

TD 1. Facteurs climatiques

DEFINITION

Le climat est la distribution statistique des conditions de l'atmosphère terrestre dans une région donnée pendant une période donnée. Il se distingue de la météorologie qui désigne l'étude du temps à court terme et dans des zones ponctuelles. L'étude du climat est la climatologie.

La détermination du climat est effectuée à l'aide de moyennes établies à partir de mesures statistiques annuelles et mensuelles sur des données atmosphériques locales : température, pression atmosphérique, précipitations, ensoleillement, humidité, vitesse du vent. Sont également pris en compte leur récurrence ainsi que les phénomènes exceptionnels.

1- Echelle du climat

Le climat peut être considéré à différentes échelles :

- **Le macroclimat** : s'applique à une zone géographique très étendue (continent, océan), voire l'ensemble du globe. A cette échelle le climat est essentiellement conditionné par la distribution de l'énergie solaire, la circulation atmosphérique, les transferts de vapeur d'eau et les contrastes océants-continants. Exemple : le climat polaire, le climat de France, le climat du bassin occidental de la Méditerranée.
- **Le mésoclimat** : correspond aux caractéristiques climatiques d'une région naturelle de dimensions limitées : plateau, vallée, côte... en plus des critères précédents, interviennent, en particulier, les caractéristiques géomorphologiques régionales susceptibles de modifier le bilan énergétique et de perturber l'écoulement de l'air : modelé topographiques, couvert végétal. Exemple : climat de bassin parisien, climat de la forêt.
- **Le microclimat** : représente, en principe, la structure climatique fine de la couche atmosphérique adjacente à une surface déterminée et suffisamment homogène ; microclimat d'un lac, d'un champ de maïs.

2- Température

La température est une grandeur physique mesurée à l'aide d'un thermomètre, qui permet de repérer l'énergie thermique d'un corps. Elle est aussi, le degré d'agitation des particules qui composent un système, elle est le résultat de l'énergie cinétique de ce dernier.

L'échelle de température la plus répandue est le degré Celsius, dans laquelle la glace (formée d'eau) fond à 0 °C et l'eau bout à environ 100 °C dans les conditions standard de pression. Dans les pays utilisant le système impérial (anglo-saxon) d'unités, on emploie le degré Fahrenheit où la glace fond à 32 °F et l'eau bout à 212 °F. L'unité du système international d'unités(SI), d'utilisation scientifique et définie à partir du zéro absolu.

Echelles de mesure des températures et conversions

À partir de :	Kelvin	Celsius	Fahrenheit
$T_{\text{Kelvin}} =$	T_K	$T_C + 273,15$	$\frac{5}{9} (T_F + 459,67)$
$T_{\text{Celsius}} =$	$T_K - 273,15$	T_C	$\frac{5}{9} (T_F - 32)$
$T_{\text{Fahrenheit}} =$	$\frac{9}{5} T_K - 459,67$	$\frac{9}{5} T_C + 32$	T_F

La connaissance de la température en un lieu donné se fait à partir des 5 variables qui sont :

- Les moyennes des minimums et des maximums.
- La moyenne mensuelle : $(M+m)/2$
- Le minimum absolu et le maximum absolu.
- L'amplitude thermique ($a= M-m$) la différence entre la T du mois le plus chaud et la T du mois le plus froid.

3- Les précipitations : ils ont pratiquement toujours lieu sous forme de pluie. Ce dernière est un facteur climatique important qui conditionne l'écoulement superficiel et la ressource des aquifères.

4- L'humidité : c'est la combinaison de la disponibilité en eau et de la température .Elle provient à partir de l'évaporation .On mesure l'humidité par l'hygromètre en %.

Exercice:

1. Transformer les T° suivants en kelvin : 12C°,100 C°,45 F°,150 F°,19 C°,222 F°.
2. Transformer les T° suivants en Celsius : 115 k ,20 F°, 222 F°,167 K, 189F°.

TD 2. Les facteurs édaphiques

RAPPELS

1.1. La texture du sol : se définit par les proportions relatives de particules de dimensions différentes. La texture peut s'apprécier sur le terrain ou être déduite de l'analyse granulométrique qui permet, précisément, de déterminer les proportions des diverses particules, réparties en classes de dimensions. Elle est la résultante du mélange argile, sable, limon, dont les pourcentages varient d'un sol à l'autre. La connaissance de la texture permet d'indiquer les tendances du sol quant à ses qualités physiques c'est-à-dire sa perméabilité. En fonction de la proportion de ces différentes fractions granulométriques, on détermine les textures suivantes :

- **Textures fines** : comportent un taux élevé d'argile (>20%) et correspondent à des sols dits « lourds », difficiles à travailler, mais qui présentent un optimum de rétention d'eau.
- **Textures sableuses ou grossières** : elles caractérisent les sols légers manquant de cohésion et qui ont tendance à s'assécher saisonnièrement.
- **Textures moyennes** : on distingue deux types :
 - Les limons argilo-sableux qui ne contiennent pas plus de 30 à 35% de limons, qui ont une texture parfaitement équilibrée et qui correspondent aux meilleures terres dites « franches ».
 - Les sols à texture limoneuse, qui contiennent plus de 35% de limons, sont pauvres en humus (matière organique du sol provenant de la décomposition partielle des matières animales et végétales).

