques.

C'est la vapeur d'eau, le dioxyde de carbone et quelques autres gaz présents dans l'atmosphère en quantités bien moindres (Méthane, protoxyde d'azote) qui absorbent une partie des radiations thermiques qui quittent la surface.



Ils font donc office de « couvercle » imparfait vis-à-vis de ces radiations, ce qui génère la différence de 20 à 30°C entre la température moyenne réelle de la surface terrestre qui avoisine les 15°C et la température que l'on observerait en l'absence de gaz à effet de serre.

S'il n'y avait pas d'effet de serre



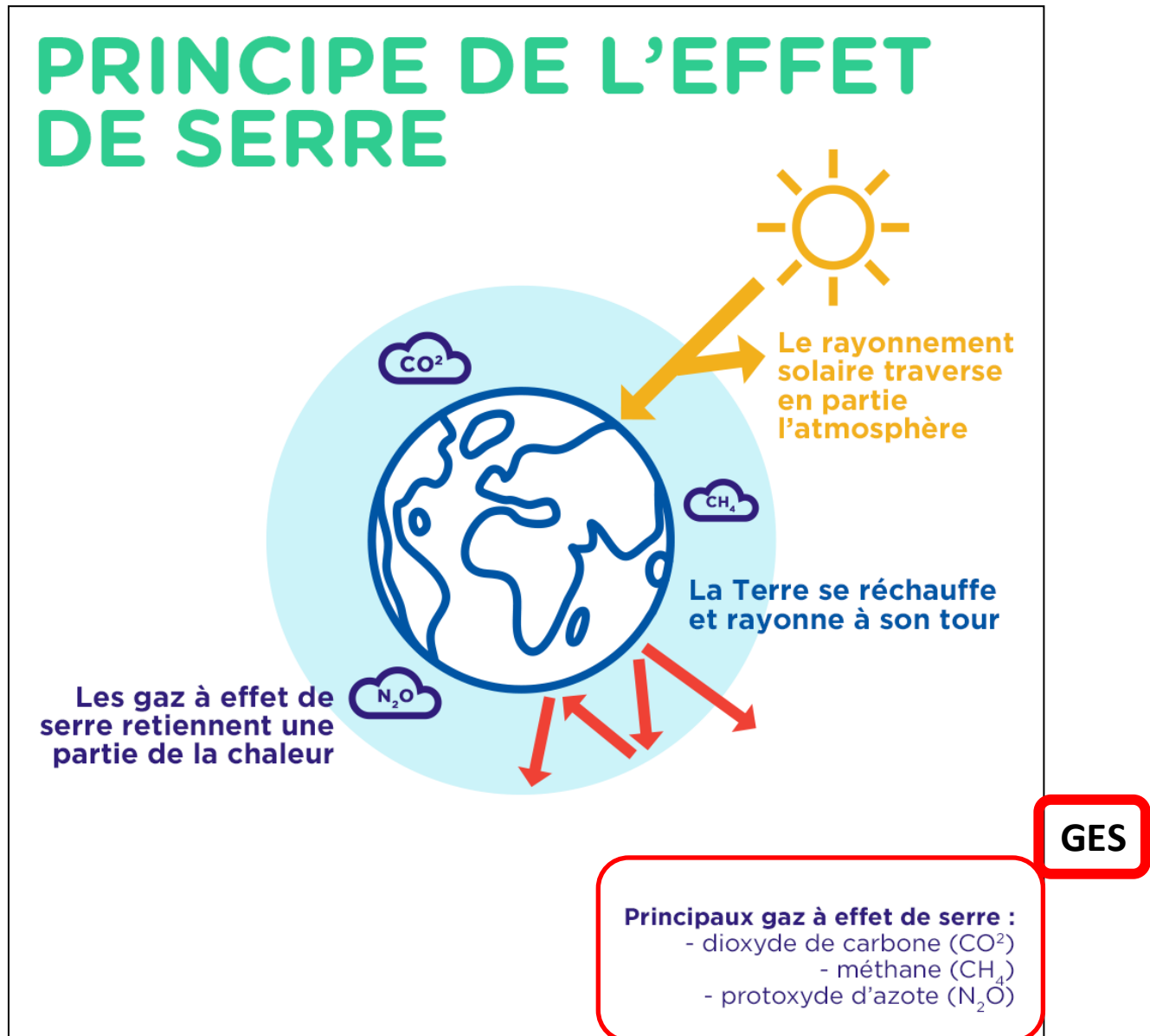
La vie grâce à l'effet de serre



Un risque de déséquilibre



On appelle cet effet « couvercle » **l'effet de serre** naturel et les gaz sont logiquement connus en tant que **gaz à effet de serre**.

