

I. Introduction :

Tout écosystème peut se réduire à la superposition de deux cycles : un cycle de la matière et un cycle d'énergie. La source principale d'énergie est l'énergie solaire. Le flux de matière est accompagné d'un flux d'énergie. Le cycle de la matière est plus ou moins fermé, le cycle d'énergie est ouvert. L'énergie se dégrade et n'est pas récupérable. L'énergie entre dans l'écosystème au niveau des producteurs primaires (végétaux autotrophes). Dans les transferts successifs entre compartiments trophiques, l'énergie circule sous forme d'énergie chimique. C'est à dire associée à des composés endergoniques, énergie qui provient en dernier lieu de celle captée par les producteurs primaires.

la notion de biomasse peut être abordée de la capture d'énergie par les autotrophes.

-La biomasse est la quantité totale de matière vivante (animale ou végétale), donnée en unité de masse, contenue dans un milieu naturel donné.

-Par extension, on appelle aussi biomasse la quantité d'individus de chaque étape de la chaîne alimentaire nécessaire pour que celui qui le mangera prenne une unité de poids.

-Dans le domaine de l'énergie, le terme de biomasse regroupe l'ensemble des matières organiques pouvant devenir des sources d'énergie.

-La Biomasse sèche : Le bois de feu est la plus ancienne source d'énergie. Les divers déchets ligneux constituent la "biomasse sèche" et sont également appelés "bois-énergie".

-La Biomasse humide : Les déchets organiques d'origine agricole (fumiers, lisiers...), agro-alimentaire ou urbaine (déchets verts, boues d'épuration, fraction fermentescible des ordures ménagères...) constituent la "biomasse humide", qui peut être transformée en énergie ou en engrais/amendement.

II. Les Chaînes alimentaires :

Tout être vivant, afin de se maintenir en vie, doit absorber de la matière et de l'énergie.
producteurs primaires :

Ce sont les végétaux autotrophes. Ils constituent le premier niveau trophique de l'écosystème. En effet, grâce à la photosynthèse ils élaborent la matière organique à partir de matières strictement minérales fournies par le milieu extérieur abiotique. La biomasse produite dans un écosystème s'appelle production primaire.

a) Les consommateurs :

Ils sont tous hétérotrophes. Ils élaborent leur matière organique en transformant celle qu'ils prélèvent sur d'autres êtres vivants.

Ils sont donc aussi producteurs (producteurs secondaires). Les consommateurs occupent un niveau trophique différent en fonction de leur régime alimentaire. On distingue trois niveaux :

- les consommateurs primaires (désignés par C1). Ils sont phytophages.

- les consommateurs secondaires (C2). Ils sont prédateurs de C1.

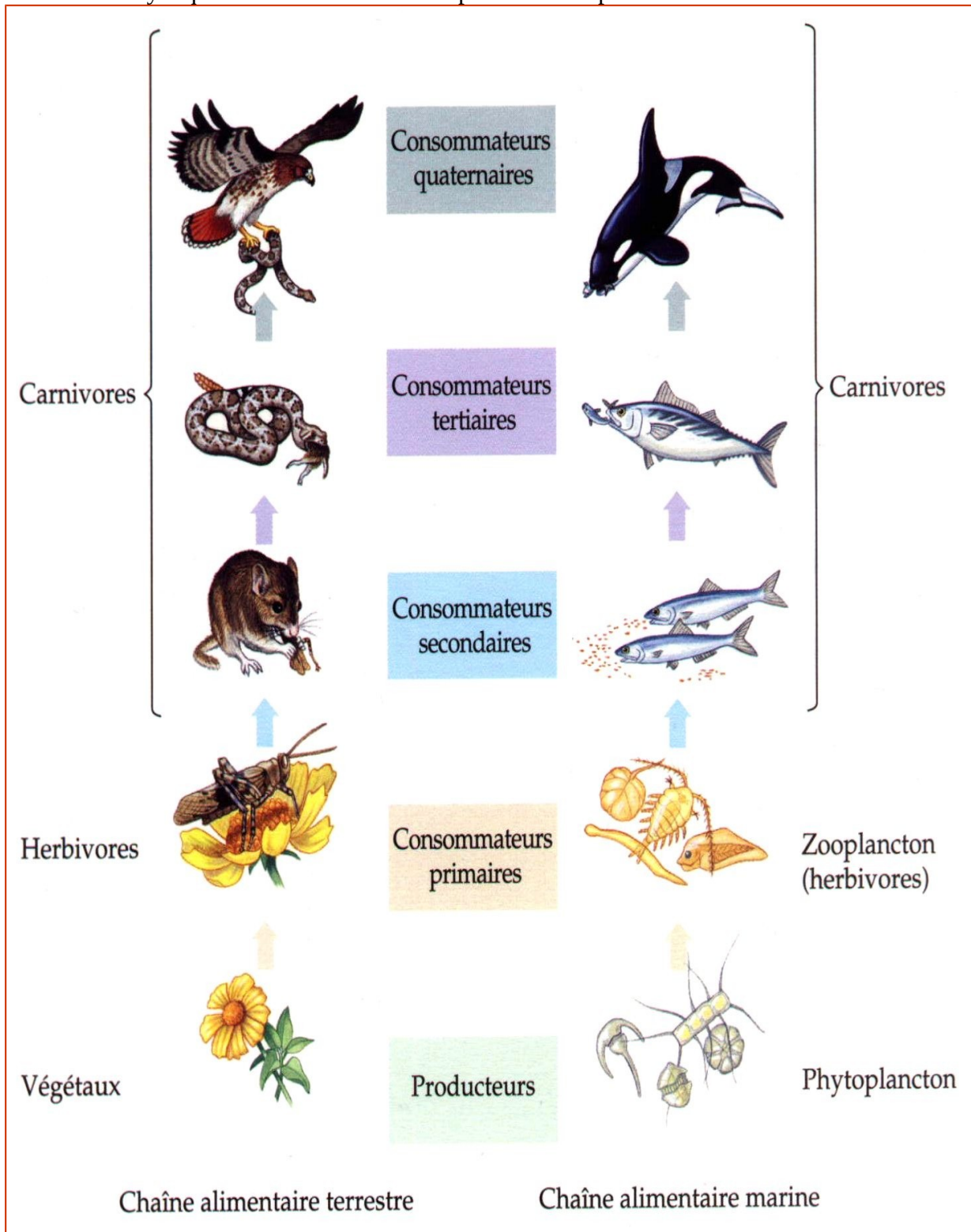
- les consommateurs tertiaires (C3). Ils sont prédateurs de C2.

Le plus souvent, un consommateur est omnivore et appartient donc à plusieurs niveaux trophiques.

b) Les décomposeurs :

Ils consomment la matière organique inerte (cadavres, débris végétaux, matière organique dissoute, ...) et sont appelés pour cela saprophytes (de *sapros* = pourri et *phageïne* = manger). Ce sont essentiellement des invertébrés du sol, des champignons et des bactéries. Ils accélèrent le processus de minéralisation de la matière organique. Les décomposeurs peuvent être consommés par des C2.

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



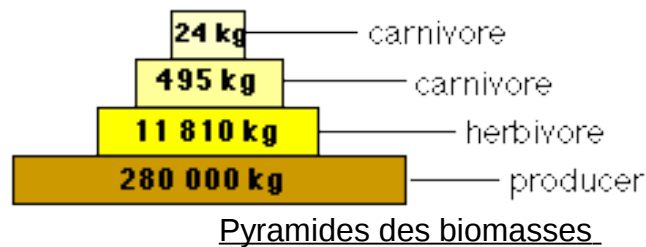
La chaîne alimentaire

III. Pyramides des biomasses :

Un être vivant est une structure chimique très complexe. Or, tout système complexe, si on ne lui fournit pas d'énergie, a tendance à se désorganiser. Les physiciens diraient que l'entropie a toujours tendance à augmenter (entropie = mesure du désordre). Continuellement, un être vivant doit effectuer, afin de maintenir l'intégrité de sa structure, de nombreuses réactions chimiques nécessitant pour se réaliser un apport d'énergie. Il doit donc absorber de l'énergie. De plus, tout organisme vivant doit absorber de la matière.

a) -Principe de la construction pyramidale :

Chacun des niveaux trophiques d'un écosystème est figuré sous forme d'un rectangle dont la longueur est approximativement proportionnelle à la valeur de sa biomasse (en matière sèche) à un instant donné. Les producteurs primaires étant placés en bas, les consommateurs se superposent en respectant l'ordre des niveaux trophiques. Les décomposeurs ne figurent pas sur la pyramide.



b) -Intérêt de la construction pyramidale :

Les pyramides écologiques permettent de visualiser la complexité du réseau trophique. Plus la pyramide comporte d'étages, plus l'écosystème est riche et diversifié. La pyramide met aussi en évidence l'importance des «pertes» entre chaque niveau trophique. La biomasse produite est inférieure à la biomasse consommée. Ces pertes sont dues à la respiration (aliments utilisés à des fins énergétiques), à une utilisation incomplète de l'aliment (mauvaise digestibilité) et enfin à une mortalité autre que par consommation (vieillesse, maladie, accident).

