

# *COUR - TD MASTER I*

## *ECOLOGIE DES COMMUNAUTES ANIMALES*

### *TRANSFERT D'ENERGIE ET DE MATIERE DANS LES ECOSYSTEMES*

Pr. BENYACOUB S.  
UNIVERSITE D'ANNABA  
FACULTE DES SCIENCES  
DEPARTEMENT DE BIOLOGIE  
LABORATOIRE EcoSTAq  
2006 – 2010 – 2014 - 2016

# CHAPITRE I

## NOTIONS FONDAMENTALES

L'écologie est l'étude des interactions entre les individus et leur environnement; celui-ci étant compris comme la combinaison de l'environnement physique et de toutes les influences exercées par d'autres organismes, qui constituent alors l'environnement biotique: ces organismes agissent par le biais de la compétition, la prédation, la symbiose, le parasitisme, la coopération, ...

### I- Les niveaux d'intégration en écologie

Ce sont les niveaux perceptibles par l'écologue, à partir desquels on peut étudier les systèmes naturels. On peut distinguer en gros 04 niveaux d'intégration en écologie :

L'individu  $\longrightarrow$  la population  $\longrightarrow$  le peuplement  $\longrightarrow$  l'écosystème

Au niveau de l'**individu** on étudie les aspects auto-écologique, éco-physiologique éthologiques (ex : migration)

**La population** C'est le niveau d'intégration dans lequel on examine des réponses telles que la variation des abondances.

Au-delà des populations, les niveaux d'intégration supérieurs tels que **les peuplements et les communautés** se manifestent par des réponses dans la composition c'est-à-dire l'identité des espèces qui composent le peuplement, la richesse c'est-à-dire le nombre d'espèces et la structure du peuplement c'est-à-dire la distribution d'abondance des espèces dans le peuplement.

Des espèces peuvent disparaître ou apparaître dans un peuplement en réponse à des modifications de conditions dans le milieu; généralement un changement dans les ressources (gîtes et sites de protection, de reproduction, qualité et quantité de nourriture disponible).

Ainsi, la composition et la structure du peuplement constituent en quelques sortes une signature de l'environnement dans lequel un peuplement vit à un moment donné.

La dynamique d'un peuplement, c'est la variation dans la composition et la structure de ce peuplement. Cette variation est due aux changements d'environnement. La dynamique

permet l'élaboration de modèles prédictifs de ces changements qui peuvent être utilisés pour des projets de gestion au sens large de L'environnement (conservation, aménagement, monitoring, biosurveillance...)

Au sein d'un peuplement on peut distinguer des ensembles d'espèces plus restreints: ce sont les guildes (ensemble d'espèces ayant des affinités structurelles et fonctionnelles).

**Ex :** La guildes des insectivores, La guildes des carnivores...

## **LA BIOCENOSE**

C'est un groupement d'être vivants qui sont rassemblés par l'attraction non réciproque qu'exercent sur eux les divers facteurs du milieu (température, humidité, éléments minéraux, exposition, salinité...)

Ce groupement est caractérisé par une composition spécifique déterminée.

Et organisé par le jeu de phénomènes d'interdépendance entre les espèces (espèces dominantes, espèces co-dominantes, espèces caractéristiques, espèces accompagnatrices espèces indifférentes, ...)

Les facteurs du milieu déterminent la présence de tel ou tel groupement. Leur changement implique donc un changement d'espèces donc de groupements donc de biocénose.

- Une biocénose est caractérisée par sa composition spécifique mais également par son homogénéité sur un territoire donné.

Pour ce qui concerne les animaux, le principe est le même mais les modalités d'action des facteurs sont plus complexe.

En effet, les groupements animaux ou zoocénoses sont déterminés par des facteurs qui sont liés à la structure de l'habitat, c'est à dire la structure de la végétation (hauteur et recouvrement de la végétation).

Les ressources alimentaires qui s'y trouvent, la présence ou l'absence de compétiteurs, de parasites ou de prédateurs.

Ce groupement (biocénose) occupe un espace qu'on appelle le biotope qui est le support abiotique de la biocénose.

pour la zoocénose, un biotope = habitat.

## **Remarque**

*L'étendue et la durée d'une biocénose sont très variables, une biocénose peut naître, évoluer dans le temps et dans l'espace, elle peut mourir et disparaître.*

*La plus vieille biocénose : Forêt Amazonienne*

Il existe divers types de biocénose :

### ***Les communautés majeures***

C'est le milieu terrestre, marin, aquatique, aérien :

### ***Les biomes ou complexes***

Ce sont de grandes formations végétales de physionomie homogène qui s'étendent sur des superficies importantes, dont la répartition est déterminée par la latitude et qui sont donc contrôlées par un macro-climat dans lequel la T° joue un rôle important. Leur composition est strictement déterminée par le climat général de la planète et plus particulièrement la température.

(Toundra, Taïga, forêt caducifoliée boréale, forêt sempervirente méditerranéenne, savane, forêt ombrophile équatoriale...)

### ***Les associations ou biocénoses proprement dites***

Elles sont constituées d'espèces localisées et définissables avec précision. Certaines associations sont très petites :

**Les synusies** : Ce sont des associations localisées dans le temps et dans l'espace, ex : tronc d'arbre mort, une pierre, un cadavre.

**Les mérocénoses** : petites associations très temporaires (ex.un fruit pourissant).

Dans ces associations, la présence d'une espèce n'est pas fortuite. Elle est due à une combinaison de facteurs d'ordre climatique édaphique, trophique, historique qui agissent en permanence de manière temporelle cyclique sur l'organisme et qui expliquent sa présence.

**LE BIOTOPE** : le biotope est constitué de tous les éléments physiques (épaisseur du sol texture, structure, pente, exposition, profondeur de l'eau), chimiques (PH, salinité, éléments minéraux) qui sont soumis eux même à l'action générale locale du climat et qui déterminent la présence d'une biocénose. Parfois la variation d'un seul facteur physico-chimique peut provoquer une modification radicale de la biocénose.

### Schéma explicatif au tableau

C'est le réservoir de nutriments et d'eau pour les plantes qui vont puiser ces éléments pour fabriquer la matière organique.

Le biotope constitue le siège de recyclage de la matière organique aérienne par les décomposeurs (champignons et bactéries). La phytocénose constitue à son tour un habitat pour les animaux; c'est, pour eux, une source de nourriture et de protection.

**L'ECOSYSTEME** : Il est considéré comme le stade ultime d'organisation naturelle qui est caractérisée par la présence d'une biocénose, qui repose sur un biotope et interagit avec lui et l'atmosphère.

L'ensemble de ces éléments forme un tout cohérent et ordonné, chaque élément est relié aux autres par un réseau d'interactions mutuelles. Le système est ouvert c'est à dire qu'il entretient des échanges constants avec le milieu.

Un écosystème présente une certaine homogénéité topographique, climatique pédologique, botanique et zoologique.

Un écosystème complet est constitué d'organisme autotrophes, hétérotrophes et des décomposeurs. (définir).



## II- LE PEUPEMENT COMME ENTITE ORGANISEE ET FONCTIONNELLE

Les populations ne peuvent être considérées de manière isolée et leur dynamique ne peut être comprise qu'en considérant l'environnement auquel elles appartiennent; cet environnement constitue l'écosystème.

La compréhension des écosystèmes nécessite par ailleurs des études à un niveau supérieur à celui des populations; c'est pour cela que l'on distingue entre le niveau de la population et celui de la biocénose, divers sous système ou compartiments de système qui permettent de caractériser et de comprendre le fonctionnement d'une biocénose mais à un niveau moins complexe que cette biocénose.

Un de ces sous systèmes est constitué de collection de populations pouvant avoir un certain nombre d'éléments en commun : **le peuplement**.

Un peuplement est défini comme l'ensemble des populations taxonomiquement voisines. Selon les cas, le degré de voisinage taxonomique peut être variable. On considérera ainsi de manière intéressante des peuplements à l'échelle de la famille, dans l'autre cas on peut pousser jusqu'à l'ordre sinon on regroupe les animaux de la même classe taxonomique.

**La notion de peuplement conduit à s'intéresser à la manière dont les espèces se réunissent pour former ce peuplement** : Par hasard, par nécessité fonctionnelle ou par contraintes historiques.

Le peuplement se caractérise par sa composition spécifique qui est elle-même caractérisée par le pool d'espèce qui la compose à un moment donné et à un endroit donné. Le peuplement se caractérise également par sa structure c'est à dire la distribution d'abondance des espèces au sein du peuplement.

La structure d'un peuplement est l'expression d'une certaine hiérarchie fonctionnelle qui résulte de l'action des facteurs du milieu biotique et abiotiques sur les individus.

Un peuplement n'est donc pas une entité figée; il se constitue il évolue, se modifie et peut disparaître, on parle alors de dynamique des peuplement. Cette dynamique est, dans certains cas, un phénomène prévisible qui a fait l'objet d'étude dans le cadre des successions écologiques. Ainsi, toute association d'espèces définie dans l'espace et dans le temps, résulterait d'une communauté d'exigences et de tolérances vis-à-vis des facteurs du milieu biotique et abiotique.