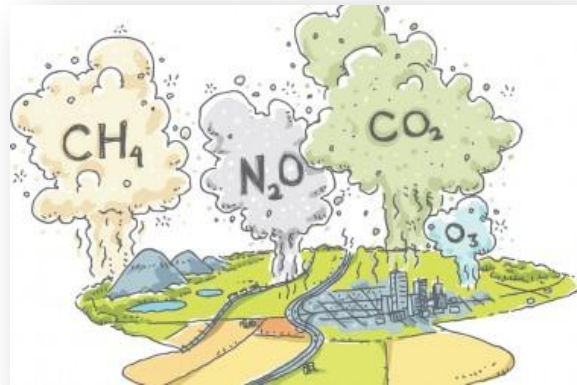


The Greenhouse Effect

Atmosphere

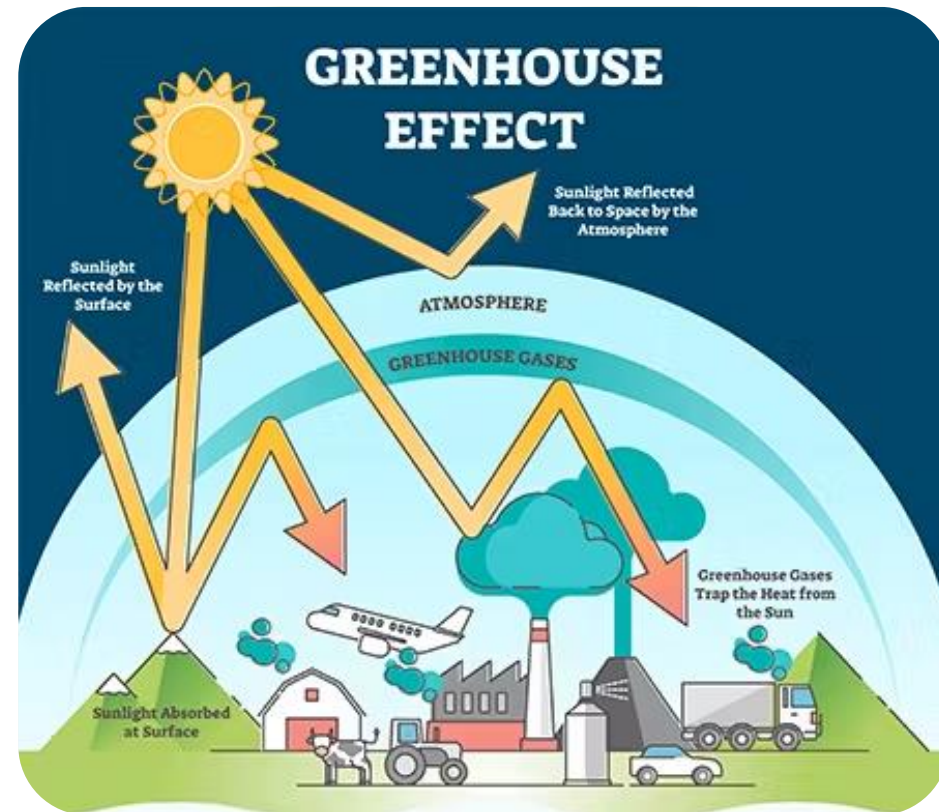
climate.nasa.gov

Quant au renforcement de l'effet de serre, incriminé dans le réchauffement global il est causé par les gaz présents dans l'atmosphère à cause des activités humaines comme l'agriculture intensive, l'exploitation minière, la combustion des combustibles fossiles (Charbon, pétrole, gaz) associée à une déforestation importante, et dont les conséquences sur la vie sur Terre sont catastrophiques (Fonte des calottes glaciaires, augmentation du niveau des mers provoquant des inondations, tempêtes, sécheresse...).



Voici une video explicative :

<https://www.youtube.com/shorts/6w3OXMGPQEs>



Des quantités de plus en plus importantes de dioxyde de carbone ont été émises dans l'atmosphère au cours des 200 dernières années et ces émissions se sont accrues au cours des 50 dernières années.

Chaque année, les nouvelles émissions continuent à s'ajouter au carbone présent dans l'atmosphère à hauteur de 8 000 millions de tonnes et qui est susceptible d'y rester pour plus d'un siècle.



REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. **Dajoz R. (2006)** : Précis d'Ecologie. 8 ème édition. Edition Dunod. 631p.
2. **Delmas R. ; Chauzy S. ; Verstraete J.M. ; Ferré H. (2012)** : Atmosphère, océan et climat. Edition Belin. 287p.
3. **Faurie C. ; Ferra C. ; Médori P. ; Dévaux J. ; Hemptinne J.L. (2011)** : Ecologie : Approche scientifique et pratique. 5 Ème édition. Edition Lavoisier. 407p.
4. **Faurie C. ; Ferra C. ; Médori P. ; Dévaux J. ; Hemptinne J.L. (2012)** : Ecologie : Approche scientifique et pratique. 6 ème édition. Edition Lavoisier. 488p.
5. **Frontier S. ; Pichod-Viale D. ; Leprêtre A. ; Davoult D. ; Luczak C. (2008)** : Ecosystème : Structure, Fonctionnement, Evolution. 4ème édition. Edition Dunod. 558p.
6. **Houghton J. (2011)** : Le réchauffement climatique. Edition De Boeck Université. 495p.
7. **Ramade F. (2009)** : Elément d'Ecologie : Ecologie fondamentale. 4 édition. Edition Dunod. 689p. 8. Raven R.H. ; Berg L.R. ;
8. **Hassenzahl D.M. (2009)** : Environnement. Edition De Boeck Université. 687p.
9. **Raven R.H. ; Evert R. ; Eichhorn S. (2014)** : Biologie végétale. Edition De Boeck Université. 781p.
10. **Ricklefs R.E. ; Miller G.L. (2005)** : Ecologie. Edition De Boeck Université. 821p.
11. **Rio B. (2006)** : L'eau et la vie : Edition du Dauphin. 218p.
12. <http://www.fao.org/publications/sofo/fr/>