IV. Pyramides des énergies :

D'un point de vue alimentaire, 1 g de bois n'équivaut pas à 1 g de fruit et 1 g de viande n'équivaut pas à 1 g de plume ou d'os. La pyramide des biomasses n'est donc pas représentative de la qualité alimentaire des niveaux trophiques. En convertissant les biomasses en valeur énergétique (en kilojoule), la représentation pyramidale devient qualitative.

La pyramide des énergies permet de faire figurer l'énergie solaire sur l'écosystème, mettant ainsi en évidence la capacité des producteurs à convertir l'énergie solaire (chaleur et lumière).

a) Rayonnement solaire et Pyramide des énergies :

Règle des 1/10^{ème} proposée par Lindeman : environ 1/10^{ème} de l'énergie d'un niveau est transmise au suivant sauf entre soleil et autotrophe : 1/100^{ème}.

la croissance d'une plante en hauteur permet de l'amener plus près de la lumière afin d'optimiser la photosynthèse. Une partie de l'énergie issue de la photosynthèse est donc investie dans cette croissance.

A la base de l'autotrophie, on retrouve la réaction photosynthétique:



Donc, dans l'écosystème, les autotrophes que l'on nomme producteurs transforment l'énergie solaire en énergie chimique contenue dans les liaisons chimiques des molécules organiques synthétisées. On peut donc considérer toute molécule organique comme une réserve d'énergie assimilable par un être vivant.

L'énergie chimique accumulée est utilisée par la plante (respiration végétale) ou conservée comme telle sous forme de matière organique (tissus végétaux).

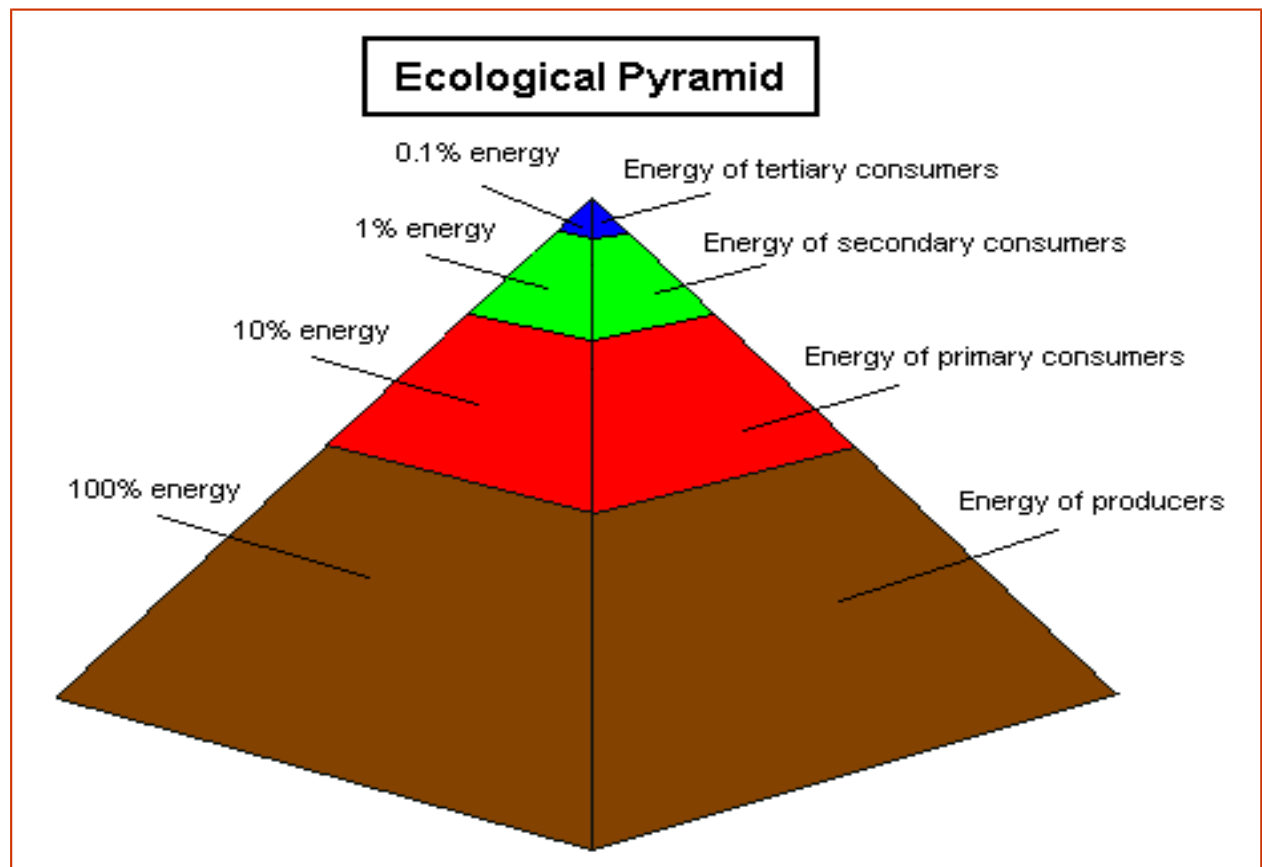
Cette énergie contenue dans les tissus végétaux sera utilisée par les herbivores (C1).

Le consommateur primaire utilisera une partie de la matière végétale pour fabriquer ses propres tissus. L'énergie des liaisons chimiques des molécules formant ces tissus sera maintenant disponible aux C2 et ainsi de suite pour C3-4-5...

Bref, ce qui circule d'un niveau trophique à l'autre, c'est de l'énergie solaire.

Toute la vie de l'écosystème est tributaire de l'énergie solaire.

On connaît certains écosystèmes où les producteurs tirent l'énergie nécessaire à la synthèse de leurs tissus non pas du soleil mais de réactions chimiques simples. Ces producteurs sont des bactéries chimiosynthétiques vivant à grande profondeur dans l'océan près de sources thermales volcaniques. Ces sources thermales leur fournissent des substances chimiques simples qui sont modifiées par les bactéries afin d'en tirer l'énergie nécessaire à la synthèse de matière organique. De tels écosystèmes sont-ils possibles au fond des océans d'Europe, satellite de Jupiter dont la surface est un gigantesque océan recouvert d'une couche de glace? Faudra aller voir.



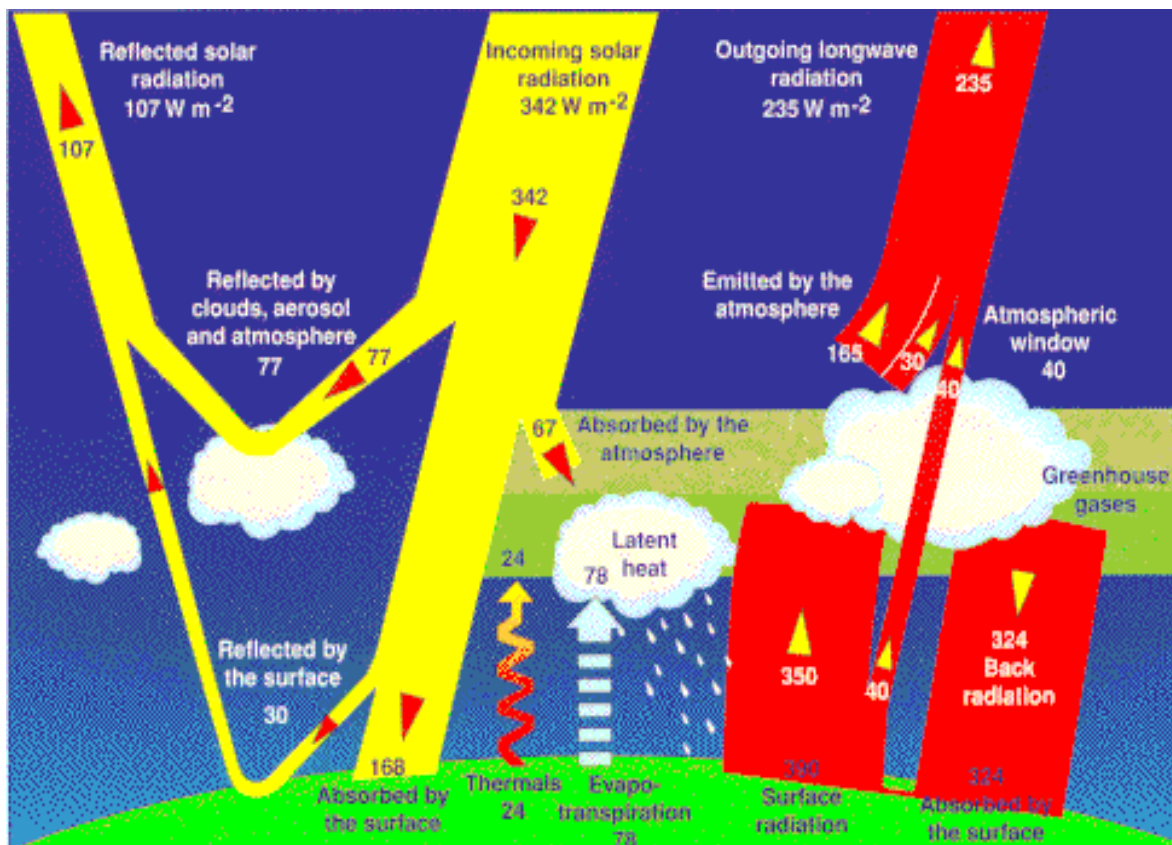
[Pyramide des énergies](#)