**Milieu biotique** : toutes les interactions entre espèces; fortes ou faibles, directes ou indirectes; immédiates ou différées. Prédation-parasitisme-compétition-commensalisme-coopération....

**Milieu abiotique** : tous les facteurs climatiques, physico chimiques de l'eau du sol, la topographie du milieu...

Ces interactions interviennent dans l'édification des peuplements, elles font que les espèces vivent ensemble non seulement parce qu'elles le peuvent mais aussi parce que ça leur est nécessaire.

Ainsi, la constitution des peuplements à un **caractère déterministe** c'est à dire qu'elle résulte de situations où le hasard joue un rôle faible.

Les peuplements sont également soumis, lorsqu'ils se constituent, à des facteurs historiques. En effet, les structures qui caractérisent les écosystèmes sont le résultat à la fois du jeu des interactions actuelles mais également de celui d'événements antérieurs qui ont agit sur l'écosystème durant une longue période (refroidissement, désertification, action anthropique; ou de manière sporadique (tempêtes incendies)

**exemples**

### III- LES ECHELLES DE PERCEPTION



L'étude des peuplements peut se faire à différentes échelles de perception c'est à dire à différentes échelles d'organisation des peuplements.

Elle implique des niveaux d'analyse différents à des échelles spatiales ou temporelles différentes. Il s'agit de percevoir et d'étudier des degrés d'organisation et de maturation d'un phénomène en fonction de l'espace qui le contient ou du temps au cours duquel il se déroule.

Donc considérer qu'il existe différentes échelles de perception du milieu naturel implique l'existence d'une hiérarchie organisationnelle et fonctionnelle caractérisant tout système naturel.

### **1- L'échelle du continent**

ex: l'aire méditerranéenne 3M Km<sup>2</sup> (ex:l'avifaune). A cette échelle le niveau d'organisation biologique c'est l'ensemble des espèces qui ont peuplé ou peuplent cet espace quelque soit leur distribution et les interactions qui existent entre elles. Les problèmes posés résident dans la nécessité de connaître:

- L'origine biogéographique des taxons.
- Leur distribution
- L'histoire de leur mise en place et de leur développement
- Les conséquences des événements climatiques sur les distributions actuelles, sur les processus d'extinction de colonisation, de spéciation.
- L'effet de l'action de l'homme sur la végétation et son influence sur les distributions actuelles.

A cette échelle de perception on tient compte de longues périodes de temps, on considère des espaces vastes et des changements de grande ampleur. Ex. les changements climatiques. L'ensemble de ces problèmes relève de la biogéographie historique.

### **2-L'echelle régionale**

La région est une entité géographique de superficie variable et dont la délimitation répond soit à des objectifs de recherche soit à des limites géographiques reconnaissables et identifiables.

Ex. La région d'El-Kala délimité au sud par les montagnes de la MEDJERDA et au nord par la mer, à l'Ouest par Oued Seybousse et à l'Est par les montagnes algéro-tunisiennes. Ce sont des territoires relativement étendus, qui possèdent des caractéristiques physiques et humaines particulières qui les distinguent des régions voisines.

Concernant les problèmes posés, on s'intéresse à :

- La différence des richesses spécifiques entre régions
- La différence de composition spécifique entre régions
- Le taux de renouvellement d'une espèce par rapport à une autre
- La différence de faune entre les régions insulaires et les régions continentales de superficie comparable
- les différences morphologiques et éthologiques entre les taxons insulaires et continentaux.



### **3- L'échelle sectorielle**

On peut assimiler la notion de secteur à celle du paysage. C'est par convention, l'ensemble des habitats ou des biotopes situés sur un territoire géomorphologiquement et climatiquement homogène.

On peut englober dans un même secteur l'ensemble des stades d'une succession écologique qui constitue ainsi dans un même espace, une structure d'habitats en mosaïque.

Les problèmes et les questions posés à cette échelle de perception sont :

- L'étude des facteurs qui entretiennent la mosaïque d'habitat

- L'identification des facteurs de structuration et de dynamique des peuplements.
- La connaissance des processus locaux d'extinction, de migration, de colonisation qui déterminent la distribution et les abondances d'organismes en fonction de la dynamique des compartiments de la mosaïque d'habitat.
- La connaissance de la relation entre la diversité à l'échelle du secteur (Paysage = diversité  $\gamma$ ) et celle des habitats qui le constituent.
- Au niveau insulaire, connaître les conséquences de l'appauvrissement de la faune insulaire sur la structure et la dynamique de peuplements.

#### **4- L'échelle de l'habitat (biotope)**

A cette échelle de perception, on s'intéresse à la communauté. Le biotope est donc une unité élémentaire d'un paysage caractérisé par une certaine homogénéité physiographique.

Les critères de définition du biotope dépendent des organismes étudiés qui définissent eux même l'échelle de leur existence.

**Exemple :** le biotope d'insectes, des oiseaux, de mammifères.

A cette échelle on s'intéresse : aux mécanismes de réalisation de niches écologiques : espèces sympatriques.

- Les modalités de sélection de l'habitat.
- La connaissance des processus de structuration des peuplements
- La recherche des règles d'assemblage des espèces.
- la connaissance des fonctions des espèces dans un peuplement. (proies, prédateurs, nécrophages...)
- la connaissance des variations spatiales et temporelles du peuplement.

Ex: la dynamique saisonnière, phénomènes d'extinction, la migration.

- la connaissance de l'importance des interactions inter spécifique dans les distributions et les abondances locales des espèces d'un peuplement.
- D'un point de vue biogéographique, on peut connaître la différence entre les individus des communautés insulaires avec leurs homologues continentaux. La niche réalisée étant la partie de la niche potentielle qu'une espèce peut réaliser en présence de compétiteurs.

## 5- L'échelle de la station

La station est la plus petite unité de territoire où se trouve réunie une partie des espèces d'un peuplement. Sa superficie est très variable. Elle est fonction de la taille des organismes étudiés.

Elle correspond généralement à la prise d'échantillons; elle a également une signification biologique car elle correspond à l'espace dans lequel les espèces entretiennent des relations de voisinage de type interactif.

- A l'échelle de la station on étudie le fonctionnement de la population. Les problèmes posés concernent donc les mécanismes démographiques, qui déterminent la survie ou l'extinction des espèces. On étudie également l'importance de ces processus dans les relations entre populations voisines.

- On étudie la réponse des populations aux variations stationnelles et temporelles des ressources mais aussi aux pressions de compétition et de prédation.

- On étudie également les traits d'histoires de vie des populations locales

On étudie la contribution des facteurs écologiques (climat, distribution des ressources, structure communautaire, charge parasitaire, ..... ) dans le fonctionnement des populations.

- enfin, on étudie l'importance des courants de gènes et des phénomènes d'adaptations locales des populations par rapport à l'environnement.

## CHAPITRE II

### STRUCTURE DES PEUPEMENTS

**A/ Composition:** c'est la liste des espèces qui composent le peuplement. Ce paramètre est important car les espèces ne sont pas distribuées n'importe comment. Il ressort de la diversité biologique.

#### **B/ Notion de richesse et de diversité**

Globalement, on peut caractériser les peuplements par leur richesse "S" et leur diversité, par leur abondance, par leur biomasse, par leur régime alimentaire, ces paramètres sont descriptifs et ils permettent de préciser les caractéristiques des peuplements donc de fournir les éléments qui permettent de les comparer entre eux.

#### **1- La richesse**

##### **a- Richesse totale : "S"**

C'est un paramètre statistiquement non interprétable, La richesse est une mesure de la complexité du milieu d'une part, mais elle est également fonction de la superficie de ce milieu. En effet, plus un milieu est complexe plus il est riche en espèces, car le nombre de niches écologiques est élevé. (complexité et diversité de ressources = diversité des espèces).

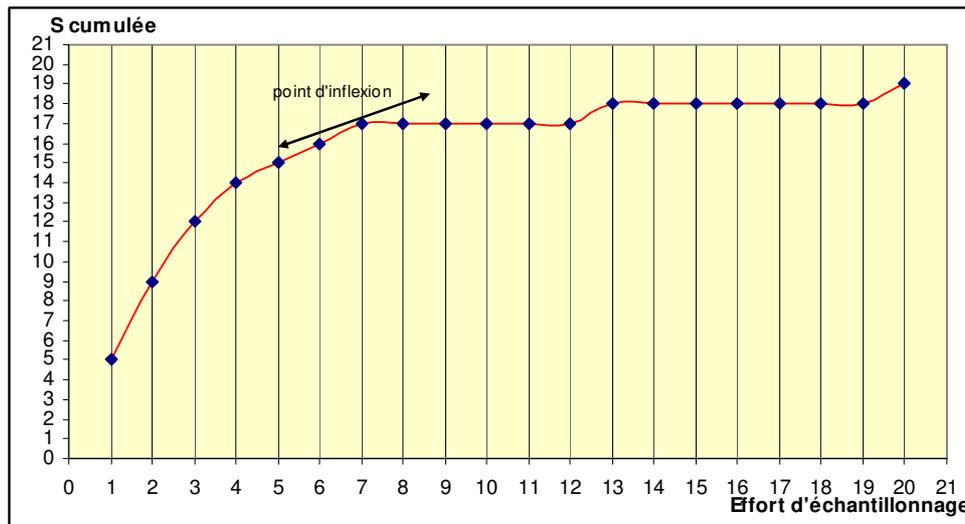
La notion de richesse seule n'est pas suffisante pour mesurer la complexité d'un écosystème (complexité et nature des interactions).