1.2. La structure du sol

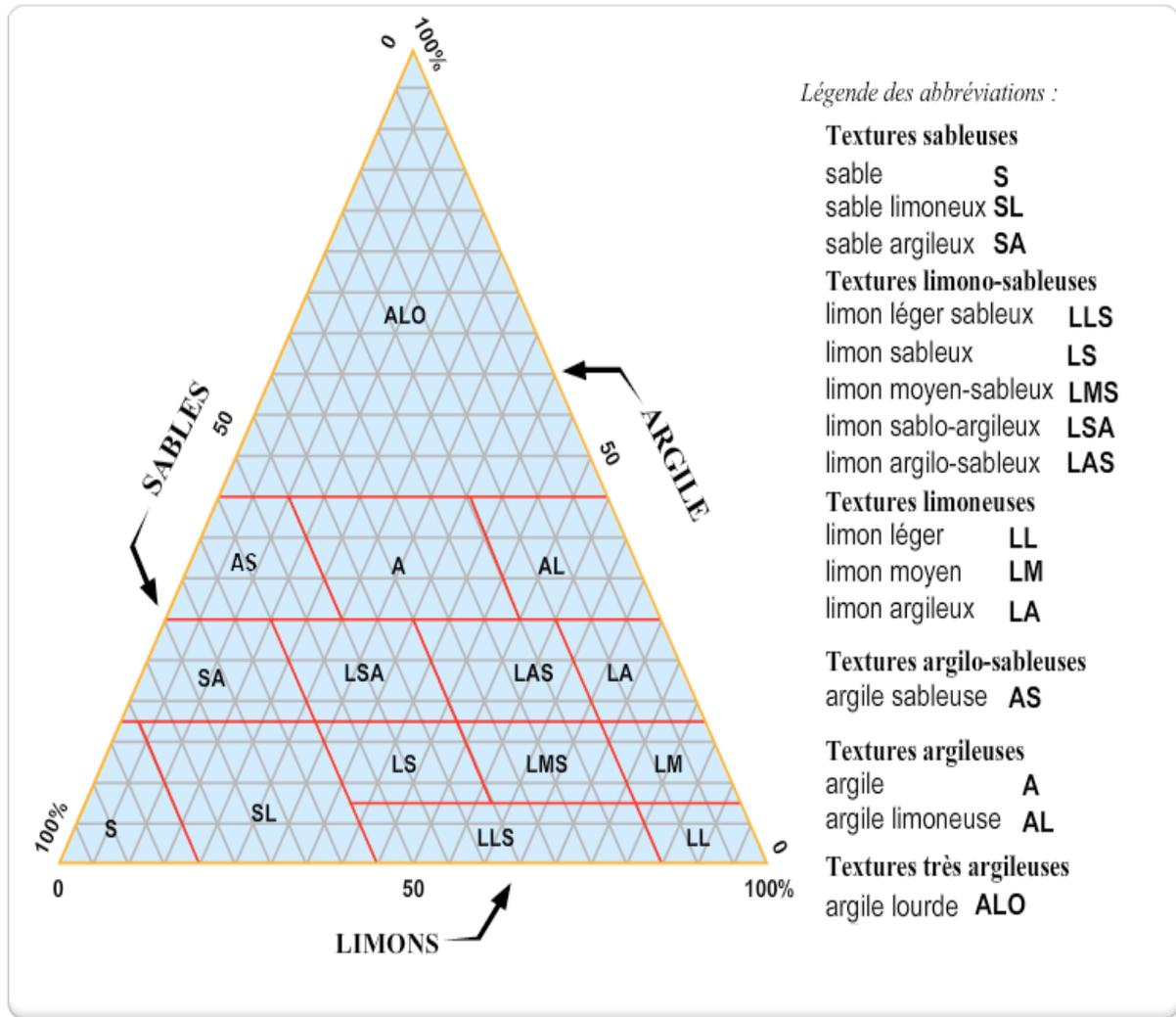
La structure est l'organisation du sol. Elle se définit également comme étant l'arrangement spatial des particules de sables, de limons et d'argiles. On distingue principalement trois types de structures :

- **Particulaire** : où les éléments du sol ne sont pas liés, le sol est très meuble (sols sableux).

- **Massive** : où les éléments du sol sont liés par des ciments (matière organique, calcaire) durcies en une masse très résistante discontinue ou continue (sols argileux). Ce type de sol est compact et peu poreux.
- **Fragmentaire** : où les éléments sont liés par des matières organiques et forment des agrégats (Assemblage hétérogène de substances ou d'éléments qui adhèrent solidement entre eux) de tailles plus ou moins importantes. Cette structure est la plus favorable à la vie des êtres vivants.