Valeur énergétique des graines de quelques arbres en kJ/g	
Bouleau	16
Chêne sessile	17
Charme	23,4
Hêtre	28
Noisetier	28,7

Du total de l'énergie lumineuse atteignant une plante:

- Une partie est reflétée par la plante;
- Une partie est transformée en chaleur;
- Même la lumière frappant les chloroplastes n'est pas entièrement absorbée par la chlorophylle. Celle-ci n'absorbe qu'une petite partie du spectre lumineux (lumière rouge et bleu surtout). Le reste est réfléchi (le vert surtout) ou transformé en chaleur.
- Le peu qui reste correspond à l'énergie lumineuse qui sera absorbée par la chlorophylle.
- Le rendement de la photosynthèse n'est que d'environ 20 à 25%. C'est à dire que du total de l'énergie absorbée par la chlorophylle, seulement 20 à 25% sera convertie en énergie potentielle chimique (énergie contenue dans le glucose). Le reste (75 à 80%) est perdu en chaleur au cours des nombreuses étapes chimiques de la photosynthèse.

b) [Quel pourcentage de l'énergie solaire parvient au sol?](#)



V. La productivité :
a) -la productivité primaire :

On nomme productivité primaire brute (ou PPB) la quantité d'énergie fixée par la plante par photosynthèse (= l'énergie contenue dans le glucose produit par photosynthèse).

Ex. Population de Typha sp. (Quenouilles)

	Radiation solaire totale :	1, 292,000K cal/m2/an	
100%			
	Réflexion :	439,000 Kcal/m2/an	34%
	Chaleur :	844,000 Kcal/m2/an	
65,4%			
	PPB :	8,400 Kcal/m2/an	0,6%

Ces chiffres sont une moyenne annuelle; l'été, la PPB peut atteindre plus de 1%.

Donc, la PPB représente la valeur énergétique du total du glucose synthétisé par photosynthèse.

De cette matière organique (PPB) contenant l'énergie fixée par photosynthèse:

-La plante en utilise une partie, par respiration, pour répondre à ses besoins énergétiques. C'est la respiration végétale (≈ 10 à 50% de la PPB).

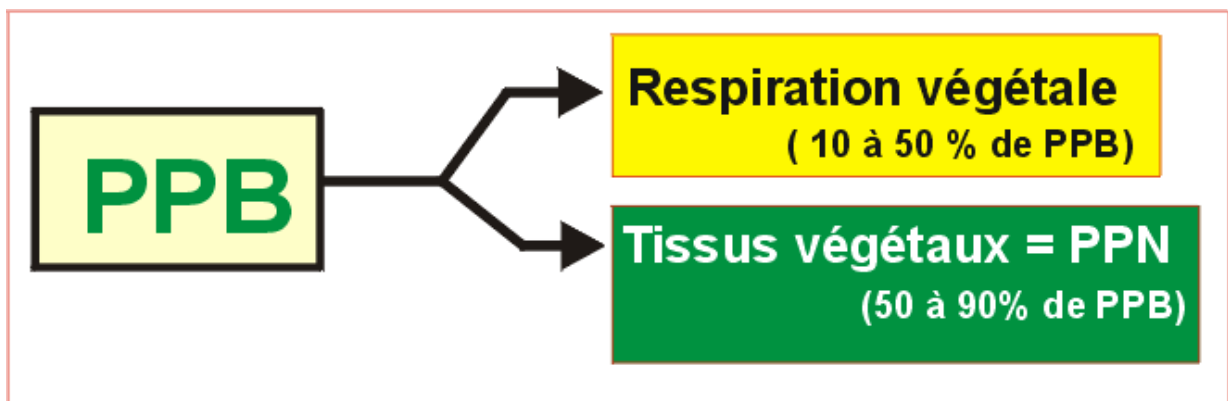
-La plante utilise le reste (≈ 50 à 90%) pour former ses tissus. C'est la productivité primaire nette (PPN).

Productivité primaire nette = PPN

Énergie lumineuse enfermée dans la matière végétale = PPB

La respiration végétale = R

$$PPN = PPB - R$$



La productivité primaire nette par an de l'ensemble de la biosphère est d'environ 170 milliards de tonnes (en poids sec) de matière organique. De ce total, 115 milliards de tonnes sont produites en milieu terrestre et 55 milliards de tonnes sont produites dans les océans (malgré le fait que les océans occupent 70% de la surface de la planète). Les récoltes humaines destinées à l'alimentation s'élèvent à environ 1,2 milliard de tonnes par année.

Arms et Camp, Biologie t.1, p. 583

De nombreux facteurs peuvent faire varier la PPB d'une plante:

On nomme facteur limitant le principal facteur pouvant, en un lieu donné, affecter la productivité d'une plante ou même en compromettre la survie.

En général, les plantes offrant la meilleure productivité nette sont les plantes indigènes adaptées au milieu où elles poussent. Ainsi, le blé cultivé dans les régions tempérées de la planète offre une meilleure productivité que celui cultivé en milieu tropical (le blé est une plante originaire des régions tempérées).

Il est possible d'augmenter artificiellement la productivité nette d'une plante si on lui "facilite la vie" en la plaçant dans des conditions optimales: labourage du sol, irrigation, protection contre les maladies ou les insectes, terre riche en minéraux essentiels (engrais), etc.

Dans les années 60, les généticiens mirent au point des céréales (blé, maïs, riz) à hauts rendements. La culture de ces variétés de céréales mena à ce qu'on devait plus tard appeler "la révolution verte".

Ces plantes:

- fabriquent moins de tissus non comestibles (racines, tiges, feuilles) et donc plus de grains;
- sont cultivées dans des conditions idéales (engrais, drainage, irrigation, désherbage, protection contre les insectes etc.) elles ont donc moins d'énergie à dépenser pour survivre;

Par contre, elles sont très sensibles au manque d'eau ou d'engrais, ou, dans certains cas, aux divers parasites. Leur culture nécessite donc un très grand apport d'énergie extérieure (mécanisation, usage abondant d'engrais chimiques et de pesticides). Les petits paysans du tiers-monde ne peuvent se payer le "luxe" de cultiver de telles variétés, ils n'ont tout simplement pas les moyens de se payer la machinerie, les engrais, l'énergie (pétrole), etc. nécessaires à la bonne croissance de ces plantes. Seules les grandes exploitations (propriétés de quelques grands propriétaires terriens) peuvent se le permettre. La révolution verte, tout en augmentant de façon spectaculaire la production de céréales, a cependant contribué à accroître, dans les pays en voie de développement, l'écart de revenu entre les plus riches et les plus pauvres.

D'ailleurs, de plus en plus, les hauts rendements actuels de l'agriculture moderne sont essentiellement dus à un apport d'énergie fossile (pétrole) à l'écosystème agricole.

b) La productivité secondaire :

-Niveau consommateur

L'herbivore tire ses aliments de la PPB des végétaux.

De cette PPB :

- Une partie n'est pas assimilée par le système digestif de l'herbivore: parties non digestibles de la plante (cellulose par ex.)

- Le reste est digéré puis assimilé par l'organisme, c'est la productivité secondaire brute (Pb2)

De cette PPN:

- Une partie est dégradée en molécules inorganiques pour répondre aux besoins énergétiques de l'animal, c'est la respiration animale.