La richesse est étroitement dépendante de la superficie échantillonnée.

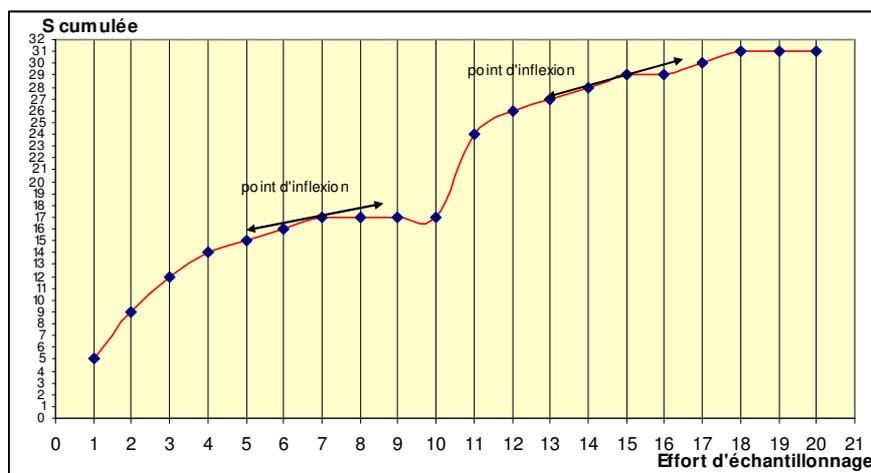
En effet, on ne trouve jamais la totalité des espèces d'un peuplement en un seul point, car un seul échantillon n'est pas suffisant pour contenir l'ensemble des niches écologiques d'un milieu et qu'il y a un problème de répartition des espèces dont les représentants ne sont pas régulièrement distribués dans l'espace et/ou dans le temps.

Ainsi dans le cadre d'un échantillonnage, le nombre d'espèces contactées va augmenter jusqu'à un certain seuil qu'il ne peut plus dépasser. Ce seuil correspond à la richesse spécifique totale du peuplement échantillonné dans un biotope réputé homogène.

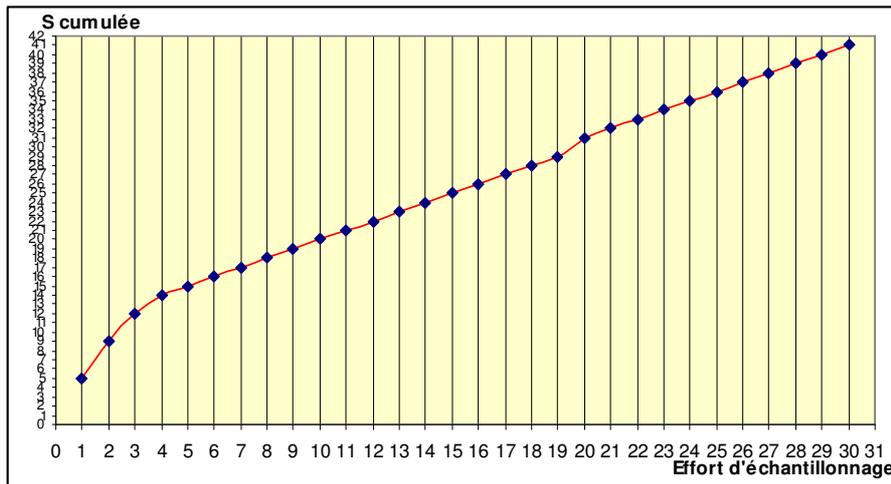
La qualité de l'échantillonnage de la richesse spécifique peut se mesurer à l'aide de la courbe d'espèces cumulées en fonction de l'effort d'échantillonnage.



**Cas particuliers: passage d'une communauté à une autre.**



**Plusieurs communautés imbriquées**



Le point d'inflexion de la courbe correspond à l'effort d'échantillon minimal pour avoir le maximum d'espèces représentatives du milieu. Avant le point d'inflexion, on trouve les espèces les plus fréquentes, c'est à dire celles qui structurent le peuplement.

Après le point d'inflexion, on trouve les espèces les moins fréquentes puis les plus rares, qui ne structurent pas ce peuplement.

Le calcul du rapport  $a/N$  permet de mesurer la qualité de l'échantillon. Ce rapport mesure la pente de la courbe cumulée entre le dernier et l'avant dernier point de celle-ci.

**a**= les espèces de fréquence 1

**N**= le nombre de relevés réalisés.

**Si  $a/N = 0 \Rightarrow$  la pente est nulle**

$\Rightarrow a=0$  C'est à dire que toutes les espèces ont été contactées au moins deux fois car  $a =$  le nombre d'espèces échantillonnées de fréquence 1.

Plus  $a/N$  se rapproche de 0  $\Rightarrow$  plus l'échantillonnage est de bonne qualité et complet.

Cependant, la richesse totale a l'inconvénient d'accorder le même poids écologique à toutes les espèces quelle que soit leur abondance. De ce fait, ce paramètre n'est pas suffisant pour comparer des peuplements.

**Remarque** : On peut comparer deux courbes d'espèces cumulées de 2 peuplements échantillonnés en conditions identiques.

La richesse "S" croît avec la surface selon la relation:  $S = cA^z$

avec  $z =$  pente de la droite

$A =$  surface

La transformation log donne:  $\text{Log } S = \log c + z \log A$ .

En pratique, surtout pour ce qui concerne les végétaux, l'équation utilisée devient:

$S = \log A$ .

*(développer exemples)*

### **b- Richesse moyenne "s"**

C'est le nombre moyen d'espèces contactées à chaque relevé (ou station); c'est la richesse stationnelle moyenne. C'est le nombre moyen d'espèces contactées dans un biotope au niveau d'une station.

La richesse moyenne est statistiquement interprétable elle autorise une comparaison entre peuplement différents.

Ce paramètre donne à chaque espèce un poids proportionnel à sa probabilité d'apparition. Donc il néglige les espèces rares.

Il permet de calculer un coefficient de variation V :

$V = 100 \zeta / s$  qui est une mesure du degré d'homogénéité du peuplement. Plus V est important, plus le peuplement est homogène.

"s" = richesse moyenne "ζ" = écart type de "s".

Plus on augmente l'effort d'échantillonnage et plus la richesse totale augmente mais plus la richesse moyenne se précise

## **2- L'abondance du peuplement**

C'est la somme des abondances des populations qui le constituent. C'est la somme des individus ressortissant à chaque espèce.

L'abondance du peuplement peut être exprimée de manière absolue; c'est à dire une valeur qui concerne la totalité de l'effectif de chaque espèce.

Elle peut être exprimée en densité, elle peut être exprimée en abondance relative sous forme d'indices d'abondance. Ce paramètre est dépendant de l'effort d'échantillonnage, comme la richesse.

Lorsque il y a une différence importante de biomasse entre les espèces au sein d'un peuplement, il peut être intéressant de remplacer leur effectif par la biomasse des individus. Cette approche permet d'étudier des aspects fonctionnels des groupements de manière plus appropriée que le simple dénombrement des individus.

### 3- La biomasse brute "Bb"

Elle est mesurée par la masse des organismes exprimée en g ou en kg.

Ce paramètre permet une comparaison plus objective entre les peuplements.

$$\mathbf{Bb_t P1 < Bb_t P2 \quad \text{et} \quad N_t P1 > N_t P2}$$

⇒ il y a plus d'espèces qui ont de grande taille en P2 qu'en P1.

### 4- La biomasse consommante " Bc"

$Bc = Bb^{0.7}$ , c'est l'expression physioénergétique de l'impact d'une espèce sur le milieu. Elle dépend de la taille des organismes et de leur physiologie. Proportionnellement les grands organismes ont moins d'impact sur le milieu que les petits organismes. Ceux-ci ont, en effet, un métabolisme plus élevé, se reproduisent plus et plus vite grandissent plus vite et se nourrissent surtout plus vite. Ils ont, en revanche, une longévité plus faible que les grands organismes.

La biomasse consommante est un paramètre utilisé pour décrire le peuplement lorsque la différence des biomasses entre les espèces est importante.