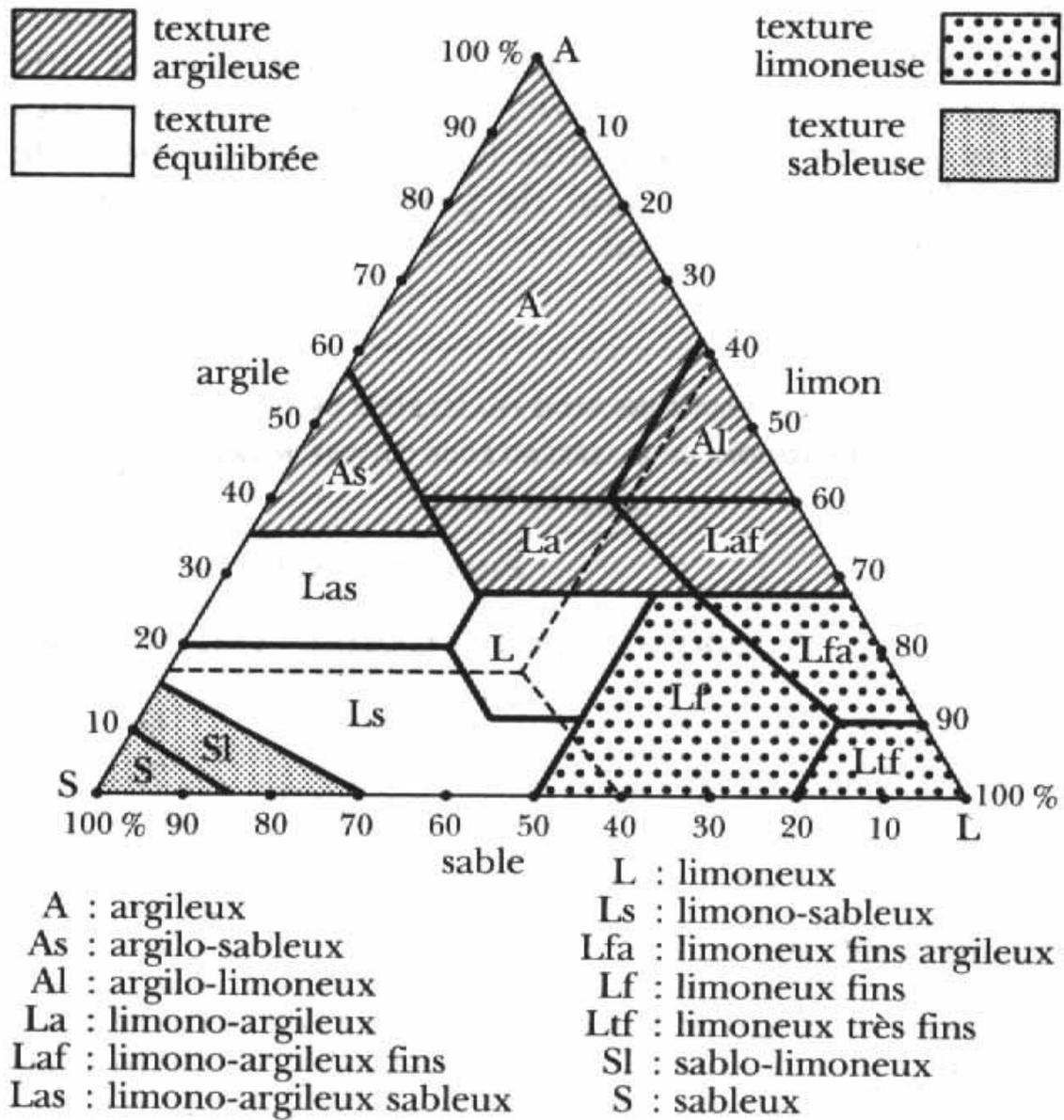
LE TRIANGLE DE TEXTURE

Le triangle de texture est un triangle équilatéral, dont les côtés représentent les teneurs en argile (axe droit), limons (axe basal) et sable (axe gauche), chaque axe étant gradué de 0 à 100%. La connaissance de la texture permet d'indiquer les tendances du sol quant à ses qualités physiques c'est-à-dire sa perméabilité.



Exercice

Positionnons dans ce triangle un point dont l'analyse granulométrique nous a donné la répartition suivante : 25% d'argile, 50% de limons et 25% de sable ?



TRIANGLE DES TEXTURES
(d'après U.S. département of agriculture)

TD 3. Etude Bioclimatique (utilisation des données)

De nombreux indices bioclimatiques ont été proposés par des géographes (Lang, Martonne) et par des botanistes (Gausson, Emberger) pour caractériser le climat d'une région ; soit par formule mathématique, soit par un formule graphique. La plupart de ces indices bioclimatiques combinent des valeurs des Précipitations (Pr) et des Températures (T).

LES EXPRESSIONS NUMERIQUES

1. L'indice d'aridité de MARTONE

$$I = \frac{P}{T + 10}$$

P= précipitations annuelle en millimètres.
T= température moyenne annuelle en °C.

L'indice pour un mois donné est :

$$I = \frac{12p}{t + 10}$$

P= pluviosité du mois.
t = température moyenne en °C

L'indice est plus bas si le climat est aride :

- I < 10 très sec ;
- I < 20 sec ;
- I < 30 humide ;
- I > 30 très humide.

2. Le quotient pluviométrique d'Emberger:

Le **quotient pluviométrique** ou *indice climatique* sert à définir les cinq différents types de climats méditerranéens, depuis le plus aride, jusqu'à celui de haute montagne.

Ce quotient est défini par la formule :

$$Q = \frac{2000P}{M^2 - m^2}$$

- Q quotient pluviométrique d'Emberger
- M la moyenne des températures du mois le plus chaud en kelvin.

- m la moyenne des températures du mois le plus froid en kelvin.
- P pluviométrie annuelle en mm

N.B : °K = °C+273,15

En appliquant la formule suivante élaborée par STEWART pour l'Algérie et le Maroc, soit:

$$Q2 = \frac{3,43P}{M - m}$$

- P: Pluviométrie annuelle moyenne en mm.
- M: Moyenne maximale du mois le plus chaud en °C
- m: Moyenne minimale du mois le plus froid en °C.

LES REPRESENTATIONS GRAPHIQUES

1. Diagramme thermique et pluviométrique

1.1 Diagramme thermique :

En abscisses les mois ; en ordonnées les moyenne mensuelles de température.

1.2 Diagramme pluviométrique

En En abscisses les mois ; en ordonnées les moyennes de pluies.

2. Le diagramme ombro-thermique (ombro= pluie ; thermo= T)

En abscisse **les mois**.

En ordonnées - **Les températures à gauche.**

- **Les précipitations à droite.**

On double l'échelle des P : **1 c° = 2 mm**

Le croisement des deux courbes donne la saison aride (permet de mettre en évidence les périodes de sécheresses).

3. Le diagramme des bioclimats méditerranéens (ou climatogramme) permet de déterminer le **bioclimat** auquel appartient la station d'étude ainsi que **la variante de l'hiver**.

Un diagramme des bioclimats méditerranéens est proposé avec :

- **En abscisses**, la moyenne des minima du mois le plus froid (C°).
- **En ordonnées**, le quotient pluviométrique d'Emberger,
- **Le climatogramme permet la représentation des étages bioclimatiques méditerranéens.**

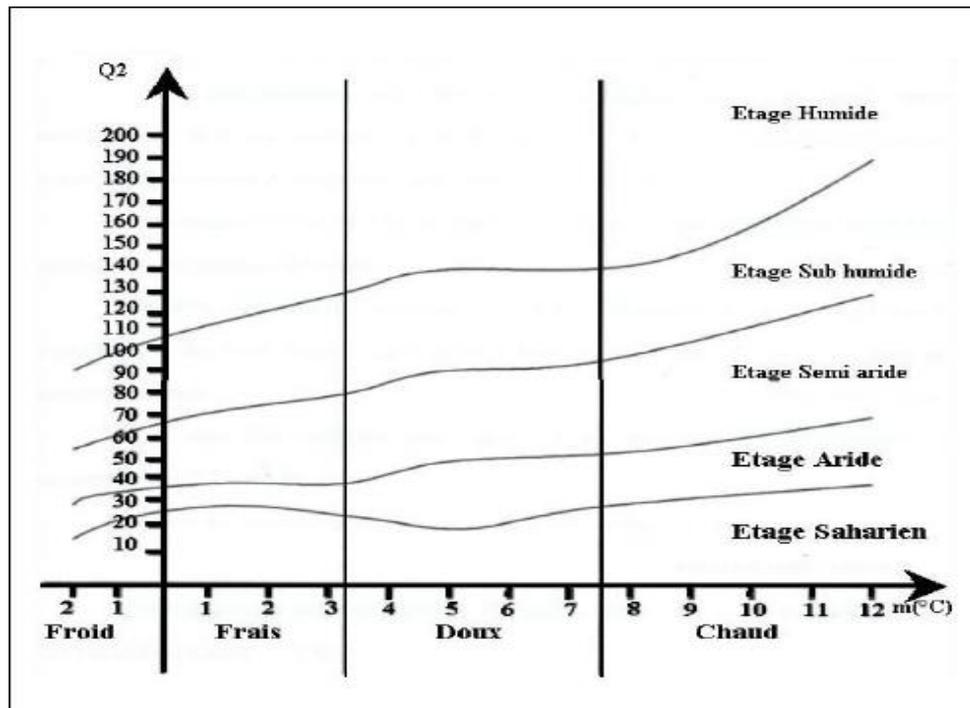


Figure 1. Climatogramme d'emberger.