- Le reste demeure sous forme de composés organiques pour former des tissus animaux (besoins de matière), c'est la productivité secondaire nette (PPN2) qui équivaut à environ 5 à 20% de la PPB.

Ces chiffres sont très variables selon: -La nature du régime alimentaire.

-L'activité et le métabolisme de l'animal.

En gros, à chaque niveau trophique, l'animal ne fixe, sous forme de tissus, qu'environ 10% de ce qu'il a absorbé en nourriture.

Ex : Une personne consomme en moyenne 2,000 Kcal par jour. 100 000 Kcal de maïs

↓

10,000 Kcal boeuf (tissus animaux)

↓
1,000 Kcal de

tissus humains

VI. Les principaux types de biomes terrestres et leur productivité :

Un biome est communauté vivante qui se rencontre sur des vastes surfaces en milieu continental. Elle correspond donc à la biocénose propre à des macrosystèmes. La notion de biome est utilisée essentiellement en écologie terrestre.

Les biomes terrestres sont donc des écosystèmes terrestres caractéristiques de grandes zones biogéographiques qui sont soumises à un climat particulier et caractérisées par une biocénose ou communauté climacique caractéristiques.

Les grands biomes terrestres sont :

- . Dans les régions tempérées et froides
 - Les forêts de conifères des régions boréales : la taïga
 - Les forêts décidues des régions tempérées
 - Les forêts sempervirentes des régions méditerranéennes
 - Les formations herbacées naturelles : prairies et steppes
- . Dans les régions tropicales humides
 - Les forêts équatoriales sempervirentes
 - Les savanes
- . Dans les régions arides et semi-arides
 - Les déserts
 - La toundra
- . Les hautes montagnes
 - Formations azonales, contrairement à la plupart des grands biomes, offrant aux êtres vivants des conditions de vies très spéciales.

a) -Les forêts de conifères des régions boréales : la taïga

La taïga est une ceinture de forêts qui borde la toundra au sud et qui constitue 31% des forêts du globe. Elle développée au Canada et dans le nord de l'Eurasie.

Son climat est caractérisé par 4 mois dont la T° moyenne est supérieure à 10°C ce qui permet l'installation de la forêt. Les hivers sont longs, 6 mois à moins de 0°C et l'enneigement dure 160 à 200 jours par an. Le sol le plus fréquent est un podzol boréal.

Les biocénoses de la taïga sont récentes et pauvres en espèces. Elles se sont installées dans les régions couvertes par les glaciers au Quaternaire et seulement découvertes, il y a environ 5500 ans en Scandinavie. Les arbres sont donc adaptés au froid et on va trouver essentiellement des Conifères (pin, sapin, épicéa, mélèze) mêlés de quelques feuillus comme l'aulne le bouleau et le saule. Le sous-bois est riche en arbustes type Ericacées (*Vaccinium*, *Empetrum*).

Une décomposition de la litière lente, une croissance des arbres et une productivité primaire faible. Du nord au sud : **biomasse** de 100 à 300 t/ha et **productivité primaire** est en moyenn de 800 g/m²/an.

Les animaux sont représentés par de grandes espèces de Cervidés (élan, wapiti, renne), des petits mammifères végétariens (écureuils, porc-épic, lemmings), des carnivores (ours, loup, renard, glouton, martre, vison, animaux à fourrure). Les oiseaux sédentaires sont peu représentés, beaucoup migrent en hiver, on retient le coq de bruyère, le bec croisé.

b) -Les forêts décidues des régions tempérées :

On les trouve en Europe tempérée, depuis l'Atlantique jusqu'au versant sibérien de l'Oural, en Chine septentrionale et centrale, sur le continent nord américain du 110e parallèle jusqu'à la latitude du Saint Laurent. Elles sont quasi inexistantes dans l'hémisphère sud sauf en Australie et Nouvelle Zélande.

Pour décrire ces forêts, on peut prendre comme exemple les forêts de la plaine de l'Europe occidentale.

La **productivité primaire** est d'environ 1200 g/m²/an et la **biomasse** varie de 240 à 320 t/ha. Ces forêts sont composées d'arbres à feuilles caduques, chêne, hêtre, châtaignier, charme, tilleul, érable, dont la composition varie selon les régions. La composition est la suivante : chênes 34%, hêtre 15%, pin maritime 12%, charmes 8%, pin sylvestre 7%, sapin 7%, épicéa 3%.

Les grandes espèces de mammifères ont disparues ou sont très menacées (réintroduction). Il reste le cerf, le chevreuil, le sanglier qui n'ont plus de prédateurs naturels pour contrôler leurs effectifs (contrôle par la chasse). Des petits mammifères (renard, blaireau, divers mustélidés et rongeurs) et beaucoup d'oiseaux, d'insectes et de micro-organismes.

Dans toute l'Europe, il ne reste presque plus de forêts vierges non modifiées par l'Homme. Celles qui subsistent montrent une structure et une biodiversité plus complexes que celles aménagées maintenant. Les traitements forestiers ont abouti à la création de 3 types de structures :

- . La futaie, tous les arbres proviennent de la germination de semences.
- . Le taillis
- . Le taillis sous-futaie.

La composition de la forêt française donne : 33% de taillis sous futaie, 10% de futaie, 25% de résineux et 32% de surfaces non productives.

c) -Les forêts sempervirentes des régions méditerranéennes :

Les régions à climat de type méditerranéen sont caractérisée par une T° annuelle moyenne de l'ordre de 15 à 20°C : les étés y sont secs et chauds ce qui entraîne un arrêt de la croissance de la végétation, les hivers y sont doux et humides et les gelées exceptionnelles.

Dans le bassin méditerranéen, la limite de la région méditerranéenne correspond à peu près à celle de l'olivier et quelques autres plantes caractéristiques comme le chêne vert, le chêne kermès, l'arbousier. Des régions au climat analogue existent en Californie, en Afrique du sud et en Australie.

Productivité primaire de 1300 g/m²/an et une **biomasse** qui varie entre 250 et 350 t/ha. Beaucoup de conifères caractérisent la région méditerranéenne : les 2 espèces les plus répandus sont le pin d'Alep et le pin maritime.

La végétation méditerranéenne primitive a été presque partout détruite par le feu particulièrement et remplacée par des stades de dégradation connus en France sous le nom de maquis et de garrigue. Dans le maquis et la garrigue dominant des buissons à feuilles épineuses ou persistantes comme diverses espèces de Cistes, le romarin la lavande...

Beaucoup de végétaux se sont adaptées à ces conditions climatiques : feuilles petites, épaisses et dures, persistantes - végétation sclérophylle ; beaucoup résistent au feu - végétation pyrophyte.

Une faune régionale originale : reptiles (grand lézard, lézard vert, couleuvre, vipère), grands mammifères peu nombreux, oiseaux frugivores, rongeurs et de nombreux insectes.

d) -Les formations herbacées naturelles : prairies et steppes

Les formations herbacées naturelles représentent le plus vaste biome terrestre. Elles couvrent 24% de la surface des continents soit 46 millions de km² et se rencontrent sur tous les continents.

Ces formations s'installent dans les régions tempérées, au cœur des continents, lorsque le climat est caractérisé par des étés chauds et humides et des hivers froids. La pluviosité annuelle est de l'ordre de 300 à 500 mm/an et peut atteindre 1000 mm/an.

On inclut dans les formations herbacées naturelles la steppe russe, la prairie nord-américaine et la pampa sud-américaine.

La **productivité primaire** et la **biomasse** sont faibles : 600 g/m²/an et 16 t/ha avec une biomasse souterraine supérieure à la biomasse aérienne.

La végétation est dominée par les Poacées accompagnées de Cypéracées. Les arbres sont presque totalement absents.

La faune comprend beaucoup de mammifères fouisseurs (marmotte, chien de prairie, écureuil, grand hamster, rat taupe...), de grands mammifères Ongulés mobiles comme l'antilope, l'âne sauvage... et de nombreux insectes (criquets, sauterelles qui peuvent parfois pulluler).

e) -Les forêts équatoriales sempervirentes :

Elles sont connues aussi sous le nom de forêts denses, forêts ombrophiles et occupent les régions chaudes, bien arrosées toute l'année, sans saison sèche ou de très courte durée.

Elles existent dans 3 régions principales :

- . L'Amazonie
- . L'Afrique occidentale et centrale
- . L'Indo Malaisie.

La température est donc chaude l'année et les précipitations élevées, 2500 à 8000 mm/an.

La **productivité primaire** et la **biomasse** des forêts équatoriales sont élevées : 2200 g/m²/an et 450 t/ha.