### 5- Diversité du peuplement

Le concept de diversité permet de rendre compte de manière synthétique de la structure du peuplement; car l'analyse de la richesse, de l'abondance et de la biomasse d'un peuplement, pris isolément, est insuffisante pour rendre compte de sa structure.

Si l'on tient compte de la distribution d'abondance des espèces, on constate qu'il existe une différence entre les peuplements. Cette différence peut être mise évidence par l'analyse de la diversité.

Ainsi, la diversité décrit les dissemblances des organismes et leur pluralité. Elle rend compte des pluralités des fonctions au sein d'un peuplement, c'est-à-dire de la pluralité des niches écologiques.

De nombreux indices mathématiques permettent de mesurer la diversité d'un peuplement.

#### Indices de Simpson

$$\mathbf{I_s = 1 / \sum P_i^2 \quad P_i = f_i = n_i / N}$$

**$n_i$  = effectif de l'espèce  $i$**

**$N$  = effectif total**

$$\mathbf{1 < I_s < S}$$

Is = S lorsque toutes les espèces ont le même effectif

**Indice de Margalef**

$$H' = 1/N \log (N ! / N_1! + N_2! + ..... + N_s!)$$

Cet indice est surtout utilisé dans les peuplements finis.

**Indice de Shannon - Weaver:** Fréquence  $\Rightarrow$  abondance bit (Binary Digit)

$$H' = - \sum_{i=1}^s P_i \log_2 P_i$$

Pi = fréquence de l'espèce i = ni/N

C'est l'indice le plus utilisé en écologie des communautés

La valeur de H' dépend de la richesse du peuplement mais également et surtout de la distribution d'abondance des espèces de ce peuplement.

Relevés Espèces	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	7	5	3	6	4	8	9	7	10	6
B	0	3	5	7	6	4	3	2	2	2
C	4	5	3	1	0	0	3	1	4	2
D	0	0	0	7	7	6	4	3	1	0
E	0	0	5	4	2	3	1	0	0	0
F	3	1	1	0	0	0	0	0	0	0
G	0	0	0	0	3	3	1	0	0	0
H	0	0	0	0	0	0	0	0	3	6
S	3	4	5	5	5	5	6	4	5	4

**S = 8**

**s = 3+4+5+5+5+5+6+4+5+4 / 10**

**$\Rightarrow$  s = 4.6**

**N = 186 ind**

Ni	Pi = Ni / N	Log <sub>2</sub> Pi	Pi log Pi
----	-------------	---------------------	-----------

65	0.349	- 1.519	-0.530
34	0.183	-2.450	-0.448
23	0.124	-3.012	-0.373
28	0.150	-2.737	-0.411
15	0.081	-3.626	-0.294
5	0.027	-5.211	-0.141
7	0.38	-4.718	-0.179
9	0.048	-4.381	-0.210

$$H' = - \sum P_i \log P_i$$

$$H' = [(0.530) + (-0.448) + (-0.373) + (-0.411) + (0.294) + (-0.141) + (-0.179) + (-0.210) ]$$

$$H' = 2.586$$

$$\log b = \log b / \log a = \log B * 1/\log 10^2$$

$$\log 10^2 = 0.301$$

$$1/\log 2 = 3.322$$

$$\log P_i = \log P_i * 3.322$$

$$\text{ou} = \log_2 P_i = \ln P_i / \ln 2$$

### Schéma

Ni	Pi	Pi log <sub>2</sub> Pi
65	0.325	-0.527
34	0.17	-0.435
23	0.115	-0.359
28	0.14	-0.397
15	0.075	-0.280
12	0.06	-0.244
7	0.035	-0.169
16	0.08	-0.292
<b>200</b>		<b>H' = 2.703</b>

Ni	Pi	Pi log <sub>2</sub> Pi
1	0.125	-0.375
1	0.125	-0.375
1	0.125	-0.375
1	0.125	-0.375
1	0.125	-0.375
1	0.125	-0.375
1	0.125	-0.375
1	0.125	-0.375
8		H' <sub>α3</sub> = 3.000

Lorsque toutes les sp ont le même effectif : H' = Hmax

Si n<sub>1</sub> = 2, n<sub>2</sub> = n<sub>3</sub> = ..... N<sub>8</sub> = 1

Ni	Pi	Pi log <sub>2</sub> Pi
2	0.222	0.482
1	0.111	0.352
1	0.111	0.352
1	0.111	0.352
1	0.111	0.352
1	0.111	0.352
1	0.111	0.352
1	0.111	0.352
9		H' <sub>α4</sub> = 2.946

Lorsque la distribution d'abondance des espèces est équilibrée ⇒ le peuplement est homogène et équilibrée ⇒ plus H' augmente ⇒ il y a suffisamment de ressources (+de niches) ⇒ milieu complexe et mûr, équilibré.

Un peuplement dans lequel une espèce concentre l'essentiel des effectifs et que les autres espèces sont caractérisées par des effectifs faibles, sera un peuplement fortement hiérarchisé; dominé par une ou deux espèces qui seraient donc les mieux adaptées à un

milieu particulier. Celui-ci serait donc régi par un facteur dominant, dans lequel il n'existerait qu'un ou deux types de ressources qui seraient favorables à une ou deux espèces. Ce milieu serait spécialisé et contraignant (ex. les milieux salés, ou inondés, acides ou pollués...).

En revanche,  $H'$  atteint des valeurs élevées si la distribution d'abondance du peuplement est équilibrée. Cette situation témoigne d'un milieu dont les ressources sont diversifiées et dont la structure est complexe, caractéristiques des milieux mûrs et évolués.

On peut mesurer l'équitabilité ou équirépartition d'un peuplement par la relation

$$E = \frac{H'}{H' \max}$$

$$0 < E < 1.$$

$E = 1$  lorsque  $H' = H' \max$ .

$H' \max$  c'est la diversité maximale théorique d'un peuplement si toutes les espèces avaient le même effectif.

Lorsque  $H'$  est faible,  $E$  est proche de 0. on parle alors d'un peuplement déséquilibré, fortement hiérarchisé, dans lequel dominant une espèce ou deux. Ce peuplement vit dans un milieu gouverné par un seul facteur traduisant des conditions de vie contraignantes.

Deux peuplements ayant la même diversité peuvent être différenciés par la mesure de l'équitabilité.

Il y a trois Types de diversité.

**La diversité  $\alpha$  ou intrabiotope** : elle mesure la diversité au sein d'un peuplement

**La diversité  $\delta$  ou sectorielle** : c'est la diversité du peuplement à l'échelle du secteur écologique, du paysage.

**La diversité  $\beta$  inter biotope** : c'est un indice qui permet de mesurer les différences entre peuplements de différent biotopes contiguës. C'est un indice de similitude qui mesure l'importance des changements des peuplements que provoque la modification structurelle des biotopes

$$H'_B = H'_{\alpha 12} - 0.5 ( H'_{\alpha 1} + H'_{\alpha 2} )$$

$$0 < H'_B < 1$$

$H'_B = 0$  lorsque les peuplements sont totalement semblables  $\Rightarrow$  toutes les espèces en commun.

$H'_B = 1$  lorsque les peuplements sont totalement dissemblables  $\Rightarrow$  pas d'espèces en commun

La variation de diversité peut être due à des variations, des réajustements d'effectifs chez les espèces qui composent le peuplement. Elle peut être due également à l'adjonction ou la soustraction d'espèces par les mécanismes de la colonisation ou l'extinction.

Les indices de diversité sont d'excellents outils de mesure des diversités et de comparaison des peuplements; ils sont sensibles aux phénomènes de modification des conditions environnementales qui ont pour conséquence la modification de la structure des peuplements.

## 6- La niche écologique : "insertion des organismes dans l'écosystème".

Le concept de niche écologique, qui est à la base de la collection d'espèces qui constitue une communauté ou un peuplement, recouvre un concept complexe.

La théorie de la niche permet néanmoins de répondre aux questions suivantes :

Comment les espèces se partagent-elles une ressource importante du milieu ?

Qu'est-ce qui détermine le niveau de spécialisation d'une espèce ?

Jusqu'où la ressemblance écologique peut-elle aller entre plusieurs espèces sympatriques ou syntopiques ?

Quelles sont les causes ou les facteurs qui sont à l'origine de la diversité des niches dans les communautés (compétition, prédation, ...)?

Les différentes dimensions d'une niche vont constituer autant de facteurs permettant une ségrégation écologique.

Les différents organismes expriment un certain nombre de besoins qui vont refléter leur rôle dans la communauté. Chaque organisme est caractérisé par une **niche potentielle** qui dépend des performances écologiques de l'espèce en absence de compétiteurs; mais au sein d'une communauté, il y a un partage des ressources. Donc chaque organisme doit céder un peu de sa niche écologique par le jeu d'interactions permanentes avec les autres espèces concurrentes. On parle alors de **niche réalisée**.