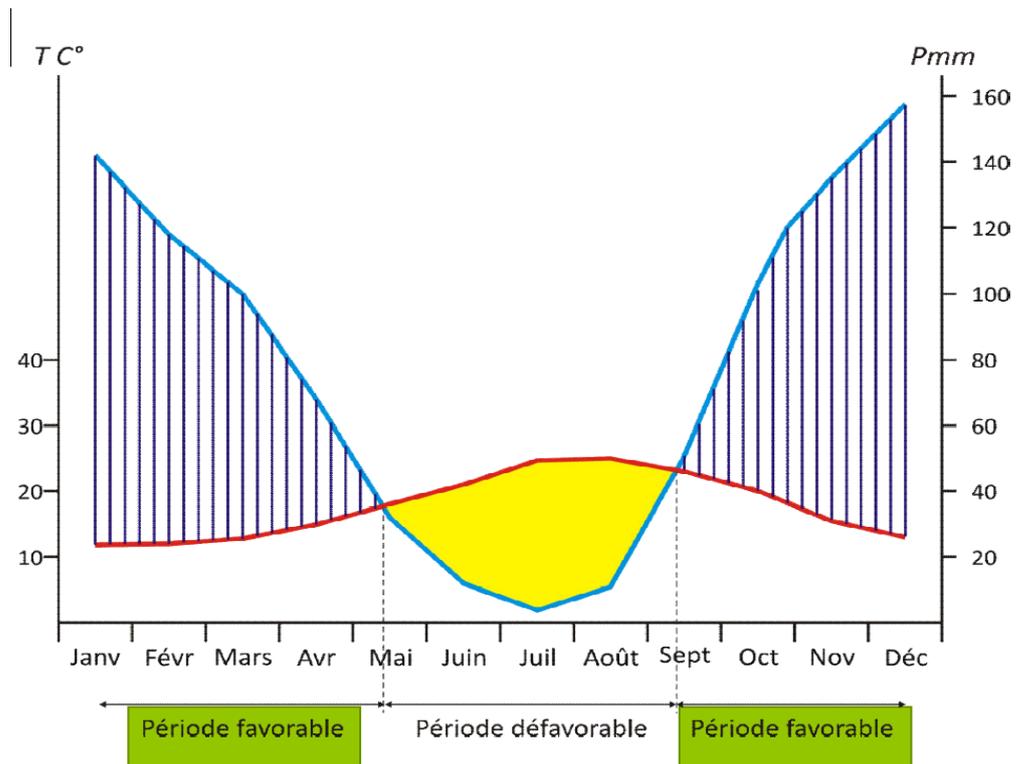


Figure 2. Diagramme ombrothermique

Exercice n°1 :

Calculer l'indice d'aridité de Martonne et vérifier la nature du climat dans les stations suivantes :

Station	P (mm)	T(C°)
Station 1	1126	10.8
Station 2	1182	14
Station 3	51	21.8

Exercice n°2 :

Pour chaque station :

Station	/	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Station1	P	13	11	19	15	9	4	1	6	17	18	19	16
	T	11	13	16.3	20.6	25.2	30.8	33.7	33.1	28.9	22.2	16.3	12.2
Station2	P	51	35	49	46	53	29	14	33	69	89	86	78
	T	7.4	8.3	11	13.6	17.1	20.3	23.1	22.7	20.1	16.1	11.8	8.2
Station3	P	71	64	82	60	49	30	9	18	59	114	93	84
	T	8	8.9	10.9	13.5	16.9	20.6	23.1	22.9	20.4	16.2	12.2	9.3

1. Calculer l'indice d'aridité de Martonne et vérifier la nature de climat.
2. Calculer le quotient pluviométrique et vérifier la nature de climat.
3. Représenter graphiquement les données du tableau :
 - Diagramme thermique.
 - Diagramme pluviométrique.
 - Diagramme Ombrothèrmique (avec l'interprétation).
 - Climatogramme.

TD 4. Cycles Biogéochimiques

1. Cycle de l'eau

Le **cycle de l'eau** (ou **cycle hydrologique**) est un modèle représentant le parcours entre les grands réservoirs d'eau liquide, solide ou de vapeur d'eau sur Terre : les océans, l'atmosphère, les lacs, les cours d'eau, les nappes d'eaux souterraines et les glaciers. Le « moteur » de ce cycle est l'énergie solaire qui, en favorisant l'évaporation de l'eau, entraîne tous les autres échanges.

Les différents réservoirs :

- L'eau salée liquide des océans : le réservoir le plus important ;
- l'eau douce liquide : cours d'eau, lacs, étangs d'eau douce, marais ;
- Les glaciers : le flux peut être stocké pour un temps sous forme de neige ou de glace. Leur fonte est plus ou moins importante suivant les variations du climat ;
- l'eau atmosphérique (vapeur d'eau)

Cycle naturel de l'eau :

Le cycle de l'eau naturel consiste en un échange d'eau entre les différents compartiments de la Terre : l'hydrosphère, l'atmosphère et la lithosphère (**Fig.01**).