La forêt équatoriale est formée par des arbres sempervirents d'une grande diversité : il en existe 600 espèces en Côte d'Ivoire et 2000 en Malaisie. On citera les Palmiers, les Diptérocarpacées, les Orchidées, les Euphorbiacées, les Rubiacées.

La stratification de la forêt équatoriale est complexe : une strate supérieure d'arbres géants qui dépassent 50 m de hauteur (appelés émetteurs), une strate moyenne presque continue à 30-40m et une strate d'arbres plus petits entre 15 et 25m. La strate herbacée est clairsemée et formée d'espèces sciaphiles (Fougères, Sélaginelles).

La faune de ces forêts renferme beaucoup de groupes reliques (Onychophores), ainsi que des groupes normalement aquatiques (planaires) profitant du microclimat humide des sous-bois. On rencontre également de nombreux mammifères arboricoles (singes, lémuriens) qui ne descendent jamais à terre et des mammifères terrestres (antilopes, okapi, hippopotame..), des reptiles, des oiseaux et de nombreux insectes.

f) -Les savanes :

Les savanes sont des formations végétales intertropicales couvrant des surfaces très étendues dans des régions à climat ensoleillé, chaud en été (T° moyenne annuelle 26°C) et pluviosité faible en moyenne de 250 à 1000 mm/an en fonction du type de savane.

Les savanes herbeuses sont caractérisées par une végétation formée de Poacées dures, hautes de 80 cm à plusieurs mètres. C'est un tapis herbacé dense et difficilement pénétrable. Ces savanes herbeuses sont particulièrement bien représentées en Afrique, en Amérique du sud. Les savanes arbustives sont caractérisées par la présence d'arbres plus ou moins dispersés (Acacia, Baobab, en Afrique, Eucalyptus en Australie, Cactées en Amérique du sud) d'une taille inférieure à 15m avec une écorce épaisse renfermant beaucoup de liège et résistante au feu.

La **productivité primaire** et la **biomasse** des savanes sont faibles : 900 g/m²/an et 40 t/ha.

La végétation : savanes herbeuses dominées par les Poacées et savanes arbustives avec Acacia, Baobab, Eucalyptus et Cactées.

La faune des savanes comprend beaucoup de grands herbivores qui vivent en troupeaux surtout en Afrique (antilope, gazelle, zèbre, girafe, éléphant) et des carnivores (lion, léopard, guépard). Des oiseaux coureurs (autruche en Afrique, le nandou en Amérique et l'Emeu en Australie) et des insectes (faune africaine de ces insectes est la plus riche du monde), termites, blattes.

g) -Les déserts :

34% de la surface des terres émergées sont des déserts ou des semi-déserts dans lesquels 1/5 de la population mondiale essaie de survivre. Dans beaucoup de régions, les déserts s'étendent sous l'action combinée de processus naturels et des activités humaines.

L'Europe est le seul continent dépourvu de déserts, bien que le sud de l'Espagne soit déjà une zone aride où la pluviosité est inférieure à 200 mm/an.

On estime que 810 millions d'ha ont été désertifiés depuis 50 ans.

On appelle déserts ou zones arides les régions où la pluviosité annuelle moyenne est inférieure à 100 mm et très irrégulière (Sahara, périodes de 8 ans sans pluie).

Il existe différentes classifications des déserts en fonction soit de la pluviosité, soit de la température et du rapport entre pluviosité et évapotranspiration, soit de la température.

La **productivité primaire** et la **biomasse** des déserts sont très faibles : 90 g/m²/an et 7 t/ha.

La végétation des déserts est rare, elle se présente le plus souvent sous la forme contractée, c'est-à-dire localisée dans les dépressions ou les rares zones favorables.

On va trouver des arbustes, des plantes succulentes : principales familles, Chénopodiacées, Astéracées, Brassicacées. Les plantes présentent une vie courte localisée à la période humide. Toutes les adaptations à la sécheresse et à la chaleur.

Les mammifères sont bien représentés au Sahara (130 espèces), antilopes, chameaux et beaucoup de rongeurs (gerboises, gerbilles). Beaucoup mènent une vie souterraine. Beaucoup d'insectes et de reptiles, des scorpions.

h) Les toundras :

La toundra est la zone de végétation située au delà de la limite naturelle des arbres. Cette limite passe à peu près, dans l'hémisphère nord, au niveau du cercle arctique. Le climat est caractérisé par une période sans gelée inférieure à 3 mois et la moyenne du mois le plus chaud est inférieure à 10°C. Précipitations faibles, < 250 mm/an.

Productivité et **biomasse** très faibles également : 140 g/m²/an et 6t/an.

La végétation du sud de la toundra à la limite des forêts comprend des arbrisseaux nains (*Betula nana* et diverses Ericacées) mêlés de tourbières à sphaignes. Plus au nord, apparaissent des pelouses et des tourbières à *Carex* et *Eriophorum*, puis des tapis de Bryophytes et de lichens qui subsistent seuls dans la partie la plus septentrionale.

Les conditions thermiques particulières expliquent que la croissance des plantes soit très lente et leur longévité très grande (thalles de certains lichens pluri centenaires).

Les mammifères de la toundra comprennent des Ongulés (renne, élan, mouflon, caribou), des carnivores (ours brun et blanc, loup, loutre, vison, lynx), des rongeurs (marmotte, castor). Les oiseaux, hiboux des neiges, lagopèdes.

La couleur blanche est fréquente chez les mammifères et les oiseaux arctiques.

VII. L'écosystème marin et sa productivité :

Les océans occupent la majeure partie de la surface de la terre (71 %), avec une profondeur moyenne de 3 800 mètres. La vie y est installée pratiquement partout. L'énergie nécessaire aux producteurs primaires provient soit de la lumière (on parle alors de photosynthèse), soit de la chimiosynthèse. Par contre au zones côtière la lumière peut pénétré jusqu'au fond, se qui assure le développement des végétaux fixe.

la photosynthèse est essentiellement assurée par des algues unicellulaires microscopiques, le phytoplancton. Celui-ci regroupe plusieurs milliers d'espèces, dont certaines jouent un rôle prépondérant. C'est le cas, par exemple, du picophytoplancton (constitué de cellules dont la taille est de l'ordre de 1 micromètre) ou des diatomées, microalgues silicifiées qui assurent près de 20 % de la production primaire globale.

Au-delà d'un maximum de 100 à 150 mètres de profondeur, la photosynthèse n'est plus possible. Car il ne reste plus que 0,1 à 1 % de l'éclairement de surface incident.

La vie peut néanmoins se développer à l'absence de cette lumière. Dans ce cas, les producteurs primaires sont des bactéries chimiosynthétiques autotrophes. C'est ce type de production primaire qui est à l'origine du développement de la vie au niveau des écosystèmes profonds de sources hydrothermales. Au voisinage de ces sources d'eaux chaudes, riches en sulfures, des bactéries chimiosynthétiques vivent en association symbiotique avec de multiples invertébrés marins (bivalves, annélides) et alimentent un réseau trophique particulier.

La productivité et la biomasse au niveau des océans est estimée à 172 milliards de tonne ce qui fait des écosystèmes marines le premier producteur de la biomasse.

VIII. Résumé des productivités des écosystèmes :

L'ensemble *forêt* (1/3 de la surface émergée) représente une forte biomasse et une forte productivité. La production totale des forêts correspond à la moitié (50%) de la production primaire.

Les savanes, prairies et marais (1/3 de la surface émergée) représentent une faible biomasse, mais une bonne productivité. Ces écosystèmes représentent la majeure partie de ce qui « nourrit » l'espèce humaine.

Les écosystèmes terrestres extrêmes (déserts, toundra, prairies alpines, steppes) (1/3 de la surface émergée) ont une biomasse et une productivité très faibles.

Enfin, les écosystèmes marins et d'eau douce (3/4 de la surface totale) représentent une très faible biomasse (en dehors des zones côtières).