On appelle donc niche écologique d'un organisme, la position qu'il occupe dans un environnement qui est déterminé par les conditions dans lesquelles cet organisme vit, les ressources qu'il utilise et le temps durant lequel il vit.

Ainsi, les individus d'une espèce donnée peuvent maintenir des populations viables seulement dans certaines limites de conditions et en utilisant seulement des ressources particulières et seulement durant des périodes particulières.

L'ensemble des facteurs dont dépend le maintien de cette population décrit la niche écologique de l'espèce.

Certaines espèces peuvent changer de niche en fonction de leur degré de développement

**Ex :** les Amphibiens, les Odonates, les Moustiques...

L'habitat d'un organisme constitue l'environnement physique dans lequel cet organisme vit.

Plus les habitats sont complexes et plus ils contiennent de niches et donc d'espèces.

Chaque condition à laquelle est soumis un organisme constitue une dimension de la niche (période de chasse, taille des proies, profondeur de l'eau, pH, t° du jour, t° en hiver,....)

On peut donc considérer la niche écologique comme un hyper volume multidimensionnel dans lequel un organisme réalise son cycle vital (naissance, croissance, reproduction).

Plus le nombre de dimensions est important, plus faible sera le risque de chevauchement avec d'autres niches et plus grandes seront les chances de co-habitation entre espèces.

Il existe pourtant entre les espèces des phénomènes de chevauchement des dimensions.

On évoque alors la notion de "ressemblance limite" entre niches, sans qu'il y ait confrontation entre les espèces.

### **Remarque**

*Cette définition de la niche suppose que la niche d'une espèce est totalement et définitivement définie; or, ce n'est pas entièrement vrai car certaines espèces peuvent modifier leurs besoins dans le cas d'environnements instables.*

La niche fondamentale est l'ensemble des conditions potentielles qui dépendent des performances des organismes et dans lesquelles ils peuvent vivre indéfiniment. Cependant, l'espace multidimensionnel de la niche écologique que peut occuper une espèce est soumis aux contraintes que la compétition et la prédation exercent sur les organismes, Donc, une espèce ne peut jamais se déployer dans sa niche potentielle. Elle

ne peut occuper qu'une niche restreinte qui est un compromis entre les contraintes exercées par son environnement et ses capacités à résister à ces contraintes. **Ce compromis constitue la niche réalisée.**

En milieu insulaire on observe une tendance à un élargissement des niches des espèces.

Voir exemple sur région Maghreb. Faire tableau avec amplitudes comparées

## CHAPITRE III

### SUCCESSIONS ECOLOGIQUES ET EVOLUTION DES PEUPEMENTS

La succession est le processus le plus courant de modification de l'environnement. La succession écologique, est un processus par lequel, un écosystème altéré ou détruit se reconstitue spontanément pour revenir à son état initial. Cette reconstitution peut démarrer, soit d'un stade pionnier sur sol nu (cas des successions primaires), soit à partir d'un stade intermédiaire (cas des successions secondaires).

Ce processus évolue jusqu'à un stade où la végétation est en équilibre dynamique. Ce stade s'appelle le **climax**, il n'y a plus transformation spécifique de la végétation mais remplacement des individus âgés par de plus jeunes de la même espèce.

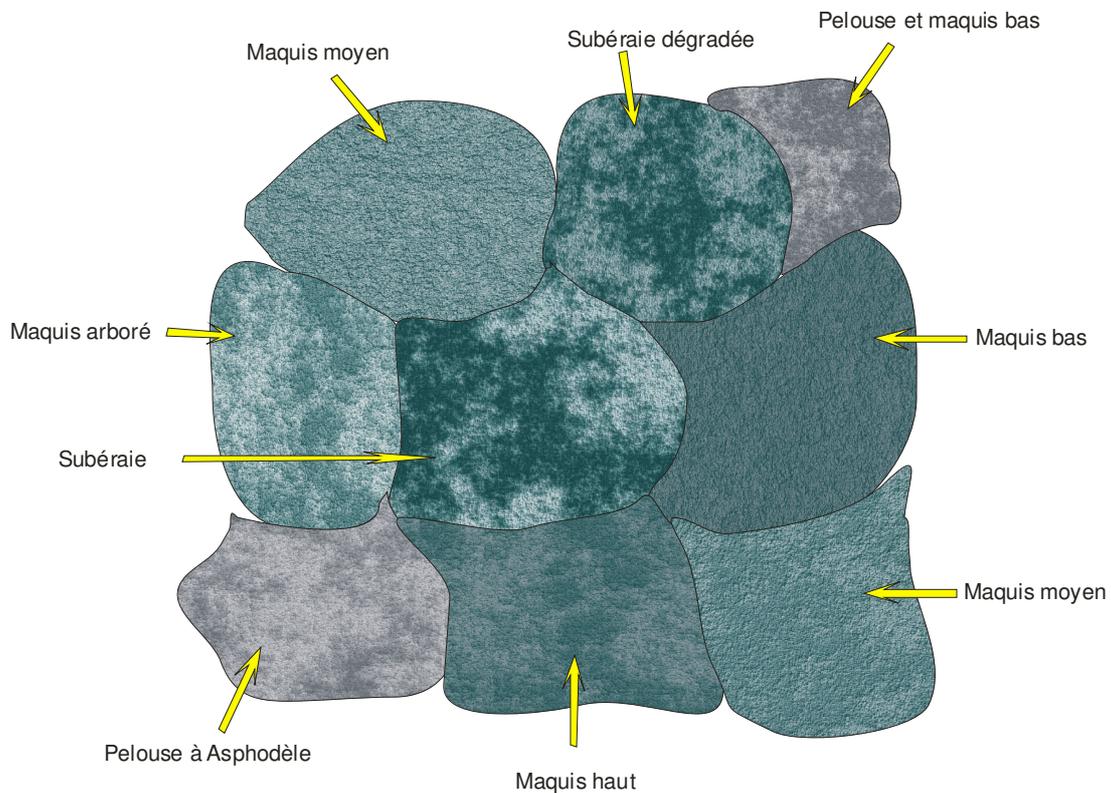
Le climax est déterminé par les conditions climatique et édaphiques.

On observe dans certains cas un processus inverse dit évolution régressive au cours duquel l'écosystème se simplifie en étant progressivement détruit par un facteur **quelconque** (incendie, pâturage, défrichage...) parfois jusqu'au stade pionnier.

Les successions sont un phénomène très répandu dans la nature, elles se déclenchent dans de multiples cas de figure et se déroulent sur des périodes de temps très variables (abandons de culture, glissement de terrains, émergence d'une île, incendie de forêt, chablis provoqués par une tempête,...)

La longueur des processus de successions écologiques ne permet pas à un même observateur de les caractériser entièrement au même endroit.

L'étude des successions ne peut se réaliser que de manière indirecte en reconstituant dans l'espace ce qui se passe dans le temps, c'est à dire qu'on remplace une chronoséquence par une toposéquence.



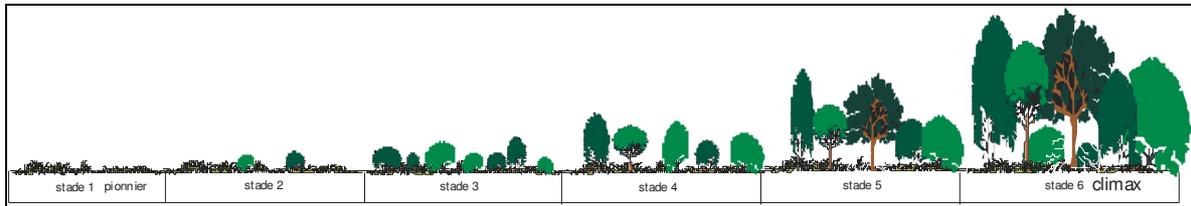
### Expliquer, schéma.

Pour savoir ce qui a changé le long d'une succession, on procède à des échantillonnages dans des milieux différents, à des intervalles de temps déterminés.

L'étude diachronique n'étant pas réalisable dans certaines successions, on doit procéder à une étude synchronique en considérant les différents stades de la succession existant actuellement et à condition de rester dans les mêmes conditions climatiques et topographiques et de s'assurer que chaque stade sélectionné s'intègre bien dans la succession étudiée.

L'échantillonnage le long de la succession va nous permettre de connaître les vitesses de transformation des milieux, les types de niches écologiques qui vont apparaître et celles qui vont disparaître. On assistera à l'apparition et la disparition locale d'espèces qui correspondent à des phénomènes d'extinction - colonisation.

Les successions d'habitats forestiers sont caractérisées par l'augmentation de l'hétérogénéité de la végétation au fur à mesure qu'on avance dans la succession.



**Remarque:**

*La stratification de la végétation correspond à la distribution dans l'espace des différents éléments constitutifs de cette végétation (troncs, branches, tiges, feuillage...)*

La mesure de la stratification de la végétation permet la mesure de la complexité de l'habitat. Cette complexité de l'habitat le long du gradient successional est à l'origine de la complexification croissante de l'organisation interne des communautés qui exploitent les différents stades successionnels. On assiste à une augmentation des richesses de ces communautés et à l'acquisition de leur stabilité progressive.