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

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

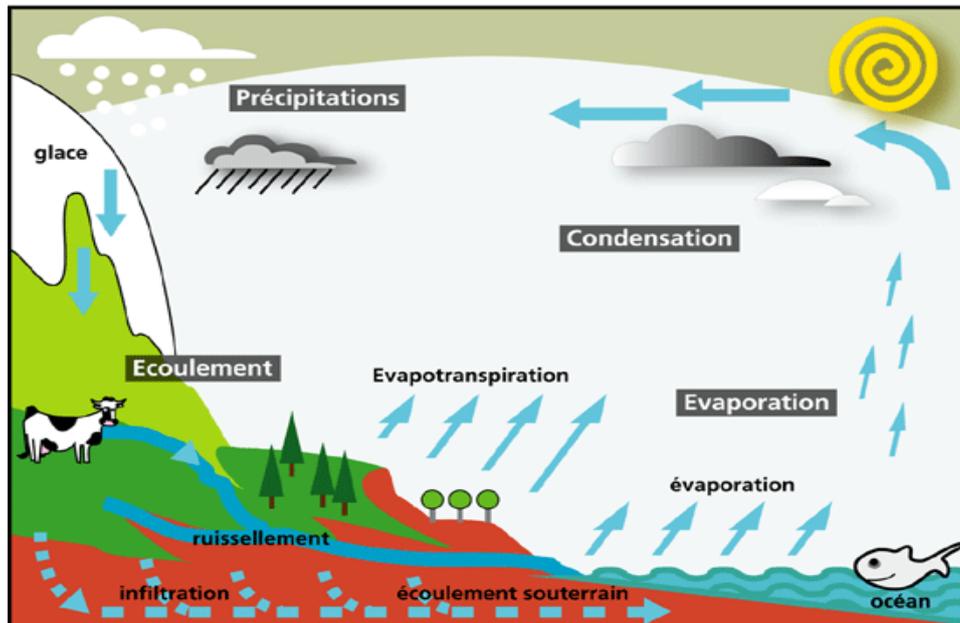


Figure 1. Cycle de l'eau

2. Cycle du carbone

Le carbone constitue moins de 1% de l'écorce terrestre, mais c'est le plus important des éléments chimiques caractérisant le monde vivant avec l'oxygène.

Il existe quatre réservoirs de carbone : l'hydrosphère, la lithosphère, la biosphère et l'atmosphère. La plus grande partie du carbone terrestre est piégée dans des composés qui participent peu au cycle : roches sous forme de carbonates et océan profond. L'essentiel du cycle se fait entre l'atmosphère, les couches superficielles du sol et des océans, et la biosphère (biomasse et nécromasse).

Lors de la respiration, les êtres vivants consomment de l'oxygène et rejettent du dioxyde de carbone (CO_2) dans l'atmosphère. De même, les industries, les véhicules de transports rejettent du CO_2 dans l'atmosphère après combustion d'un carburant, en présence d'oxygène. Les éruptions volcaniques sont également considérées comme source naturelle de CO_2 . Le CO_2 est absorbé par les plantes (photosynthèse) et l'eau (dissolution). Photosynthèse et dissolution sont les phénomènes permettant le recyclage du gaz carbonique (**Fig. 1**).

Après la photosynthèse, le carbone se combine avec d'autres éléments pour former des molécules complexes, qui après la mort de la plante seront dégradées très lentement en charbon. Lors de leur combustion, ces combustibles fossiles formeront à nouveau du CO_2 .

Le CO_2 de l'air et celui dissous dans l'eau constituent la seule source de carbone inorganique à partir de laquelle s'élaborent toutes les substances biochimiques constituant la cellule vivante (grâce à

l'assimilation chlorophyllienne).

Au cours de la respiration des autotrophes, des hétérotrophes et de divers autres organismes, le gaz carbonique est dégagé parallèlement à la consommation d'oxygène. Le dégagement de CO₂ a lieu également au cours des fermentations qui conduisent à une décomposition partielle des substrats dans des conditions anaérobies.

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 (les acides humiques). Dans certains cas les matières organiques ne sont pas entièrement minéralisées et elles s'accumulent dans diverses formations sédimentaires. Il se produit une stagnation et même un blocage du cycle du carbone. C'est le cas actuellement de la formation de tourbe ou par le passé de la constitution de grands dépôts de houille, de pétrole et d'autres hydrocarbures fossiles.

Cependant, nous produisons trop de dioxyde de carbone et notre Terre n'arrive plus à le recycler. Le taux de CO₂ dans l'atmosphère augmente et le climat se réchauffe. En effet, le CO₂ présent dans l'atmosphère permet de piéger la chaleur du soleil qui rend la vie possible sur Terre. C'est ce qu'on appelle l'effet de serre. En augmentant la concentration de CO₂ dans l'atmosphère, l'équilibre de notre écosystème est perturbé. Le climat se réchauffe et cela peut avoir des conséquences graves sur la vie sur Terre : les calottes glaciaires pourraient fondre et augmenter le niveau des mers en certains points provoquant des inondations, augmentation des conditions climatiques extrêmes comme les tempêtes, les raz de marée, la sécheresse... etc.