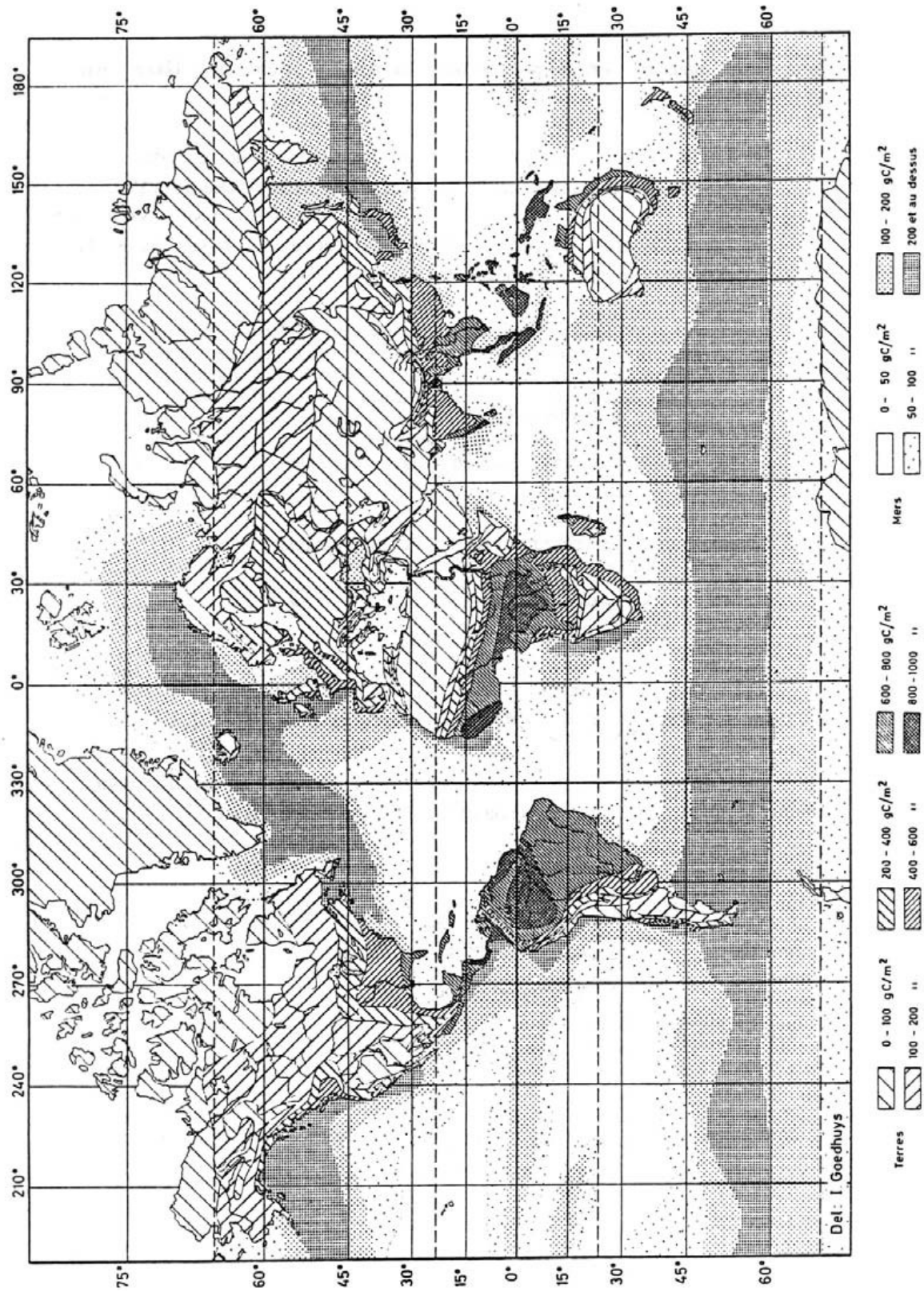


Fig. 5.8 Représentation cartographique de la productivité primaire (gC/m²) de la biosphère (selon Lieth, 1964-1965).

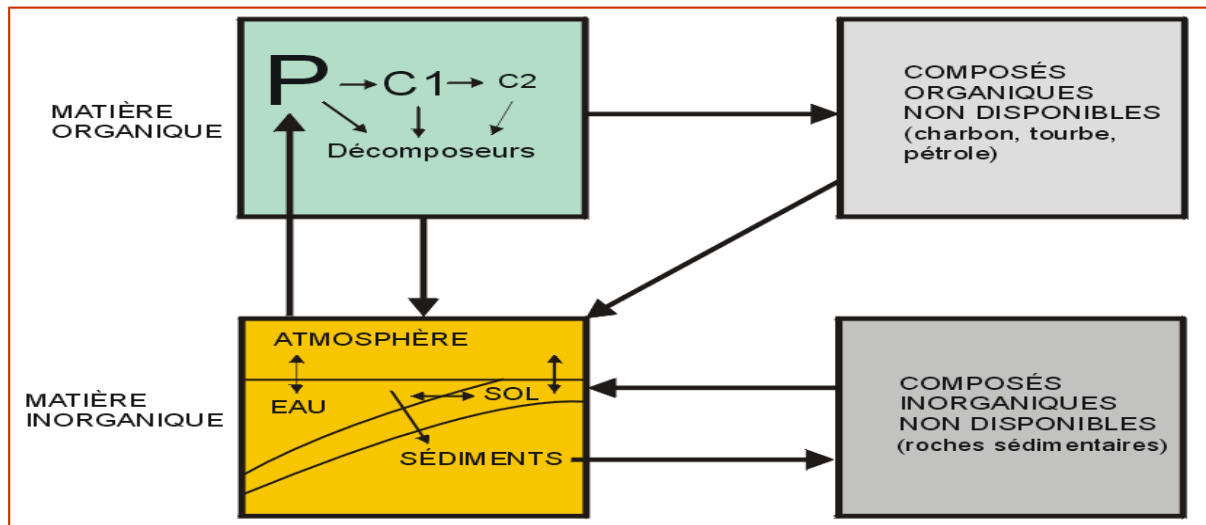
Type de végétation	Superficie 10 ⁶ km ²		Productivité primaire nette		Total pour la superficie 10 ⁶ tonnes
			Amplitude kg/m ² /an	Moyenne approximative kg/m ² /an	
1	2	3 ¹	4	5	6
Forêts	50				81,6
Forêt tropicale humide	17,0	T	1 - 3,5	2,8	47,4
Forêt sempervirente humide	7,5	T	1,6 - 2,5	1,75	13,2
Forêt tempérée décidue (feuillée en été)	7,0	t	0,4 - 2,5	1,0	7,0
Forêt sèche méditerranéenne (Chaparral ou formation arbustive)	1,5	t	0,25 - 1,5	0,8	1,2
Formation forestière mixte des zones tempérées chaudes	5,0	t	0,6 - 2,5	1,0	5,0
Forêt boréale	12,0	t	0,3 - 1,2	0,65	7,8
Forêt claire	7		0,2 - 1,0	0,6	4,2
Formation buissonnante fermée et ouverte	26				2,6
Toundra	8,0	t	0,06 - 1,3	0,16	1,3
Formation buissonnante désertique	18,0	Tt	0,01 - 0,25	0,07	1,3
Prairie	24				19,2
Prairies tropicales y compris savane à dominance de graminées	15,0	T	0,2 - 2,9	0,8	12,0
Prairies des zones tempérées	9,0	t	0,07 - 1,3	0,8	7,2
Zones désertiques	24				-
Désert aride	8,5	T	0 - 0,01	0,003	-
Désert glacé	15,5	t	0 - 0,001	-	-
Terres cultivées	14	Tt	0,1 - 4,0	0,65	9,1
Eau douce	4				5,0
Marécage	2,0	Tt	0,8 - 4,0	2,0	4,0
Lacs et cours d'eau	2,0	Tt	0,1 - 1,5	0,5	1,0
Total continents	149				121,7

¹ T = zone tropicale; t = zone tempérée.

PRODUCTIVITÉ PRIMAIRE NETTE DES PRINCIPAUX TYPES DE VÉGÉTATION DU MONDE

IX. Le cycle de la matière :

la matière circule dont quatre grand réservoir :



Donc, à chaque niveau trophique :

- se fixe sous forme de tissus (végétaux ou animaux selon le niveau);
- n'est pas assimilée et retourne au sol avec les déjections;
- n'est pas consommée (c'est le cas de la majeure partie)

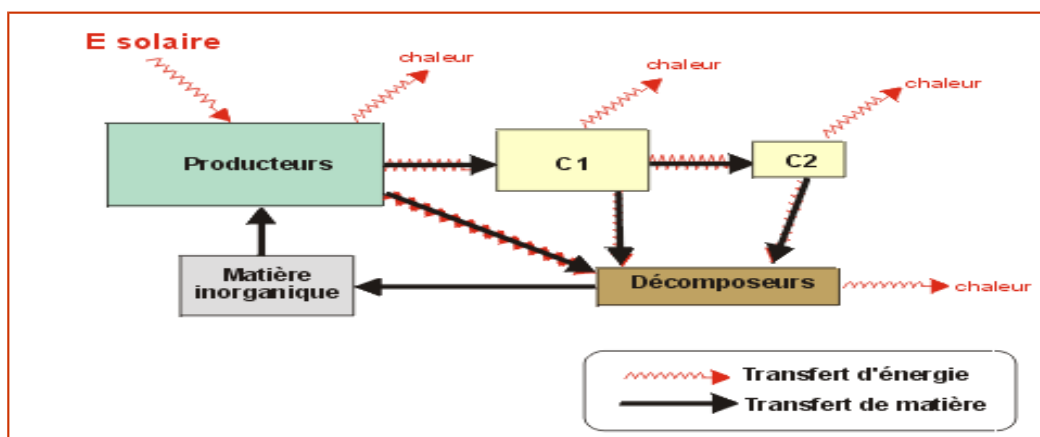
Toutes ces matières (déchets et organismes morts sans avoir été consommés) servent de nourriture à une grande variété d'organismes vivant sur et dans le sol: les détritivores et les **Détritivores**: organismes, le plus souvent fousseurs, se nourrissant de déchets organiques décomposeurs. Ex : vers de terre, insectes détritivores, nématodes, etc.