Apparition des niches → apparition de nouvelles espèces → diversification des communautés → on aboutit à un système complexe → acquisition de l'équilibre et de la stabilité du système.

**I- Causes de l'évolution des peuplements**

Le long des successions, les espèces apparaissent, augmentent en densité, déclinent puis disparaissent à tour de rôle. Chez la plupart des animaux, la dynamique des espèces est conduite par la variation du paysage végétal qui est gouverné par les facteurs du milieu.

Ce sont les végétaux qui sont les moteurs de la dynamique des systèmes, même si au départ les diaspores soient ramenées par des animaux.

Les oiseaux sont d'excellents révélateurs de la dynamique des successions car ils illustrent le rôle essentiel de l'hétérogénéité spatiale à laquelle ils sont sensibles.

Chaque espèce d'oiseaux évolue pour son propre compte dans une succession, indépendamment des autres espèces, selon un partage de l'espace qui réduit au minimum la compétition interspécifique.

Ainsi, durant cette dynamique des espèces, à un moment donné, chacune choisit le biotope auquel elle s'est spécialisée et dans lequel, elle devrait donc être supérieure aux autres espèces d'un point de vue compétitif.

Les peuplements vont donc changer, évoluer au gré des apparitions et disparitions d'espèces. Cette dynamique est orientée par le jeu des apparitions et disparition des espèces le long d'une succession.

**Exemple :** Pour ce qui concerne les vertébrés on peut dire que plus le système évolue vers la forêt, plus il y a d'espèces et plus la densité et la biomasse sont élevées et la diversité  $H'$  est importante.

Cette tendance générale est due à un changement et à l'augmentation des niches écologiques dont l'accumulation progressive permet une diversification des ressources, donc des espèces qui les occupent.

L'évolution des peuplements le long des successions implique leur renouvellement.

Celui-ci se fait à une vitesse décroissante au fur et à mesure que l'on se rapproche de son terme.

Plus on se rapproche du stade climax de la succession et plus les communautés se transforment lentement, c'est à dire que les espèces persistent plus longtemps dans des biotopes qui sont eux même moins éphémères. Il y a donc ralentissement des processus d'extinction – recolonisation.

## 1- Evolution des peuplements et variation des paramètres de structure

**Exemple :** Avifaune de la région d'EL KALA – ANNABA (BENYACOUB -1993)

9 stades de succession du Chêne zeen :

Stade 1 : Pelouse à Asphodèle = PEL

Stade 2 : Maquis bas lentisque Myrte, Ciste = MB

Stade 3 : Maquis moyen =MM

Stade 4 : Maquis haut : Lentisque, Myrte, Chêne kermès= MH

Stade5 : Maquis à strate arborée claire= MAC

Stade 6 : Maquis à strate arborée dense= MAD

Stade 7 : Subéraie d'altitude : (Subéraie sans sous bois)= SSSB

Stade 9 : Zénaie (chêne zeen) = ZEN

## Méthodes de la détermination de la structure de la végétation

La structure de la végétation est mesurée à partir de la stratification de celle ci

### a- La méthode de Godron – Daget

Elle est basée sur la stratification de la végétation sur la base d'une croissance géométrique d'ordre 2 en commençant par la hauteur 0,25 m. Chaque strate est mesurée en hauteur et en recouvrement au sol. On obtient à la fin un profil structural de l'habitat qui est une description de la complexité de la distribution de la végétation qui constitue cet habitat.

### Schéma

**b- Méthode Benyacoub EVV (Eco- volume végétal) :** Calcul des hauteurs et du recouvrement

Pour chaque strate

{	<p><b>Arborée</b></p> <p><b>Buissonnante</b></p> <p><b>Herbacée</b></p>
---	---

**R = recouvrement au sol**

**H = hauteur**

$$\text{EVV} = (\text{HA} \times \text{RA}) + (\text{HB} \times \text{RB}) + (\text{H herb} \times \text{R herb})$$

Méthode Blondel (Stratiscope)

### C- le toit de la végétation :

Il représente également un paramètre de la caractérisation de la végétation.

Ces mesures ont pour objectif l'évaluation de la complexité de l'habitat le long des successions. On peut ajouter d'autres paramètres tels que : la densité des arbres, la surface terrière, surface mesurée à 1m 30 de hauteur.

On obtient en fin de compte des paramètres structuraux de caractérisation des différents stades d'une succession. Ces paramètres peuvent être corrélés avec les divers paramètres des peuplements d'animaux qui y vivent et plus particulièrement des peuplements d'oiseaux.

## Analyse de l'avifaune de la région d'EI KALA

### Schéma

#### III- Amplitude d'habitat et barycentre écologique des espèces: (Centre de gravité)

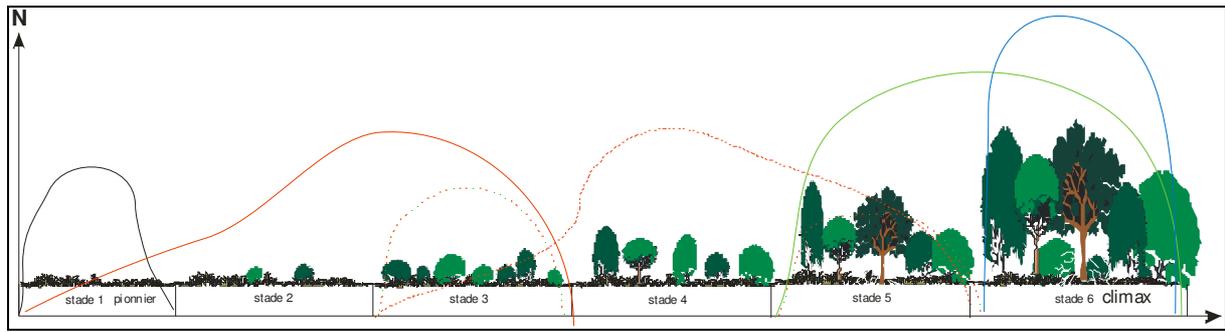
Les espèces ne sont pas distribuées n'importe comment dans les différents stades d'une succession, ou, d'une manière générale le long d'un gradient. Elles peuvent coloniser des portions restreintes de ce gradient, et dans ce cas on dira qu'elles sont spécialistes. Elles peuvent également occuper de grandes portions de ce gradient, elles sont dites alors généralistes ou ubiquistes. La portion de gradient colonisée par l'espèce exprime la plasticité écologique de cette espèce, c'est-à-dire sa capacité à étendre sa niche écologique.

Cette plasticité écologique peut faire l'objet d'une mesure mathématique par le calcul de l'amplitude écologique, que l'on peut également appeler amplitude d'habitat :

$$AH = e^{H'}$$

H' étant la fonction de Shannon calculée avec des logarithmes népériens.

En outre, au sein de cette portion de gradient exploité par l'espèce, il y a une zone privilégiée dans laquelle l'espèce manifeste son maximum d'effectif: c'est le *preferendum* écologique. On l'exprime par la notion de barycentre écologique



**Schéma**

Barycentre écologique

$$g = \frac{d_1 + 2 d_2 + 3 d_3 + \dots + n d_n}{\sum d_i}$$

AH Varie de 1 à x nombre de modalités de descripteurs.

AH = 1 lorsque l'espèce n'existe que dans une seule modalité de descripteur on dit alors qu'elle est sténotope ou spécialiste.

AH = x lorsque l'espèce existe avec les même effectifs dans toutes les modalités du descripteur (équirépartition); on dit alors qu'elle est eurytpe ou généraliste.

$$H' = \sum_{i=1}^x p_i \ln p_i$$

Dans ce cas, la diversité de Shannon exprime la diversité de répartition ou de distribution de l'espèce i le long de la succession ou le long du gradient de ressource considérée.

Le barycentre écologique ou centre de gravité écologique est un paramètre qui permet de situer le long d'un gradient de ressources ou d'un descripteur, le preferendum écologique d'une espèce. Il dépend étroitement du nombre de modalités retenues pour ce descripteur.

Di : représente la densité de l'espèce i dans les modalités 1,2, ..... , n du descripteur ou de la ressource.