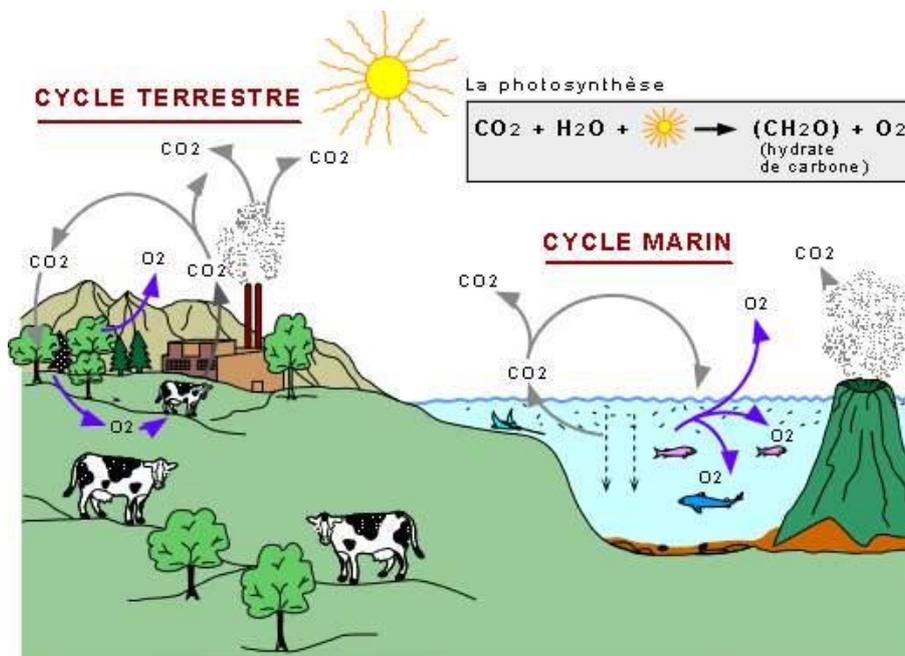
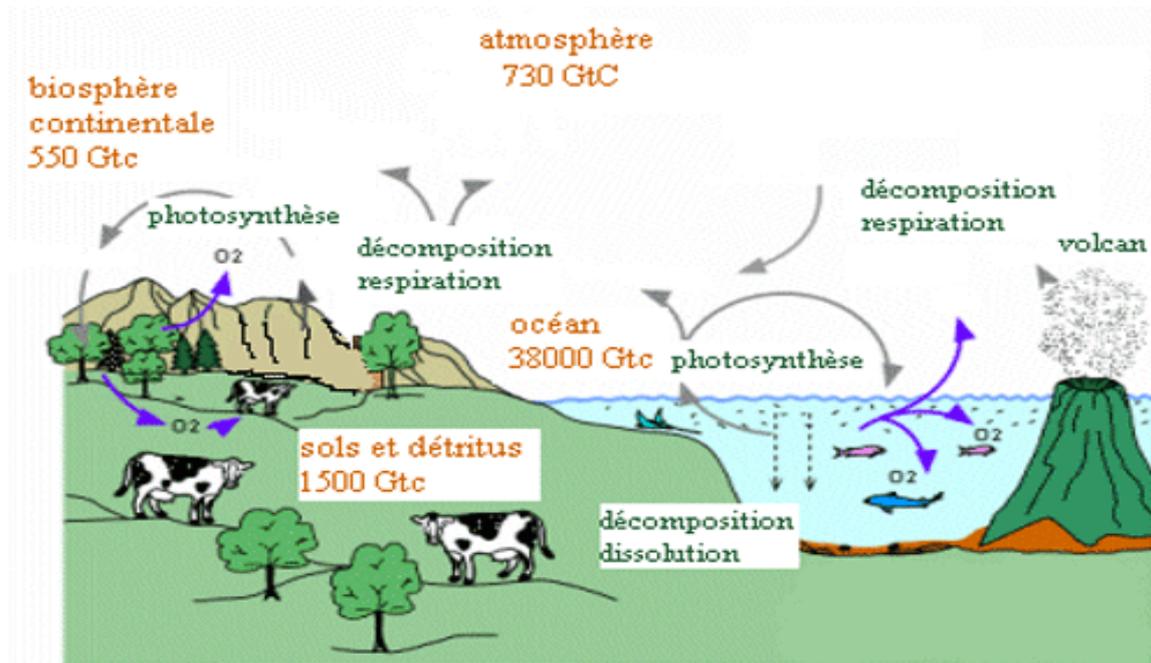


Figure 1. Cycle du carbone

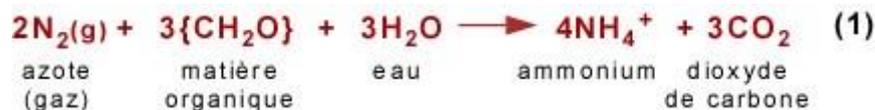


GtC = milliards de tonnes de carbone / flux de carbone en Gt c /an⁻¹

3. Le cycle de l'azote

L'azote est un composé de base vital pour de nombreux processus biologiques dont la synthèse des acides aminés constituant les protéines et les bases nucléiques de l'ADN. Trois processus de base sont impliqués dans le recyclage de l'azote : la fixation de l'azote diatomique N₂, la nitrification et la dénitrification.

La **fixation de l'azote** 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 N₂. Il s'agit en particulier des cyanobactéries et de certaines bactéries vivant en symbiose avec des plantes (entre autres, des légumineuses). La réaction chimique type est:



Dans les sols où le pH est élevé, l'ammonium se transforme en ammoniac gazeux:



La réaction nécessite un apport d'énergie de la photosynthèse (cyanobactéries et symbiotes de légumineuses). Cette fixation tend à produire des composés ammoniacués tels l'ammonium NH₄⁺ et

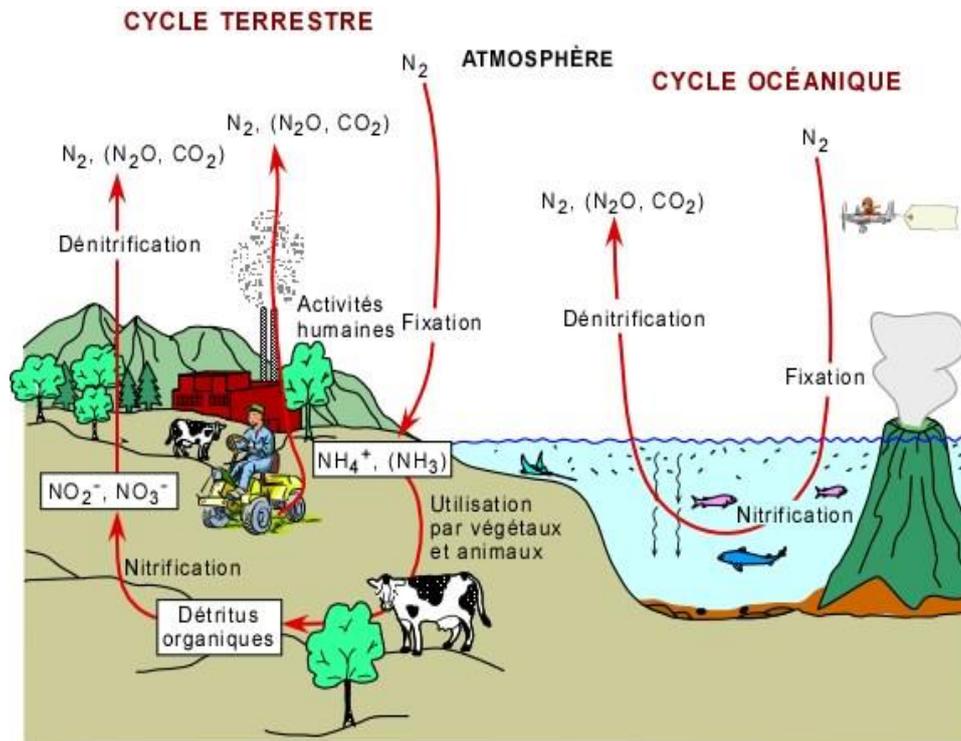


Figure 1. Cycle de l'azote

Le principal réservoir de l'azote est l'atmosphère qui en renferme 79% en poids. La formation de nitrates par voie inorganique s'effectue sans cesse dans l'atmosphère par suite des décharges-électriques lors des orages. Mais, elle ne joue qu'un rôle secondaire par rapport à celui des micro-organismes nitrifiants. Ces derniers sont surtout représentés par des bactéries, soit libres (*Azotobacter*, *Clostridium*, *Rhodospirillum*), soit symbiotiques (*Rhizobium*). Dans le milieu aquatique ce sont surtout les algues cyanophycées (algues bleues) qui sont fixatrices de l'azote gazeux.