Décomposeurs: bactéries et champignons saprophytes; peuvent se chiffrer à plusieurs milliards par gramme de sol fertile.

Les décomposeurs, comme tout être vivant, décomposent une partie de la matière organique qu'ils assimilent en matière inorganique (minérale) qui se dissout dans le sol (ou l'eau en milieu aquatique) ou retourne dans l'air sous forme gazeuse.

On nomme **minéralisation** ce processus de transformation de la matière organique en matière inorganique Ex : Minéralisation :- d'une molécule de glucose
- d'un acide aminé

Cette matière inorganique ainsi produite sera utilisée par les producteurs pour reformer de la matière organique. Les décomposeurs, en minéralisant la matière organique, sont donc les principaux fournisseurs d'engrais pour les producteurs.



DONC: Dans l'écosystème, il y a un cycle de la matière mais pas de l'énergie. La biosphère est donc un système fermé au point de vue matière mais ouvert au point de vue énergie. La matière disponible aux êtres vivants n'est donc pas inépuisable, elle doit continuellement être recyclée. L'énergie disponible est par contre presque illimitée, notre soleil pouvant encore briller pour 4 à 5 milliards d'années.

X. Quelques exemples sur les cycles de la matière :

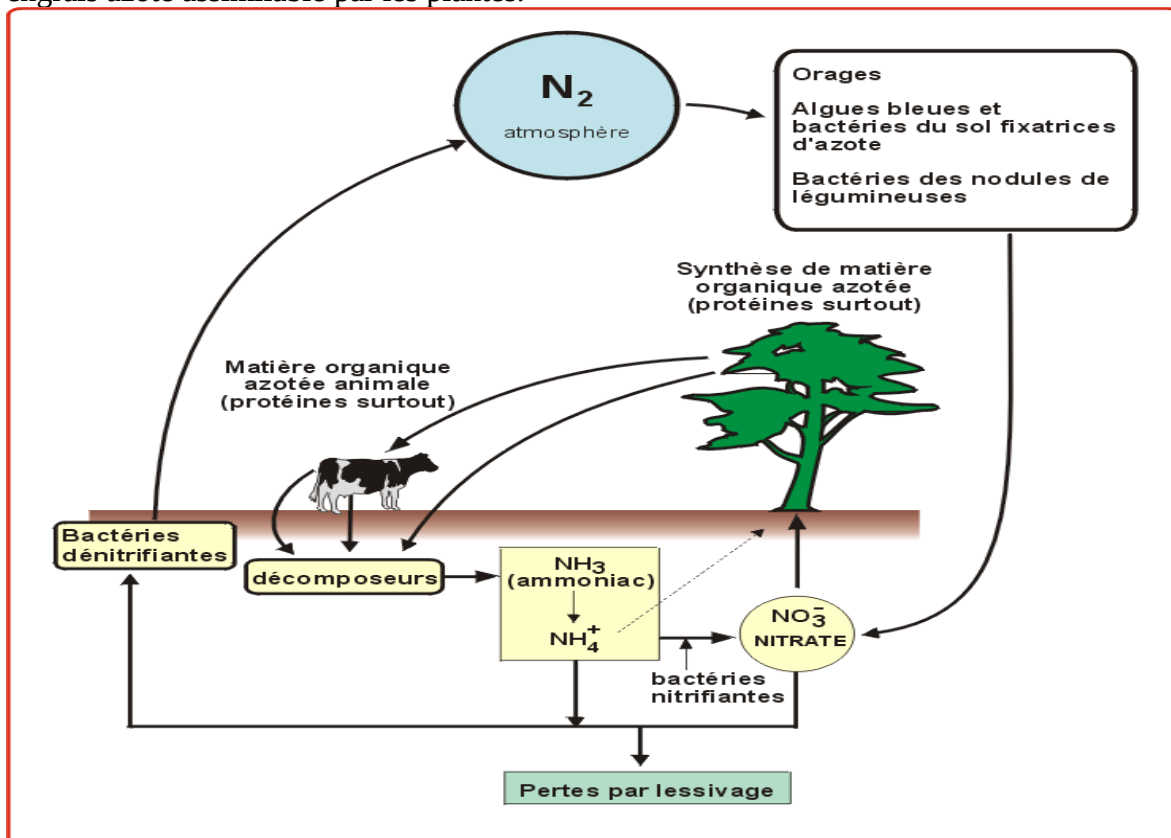
A l'échelle de la biosphère, les éléments chimiques et énergétiques circulent continuellement sous différentes formes. Un atome d'azote donné peut, par exemple, faire partie d'une molécule organique (un acide aminé avec l'énergie accumulé dont les liaisons entre les molécules par exemple) puis, après décomposition, d'une molécule d'engrais azoté (nitrate par exemple), pour ensuite se retrouver à nouveau sous forme de molécule organique après que l'engrais ait été métabolisé par une plante. Cette circulation cyclique de la matière constitue ce que l'on nomme les grands cycles biogéochimiques.

a) Le cycle de l'azote :

L'azote est un élément chimique très important pour la vie. Il entre dans la composition de toutes les molécules organiques azotées dont, entre autre, les acides aminés sans lesquels la vie serait impossible.

Seules les plantes (producteurs) peuvent fabriquer des acides aminés ($\text{NH}_2\text{-CHR-COOH}$) à partir d'éléments minéraux. Le carbone, l'hydrogène et l'oxygène proviennent du CO_2 et de l'eau alors que l'azote provient de nitrates (NO_3^-) ou d'ammoniac (NH_3).

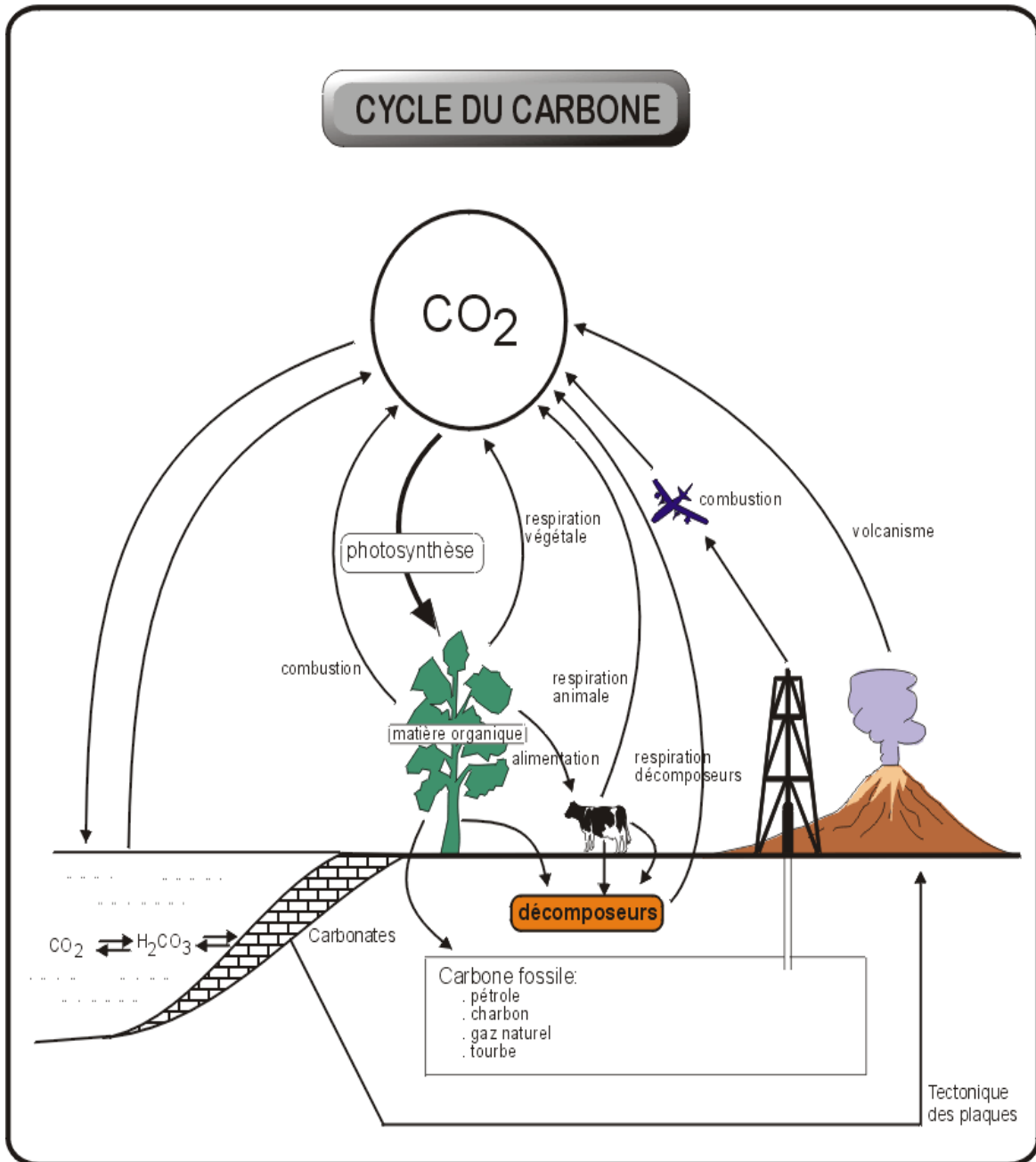
La **fixation de l'azote** est le processus par lequel de l'azote atmosphérique se transforme en engrais azoté assimilable par les plantes.