<b>Stades</b>									
<b>SP</b>	<b>PEL</b>	<b>MB</b>	<b>MM</b>	<b>MH</b>	<b>MAC</b>	<b>MAD</b>	<b>SASB</b>	<b>SSSB</b>	<b>ZEEN</b>

A	4	5	5	6	7	7	6	5	3
B	1	2	6	8	10	0	1	1	0
C	1	0	1	3	4	6	1	0	0
D	1	0	0	7	0	7	0	0	0
E	1	0	0	0	0	0	0	0	0
F	1	0	0	5	5	5	0	0	0
g	1	0	0	0	0	0	0	0	9

Stades Paramètres Mesurer	P1	MB 2	MM 3	MH 4	MA C5	MA D6	SAS B 7	SSS B8	SEE N 9	
A/N	0.25	0.1	0.1	0.05	0.1	0.1	0.1	0.15	0.05	Stade pelouse: c'est le milieu ou stade le moins bien échantillonné
S	16 sp	19	23	23	31	33	28	27	29	Stade MH et Zeen sont les stades les mieux échantillonnés
$\Delta$	6.15	4.50	7.10	10.8	11.3	12.3 5	13.10	12.4 5	15.50	
Densité DC/10ha	12.3 0	14.1 5	34.1 0	49.3 3	48.1 3	59.1 5	58.43	49.3 7	73.97	
BB (g) BC=Bb0.7	803	982	135 8	211 6	1927	232 2	2583	2279	3684	
BB/sp (g)	31	29.3	33.9	28.8	50.5	55.1 0	56.5	70.4	130	
H $\alpha$	3.25 4	1.29 1	2.30 0	3.36 6	3.15 6	3.41 3	3.812	3.81 6	3.858	
Hmax	4.00 0	4.24 8	4.52 4	4.52 4	4.95 4	5.04 4	4.507	4.75 5	4.858	
E= H $\alpha$ / H mas	0.81 3	0.30 3	0.50 6	0.74 4	0.63 7	0.67 7	0.793	0.80 3	0.792	



## **Bibliographie générale**

Ricklefs R.E., Miller G.L.-1999. **ECOLOGY** fourth Edition. Freeman. New York

Barbault R. -1988. **Biologie des populations et des peuplements**. Masson. Paris

Barbault R. -1992. **Ecologie des peuplements**. Masson. Paris

Blondel J. -1979. **Biogéographie et écologie**. Masson. Paris

Blondel J. -1995. **Biogéographie. Approche écologique et évolutive**. Masson.Paris

## **CHAPITRE VI**

### **CHAINES ALIMENTAIRES ET RESEAUX TROPHIQUES**

#### **A/ structure trophique d'un écosystème**

Au sein d'une biocénose, la fonction des organismes n'est pas quelconque. D'un point de vue trophique, nous pouvons distinguer plusieurs groupes d'organismes dont la fonction est distincte.

#### **1- Les autotrophes ou producteurs**

Ce sont les organismes qui fixent l'énergie lumineuse pour élaborer des matières organiques à partir du CO<sub>2</sub>, d'H<sub>2</sub>O et des sels minéraux. Ils forment alors des glucides, des lipides et des protides. Ce sont les végétaux chlorophylliens.

#### **2- Les consommateurs de premier ordre ou consommateurs primaires.**

Ce sont les organismes qui se nourrissent directement à partir des producteurs. Ce sont les phytophages : granivores, frugivores, nectarivores, herbivores...

#### **3- Les consommateurs de deuxième ordre ou consommateurs secondaires.**

Ce sont les organismes qui subsistent en se nourrissant au dépend des consommateurs 1<sup>aire</sup>. Ce sont donc des carnivores (prédateurs). (Araignées, myriapodes, mésange bleue, chat, ....)

#### **4- Les consommateurs de troisième ordre ou consommateurs tertiaires.**

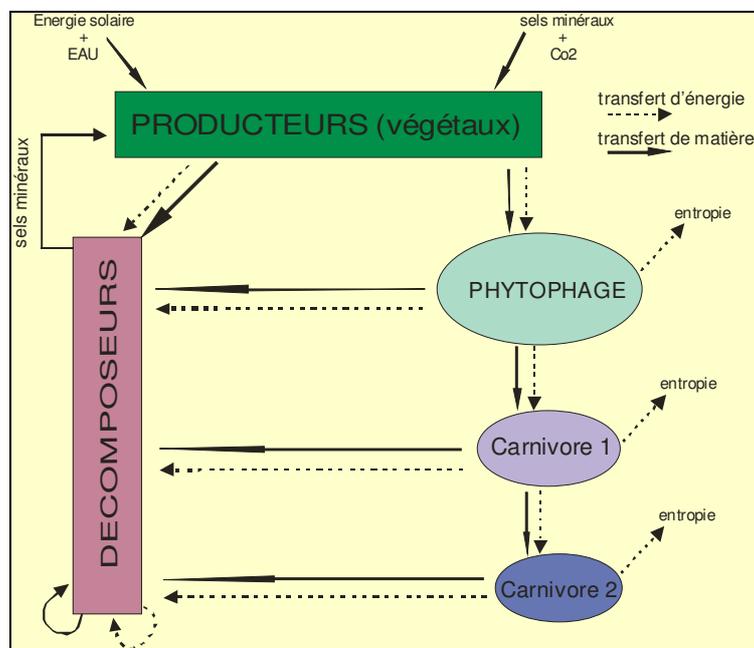
Ce sont des carnivores qui se nourrissent d'autres carnivores. Ce sont des organismes qui sont au sommet des chaînes alimentaires, représentés par les carnassiers : requins, barracudas, panthère... ou des parasite ou encore les organismes nécrophages.

## 5- Les décomposeurs

Ce sont des organismes qui bouclent le cycle trophique. Ils décomposent la matière organique et remettent en circulation les éléments minéraux qui sont contenus sous forme organique dans les débris animaux et végétaux; ils agissent à tous les stades de la chaîne alimentaire.

Les chaînes alimentaires ne circulent pas toujours d'un petit vers un grand organisme; on observe parfois le contraire.

Dans un écosystème, les phénomènes de transfert d'énergie et de matières sont nombreux, diversifiées et indépendants; on parle dans ce cas de réseaux trophiques



Structure trophique d'un écosystème complet

### B/ Différents types des chaînes trophique :

Il existe trois grands types de chaîne trophique

#### 1-Chaîne trophique de prédateur

Cette chaîne démarre généralement à partir des producteurs à la suite desquels, on observe une série d'organismes de plus en plus prédateurs

**Ex :** Chaîne trophique en milieu marin.

Niveau écologique	Fonction	Type d'organisme	Espèce
I	Producteur	Phytoplancton	Diatomée
II	Phytophages	Zooplancton	Copépodes
III	Carnivore I	Poissons microphages	Ammodytes (sardine)
IV	Carnivore II	Poissons macrophages	Maquereau (Bonite)
V	Carnivore III	Oiseau ichtyophage	Cormoran
VI	Carnivore IV	Poisson carnassier	Requin blanc

Ici, l'oiseau, joue un rôle important dans les chaînes trophiques marines car il recycle le phosphore contenu dans le poisson par ses déjections dans l'eau. Ce phosphore est repris par le phytoplancton.

### Remarque

*Il y a parfois des chaînes de prédateurs sans producteurs. Ce sont des systèmes que l'on peut observer dans les fonds marins où l'intensité lumineuse est très faible voire nulle. Les chaînes alimentaires sont alors amorcées grâce à la pluie continue de débris qui viennent de la surface. Ces systèmes existent également dans les milieux troglobies (grottes, gouffres,....).*

### 2-Chaîne trophique de parasites

Ce type de chaînes se constitue à partir d'organismes de grande taille vers des organismes de petite taille. On peut observer dans ces chaînes l'apparition d'hyper parasites (parasites de parasites).

Les chaînes de parasites ont un impact important dans le fonctionnement des écosystèmes. Elles permettent de réaliser un équilibre dans l'écosystème grâce à un rôle de régulation des effectifs des populations parasitées.

### 3-chaîne trophique de saprophytes

Dans ce cas, le support trophique est constitué de matière détritique c'est à dire de matière organique en décomposition. Ce type de chaînes fait intervenir de nombreux organismes (collembolles, champignons, bactéries) et joue un grand rôle fondamental dans les écosystèmes forestiers.

En effet, lorsque le feuillage et les rameaux tombent à terre et rejoignent la litière, ils sont fragmentés par les animaux saprophages (vers de terre, collembolés), les fragments sont dispersés dans le sol et sont repris par les champignons et les bactéries qui vont en achever la décomposition et former l'humus. C'est à partir de ce dernier que va s'effectuer le relargage des éléments minéraux.

Ces trois types de chaînes coexistent dans un même écosystème et font partie du réseau trophique de l'écosystème. Les chaînes alimentaires ne peuvent pas se poursuivre indéfiniment. D'une manière générale, elles comportent trois ou quatre niveaux trophiques en milieu terrestre, et cinq en milieu marin, car le passage d'un niveau trophique à un autre s'accompagne d'une perte d'énergie de 90%. C'est pour cela que les communautés organisées en chaîne trophique ont une structure pyramidale. Les prédateurs sont toujours moins nombreux que leurs proies, même s'ils sont taxonomiquement plus diversifiés.