L'azote nitrique ainsi élaboré par ces nombreux micro-organismes terrestres ou aquatiques est finalement absorbé par les végétaux, amené dans les feuilles et transformé en ammoniac, grâce à une enzyme spécifique, la nitrate-réductase. Ensuite, l'ammoniac est transformée en azote aminé puis en protéines.

Les protéines et autres formes de l'azote organique contenues dans les cadavres, excréta et déchets organiques vont être attaquées par des microorganismes bioréducteurs (bactéries et champignons) qui produisent l'énergie dont ils ont besoin par la décomposition de cet azote organique qui est ensuite transformé en ammoniac, c'est l'ammonification.

Une partie de cet azote ammoniacal peut être absorbé directement par les végétaux, mais il peut être aussi utilisé par des bactéries nitrifiantes (les *Nitrosomonas*) pour produire leur énergie métabolique. Celles-ci transforment l'ammoniac NH_4^+ en nitrite, NO_2^- , c'est la nitrification, puis les *Nitrobacter* le

transforment en NO_3^- , c'est la nitratisation. L'ion nitrate NO_3^- est alors absorbé par les végétaux.

L'azote retourne constamment à l'air sous l'action des bactéries dénitrifiantes (*Pseudomonas*) qui sont capables de décomposer l'ion NO_3^- en N_2 qui se volatilise et retourne à l'air; mais le rôle de ces bactéries est heureusement peu important.

Une partie non négligeable des nitrates peut être lessivée par les eaux de ruissellement et entraînée en mer. L'azote peut alors être immobilisé par incorporation aux sédiments profonds. Cependant, il est en grande partie repris par les organismes du phytoplancton et il entre dans une chaîne alimentaire aboutissant à des oiseaux qui le ramènent, par leurs déjections, au milieu terrestre sous la forme de guano.

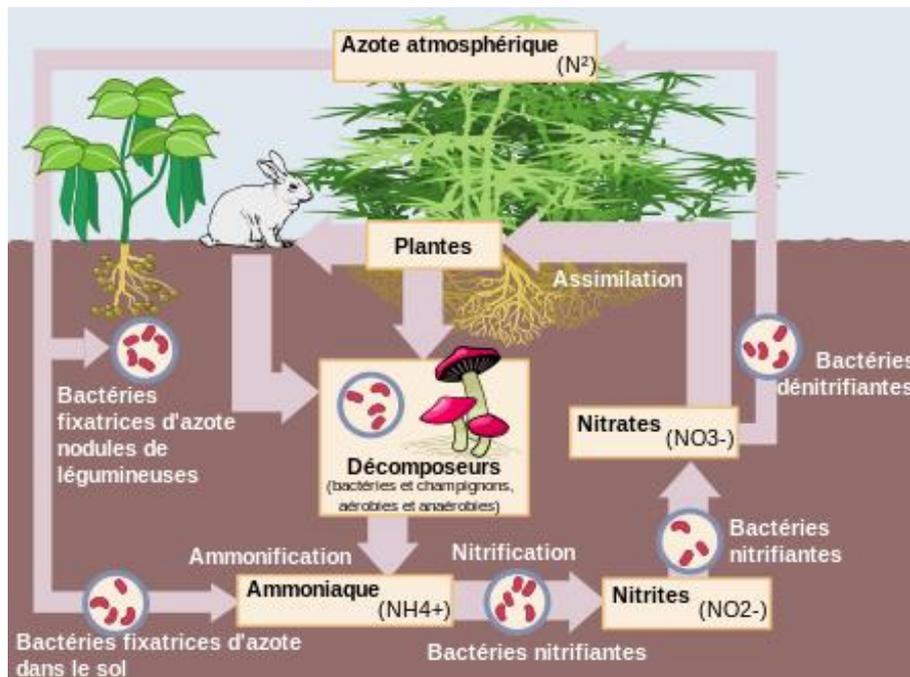


Figure 2. Cycle terrestre de l'azote

4. Cycle de phosphore

Le cycle du phosphore est unique parmi les cycles biogéochimiques majeurs car il ne possède pas de composante gazeuse. Par conséquent, il n'affecte pratiquement pas l'atmosphère. En milieu terrestre, le phosphore est, le plus souvent, sous forme de phosphate c'est-à-dire un atome de phosphore entouré de quatre atomes d'oxygène (PO_4). Il est présent sous cette forme notamment comme composant du squelette des êtres vivants mais aussi des dents des vertébrés. Plus généralement, il est essentiel à la fabrication de nombreuses molécules, comme les protéines et les acides nucléiques : [ARN](#) et [ADN](#). Il se distingue aussi des autres

cycles par le fait que le transfert de phosphore (P) d'un réservoir à un autre n'est pas contrôlé par des réactions microbiennes, comme c'est le cas par exemple pour l'[azote](#).

Pratiquement tout le phosphore en milieu terrestre est dérivé de l'altération des phosphates de calcium des roches de surface, principalement de l'apatite. Bien que les sols contiennent un grand volume de phosphore, une petite partie seulement est accessible aux organismes vivants. 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 (La quantité de phosphore contenue dans la solution du sol se situe entre 0,1 et 3,7 kg P₂O₅/ha. Les plantes absorbent principalement les ions phosphates sous la forme de H₂PO₄⁻ et HPO₄²⁻..)**, Une fois les ions phosphates absorbés par les plantes autotrophes, le phosphore est intégré dans les différents niveaux de réseaux trophiques, allant des consommateurs jusqu'aux décomposeurs, et devient donc du phosphate organique. Le retour à la terre de ce phosphate organique se fait par sédimentation de la matière organique morte et des excréments des animaux, grâce à l'action combinée des organismes [saprophages](#) et des micro-organismes décomposeurs. On obtient alors du phosphore sous forme d'orthophosphates minéraux pour les plantes vertes et autres autotrophes.