Le cycle d'azote

b) Cycle du carbone :

D'après le schéma, on peut voir que le seul mode de fixation du carbone (trans-formation du CO₂ en matière organique) c'est la photosynthèse.



On retrouve du carbone:

- Sous forme de CO₂ : dans l'air et dans l'eau surtout.
- Sous forme de matière organique (êtres vivants).
- Sous forme de matière organique enfouie (charbon, pétrole).
- Sous forme rocheuse (carbonates).

Il a aussi le cycle de l'oxygène et ils sont tous impliqués de proche ou de loin dont la circulation de la biomasse et de l'énergie.

XI. L'utilisation énergétique de la biomasse :

La biomasse végétale peut être utilisée pour produire de l'énergie. On l'utilise principalement comme biocombustible mais on peut aussi fabriquer des biocarburants. Plus de la moitié du bois exploité dans le monde est utilisé comme biocombustible. Sa densité énergétique est environ trois fois inférieure à celle du pétrole et dépend beaucoup de l'humidité qu'il contient. En clair, il vaut mieux brûler du bois sec pour avoir un meilleur rendement !

Il faut rappeler un certain nombre de caractéristiques intéressantes liées à la biomasse. Tout d'abord c'est une énergie qui s'accumule sur une ou plusieurs saisons, et pour qu'elle soit considérée comme renouvelable, il faut replanter l'équivalent de ce qui est exploité. Ce n'est pas toujours le cas dans certains pays. Une exploitation durable plutôt qu'à court terme de la biomasse est donc nécessaire.

Ensuite, c'est une énergie qui contribue peu à l'augmentation de l'effet de serre dans la mesure où la fraction de carbone libérée sous forme de CO₂ au moment de la combustion correspond, en partie, à celle absorbée au moment de la phase de croissance de la végétale. De plus, hormis les déserts, c'est une énergie assez bien répartie à la surface de la terre. Enfin, par comparaison aux énergies fossiles (le pétrole est une biomasse, mais du fait que c'est une biomasse fossile, son usage est non renouvelable et provoque l'effet de serre.), c'est une énergie qui est en générale disponible à faible coût si elle est valorisée près de sa source. Ce coût peut être même très faible, voire négatif dans le cas où la ressource représente un déchet à éliminer.

La richesse des structures chimiques et physiques de la biomasse conduit à des traitements différents selon les cultures pour exploiter l'énergie. Ainsi peut-on distinguer plusieurs catégories. La biomasse lignocellulosique, comme le bois ou la paille, contient beaucoup de substances peu hydrolysables (l'hydrolyse consiste à séparer des corps sous l'action de l'eau) en l'état des technologies actuelles. On la valorise par voie sèche avec des procédés thermochimiques ou par voie humide avec des procédés de fermentation méthanique (la fermentation méthanique est une décomposition par action bactérienne. Elle se fait en l'absence d'air et utilise de la biomasse humide. Elle permet d'obtenir un mélange gazeux principalement constitué de méthane et de dioxyde de carbone.). La biomasse riche en substances glucidiques (céréales, betterave, canne à sucre, etc.) est très largement utilisée à des fins alimentaires, elle s'hydrolyse facilement et se valorise avec des procédés de fermentation ou de distillation. La biomasse oléagineuse est riche en lipides. Elle est aussi utilisée à des fins alimentaires (colza, tournesol, arachide, etc.). Ses huiles ou ses dérivés permettent de produire des biocarburants.

La biomasse peut être en général valorisée par les voies thermiques ou alimentaires, par les fermentations méthaniques et alcooliques, par la synthèse de carburants (diester -ou diméthylester, est un biodiesel qui peut être obtenue à partir de graine de colza, par exemple-. L'ETBE, ou éthyl-tertio-butyl-éther, est produit par réaction de 47% de bioéthanol et 53% d'isobutène, il est utilisé comme additif oxygéné dans la formulation des essences sans plomb.) ou par la production de matériaux pour les utilisations énergétiques, on peut utiliser des conversions thermochimiques ou biologiques. Les trois principales voies de conversion thermochimique sont la combustion, la pyrolyse et la gazéification. Les deux principales voies de conversion biologique sont la fermentation méthanique (ou digestion anaérobie) et fermentation alcoolique.

XII. La combustion de la biomasse :

La combustion directe est la forme la plus commune de valorisation énergétique de la biomasse. Elle produit qui peut être utilisée directement ou convertie en partie en électricité. Il est intéressant de l'utiliser dans un dispositif de cogénération qui permet d'exploiter à la fois la chaleur et l'électricité produites. C'est ce qui est fait dans les industries qui ont des besoins en chaleur importants (fabrication du papier, raffinerie, agroalimentaire, etc.) ou dans celles qui ont des sous-produits combustibles comme des déchets de bois ou de la liqueur noire (la liqueur noire est un résidu obtenu dans le processus de fabrication du papier, elle est tirée des fermenteurs au cours de la production de sulfate ou de pâte de soude, son contenu en énergie provient essentiellement de la lignine extraite du bois au cours de sa réduction en pâte à papier.). La cogénération est aussi utilisée pour valoriser les déchets urbains.

La combustion de la biomasse produit aussi de l'eau et du dioxyde de carbone. L'excès d'air utilisé est un paramètre important de la réaction. Dans ce contexte, les technologies en lits fluidisés (la combustion en lits fluidisés consiste à mélanger des particules combustibles à du sable, élément caloporteur. Ensuite, on soumet le mélange à un flux gazeux intense, ce qui le fluidifie et favorise les réactions de combustions.) sont de plus en plus répandues du fait de leur performance.

La biomasse est souvent humide. Ainsi, même après un séchage naturel de deux ans, le bois contient-il encore 15 à 20% d'humidité. Il ne brûle pas mais subit trois transformations successives lorsqu'on le chauffe. Il évapore d'abord l'eau qu'il contient, ce qui consomme de l'énergie. Puis, au-dessus de 200°C, il émet des gaz qui brûlent produisant de l'énergie. Enfin, il se transforme en charbon de bois qui représente environ 30% du poids sec initial. Le charbon de bois a été dans le passé un combustible important car sa densité énergétique est deux fois supérieure à celle du bois et il dégage à la fabrication du charbon de bois existait avant que l'on utilise les combustibles fossiles.

La combustion du bois génère des particules dans ses fumées et des composés organiques volatils. Du monoxyde de carbone et des oxydes d'azote peuvent aussi être émis, selon les conditions de combustion. Dans tous les cas, elle émet du dioxyde de carbone.

XIII. Conclusion :

Dont cette modeste recherche on a entamé les principales définitions de la biomasse écologique et la biomasse énergétique, après on a passé au principal phénomène responsable de la transmission de la biomasse par les chaînes trophiques et après la productivité des écosystèmes primaire et secondaire avec la productivité des différents biomes terrestres et de l'écosystème marin après en a vu quelques exemples sur le cycle de la matière, Enfin on a constaté l'utilisation de la biomasse et la façon de l'exploitation de cette dernière pour la transformer en source d'énergie.