Le phosphore est introduit dans les écosystèmes aquatiques par les eaux de ruissellement. Celles-ci vont ensuite rejoindre les océans, permettant ainsi le développement du phytoplancton et des animaux des divers maillons de la chaîne trophique.

Le passage du phosphore organique à inorganique est assuré par les bactéries (*eubacillus* et *bacillus*) ou des champignons (saccharomyces et penicillium).

Un retour partiel des phosphates des océans vers les terres Par deux manières différentes :

- La sédimentation de la matière organique phosphatée dans les fonds océaniques permet le passage du phosphore de la **biosphère** aux roches phosphatées fossilisées.; beaucoup plus tard, les roches sont ramenées à la surface par les mouvements tectoniques et le cycle recommence.
- La consommation du phosphore par la faune marine) rend cette dernière riche en l'élément phosphore. Les activités de pêche ainsi que les dépôts de guano par les oiseaux marins (grands consommateurs d'organismes marins) permettent ainsi le retour du phosphore en milieu terrestre.

Le phosphore est un élément limitant dans plusieurs écosystèmes terrestres, du fait qu'il n'y a pas de grand réservoir atmosphérique de phosphore comme c'est le cas pour le carbone, l'oxygène et l'azote, et que sa disponibilité est directement liée à l'altération superficielle des roches. Il n'est pas clair si cette limitation est applicable à l'océan, mais la plupart des chercheurs considèrent qu'elle le serait sur une longue échelle de temps. L'activité humaine intervient dans le cycle du phosphore en exploitant des mines de phosphate, en grande partie pour la fabrication des fertilisants. Ajoutés aux sols en excès, les phosphates sont drainés vers les systèmes aquatiques. Puisque le phosphore est souvent un nutriment limitatif dans les rivières, les lacs et les eaux marines côtières, une addition de phosphore dans ces systèmes peut agir comme fertilisant et générer des problèmes d'eutrophisation (forte productivité biologique résultant d'un excès de nutriments).

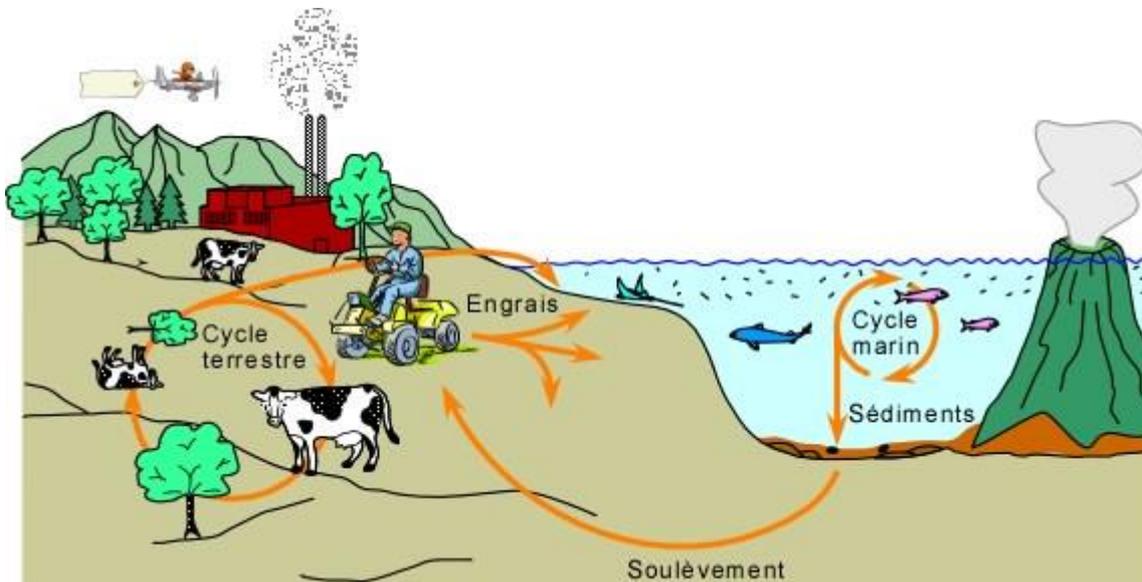


Figure 1. Cycle de phosphore

TD 5. Transfert d'énergie et rendements

RAPPELS

Les productivités

- Productivité brute (PB): Quantité de matière vivante produite pendant une unité de temps, par un niveau trophique donné.
- Productivité nette (PN): $PN = PB - R$.
- Productivité primaire : productivité nette des autotrophes chlorophylliens.
- Productivité secondaire : productivité nette des herbivores, des carnivores et des décomposeurs

Les rendements

- Rendement écologique : C'est le rapport de la production nette du niveau trophique de rang (n+1) à la production nette du niveau trophique de rang (n) : $(PS1/PN \times 100)$ ou $(PS2/PS1 \times 100)$.
- Rendement d'exploitation : c'est le rapport de l'énergie ingérée (I) à l'énergie disponible. C'est la production nette de la proie : $(I1/PN \times 100)$ ou $(I2/PS1 \times 100)$.
- Rendement d'assimilation : C'est le rapport de l'énergie assimilée (A) à l'énergie ingérée (I). Ce rendement exprime l'aptitude d'une espèce à utiliser l'énergie contenue dans les aliments : $(A1/I1 \times 100)$ ou $(A2/I2 \times 100)$
- Rendement de production nette : Qui est le rapport de la production nette à l'énergie assimilée : $(PS1/A1 \times 100)$ ou $(PS2/A2 \times 100)$.

Exercice

Soit un écosystème qui reçoit $1000000 \text{ Kcal/m}^2/\text{j}$ d'énergie lumineuse ; il n y a que 2,5% de cette énergie qui est utilisée par la photosynthèse. La respiration des plantes fait perdre 90% de l'énergie accumulée. Les herbivores produisent $25 \text{ Kcal/m}^2/\text{j}$; les carnivores primaires produisent $2,5 \text{ Kcal/m}^2/\text{j}$ et les carnivores secondaires produisent $0,5 \text{ Kcal/m}^2/\text{j}$.

1. Calculez la productivité brute (PB) ?
2. Calculez la productivité nette (PN) ?
3. Calculez les rendements écologiques ?