On retiendra que les chaînes alimentaires linéaires sont dominées par les herbivores, elles deviennent de plus en plus complexes avec une complexification des réseaux trophiques. La place des détritivores est de plus en plus importante, la taille des organismes tend à augmenter, les cycles biologiques des organismes tendent à s'allonger et à se compliquer, les organismes tendent à se spécialiser dans des niches écologiques de plus en plus étroites

### **C- Notion de productivité**

1-Productivité primaire: C'est celle produite par l'activité photosynthétique des végétaux sous forme de matière organique pouvant constituer soit un incrément c'est-à-dire une augmentation de biomasse pour le végétal, soit être utilisée comme aliment par les consommateurs.

### **2-Productivité secondaire**

C'est la biomasse produite par les représentants des autres niveaux trophiques.

### **3-Production brute**

C'est la production totale de la photosynthèse c'est-à-dire la somme de toutes les matières organiques produites y compris les assimilats brûlés dans la respiration. Cette production brute assure la maintenance des organes existants, la constitution d'organes nouveaux, l'élaboration et le stockage des réserves, la création d'énergie dissipée par la reproduction

#### 4- Production nette :

$$PB = PN + R$$

Chez les végétaux, c'est la photosynthèse apparente. C'est la somme de tous les tissus formés par unité de temps et de toutes les matières nouvellement emmagasinées dans les organes. En fin de compte, c'est la différence de biomasse entre **T<sub>1</sub>** et **T<sub>2</sub>**.

$$PN = \frac{B_2 - B_1}{T_2 - T_1} = \frac{\Delta B}{\Delta T} = PB - R$$

Tout être vivant qui fabrique des tissus et se reproduit, utilise une certaine quantité d'énergie pour :

- Assurer les dépenses d'entretien = métabolisme de base
- Assurer sa croissance
- Assurer l'effort musculaire
- Former des réserves (dans le foie, graisses)
- Elaborer les éléments nécessaires à la reproduction (surtout les ♀)

Ainsi, la PB c'est la somme de la biomasse produite et des substances respiratoires qui ont servi à la produire.

#### D/ Etude des transferts d'énergie dans une chaîne alimentaire simplifiée

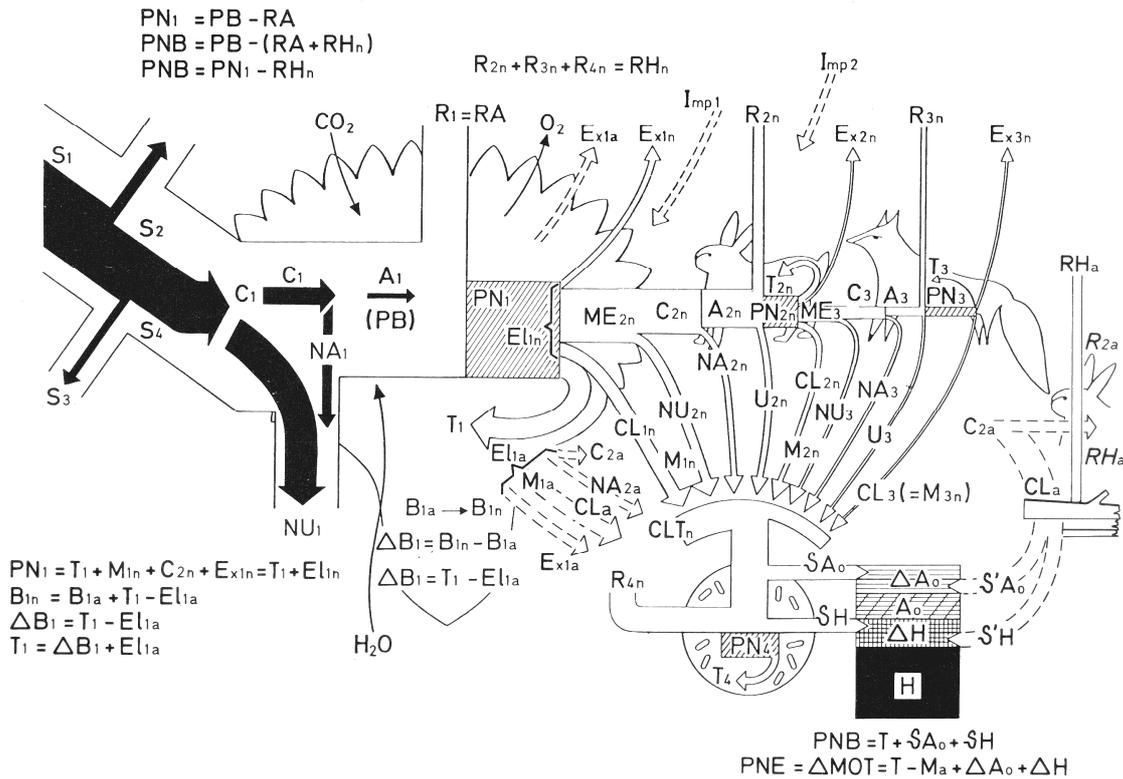


Fig. 4.20 Flux d'énergie dans un écosystème simplifié. (Pour explications, voir texte.)

(tiré de Duvigneaud la synthèse écologique)

On considère une chaîne alimentaire constituée d'un producteur, d'un consommateur I<sup>aire</sup>, d'un consommateur II<sup>aire</sup> et de décomposeurs.

Il s'agit d'obtenir un système d'équation qui va nous permettre de quantifier les productivités I<sup>aire</sup>, II<sup>aire</sup> et III<sup>aire</sup>.

Ig<sub>1</sub> : quantité d'énergie lumineuse absorbée par les tissus chlorophylliens: c'est la quantité d'énergie ingérée au 1<sup>er</sup> niveau trophique.

C'est ce qu'on appelle l'introduction trophique dans un écosystème sous forme de photons. Une partie de cette énergie va être non assimilée, c'est la composante NA<sub>1</sub>

Une autre partie va être respirée c'est la composante R<sub>1</sub>.

La respiration englobe tous les problèmes métaboliques

A<sub>1</sub> = Production brute; c'est l'assimilation au niveau trophique 1.

PN<sub>1</sub> = Production nette

Lorsqu'une partie de A<sub>1</sub> est assimilée, il reste à la fin la PN<sub>1</sub> au 1<sup>er</sup> niveau trophique.

Une partie de cette PN va servir à l'augmentation de biomasse; c'est ce qu'on appelle l'incrément T<sub>1</sub> (il va servir à la constitution de réserves, la reproduction, la croissance, la constitution d'organes nouveaux).

Une autre partie va rejoindre la litière L<sub>1</sub> (fruits consommés par les animaux : la zoochorie, par le vent: l'anémochorie).

Le support trophique pour le niveau de consommation suivant c'est ME<sub>2</sub>.

A ce stade on pourra dire que :

$$I_{g1} = A_1 + NA_1$$

$$PB_1 = I_{g1} - NA_1$$

$$PN_1 = PB - RA \quad (\text{RA: respiration des autotrophes})$$

PN<sub>1</sub> est partagé en une contribution annuelle à l'augmentation de biomasse (composante T<sub>1</sub>), une partie de PN<sub>1</sub> est exportée sous forme de diaspores c'est la composante ex<sub>1</sub>, cette quantité est généralement négligeable sauf cas particuliers (fruits consommés par des animaux qui vivent dans d'autres biotopes).

Une autre partie de PN<sub>1</sub> tombe à terre et rejoint la litière, c'est la composante L<sub>1</sub>.

Il reste ME<sub>2</sub> qui est le support trophique aux hétérotrophes.

$$PN_1 = T_1 + L_1 + Ex_1 + ME_2$$

Une partie de ME<sub>2</sub> va être ingérée par le consommateur I<sup>aire</sup>, voir le phytophage

NU<sub>2</sub> = Fraction consommée non ingérée.

Partie : NA<sub>2</sub> : Non assimilée

A<sub>2</sub> : Assimilée au niveau trophique II

$$ME_2 = I_{g2} + NU_2$$

$$PN_1 = T_1 + L_1 + I_{g2} + NU_2 + Ex_1$$

Cette partie assimilée par A<sub>2</sub> va être partagée en deux :

Une composante de respiration R<sub>2</sub>

Une composante d'excrétion U<sub>2</sub>

PN<sub>2</sub> va être partagée en:

Une composante T<sub>2</sub>

Une partie à l'exportation Ex<sub>2</sub> (éléments de reproduction: négligeables)

Une partie va être transportée à la litière L<sub>2</sub>

ME<sub>3</sub> : Support trophique pour le 3<sup>e</sup> niveau trophique (le prédateur).

Une partie de ME<sub>3</sub> sera non utilisée (gaspillée) : NU<sub>3</sub>

$$I_{g2} = A_2 + NA_2$$

Ex<sub>2</sub> est négligeable

U<sub>2</sub> : C'est tout le catabolisme (toutes les fonctions d'excrétion)

$$PN_2 = A_2 - (R_2 + U_2)$$

$$= I_{g2} - [NA_2 - (R_2 + U_2)]$$

$$= I_{g2} - NU_2 + R_2 + U_2$$

$$= I_{g2} - FU_2 \text{ (fonction d'excrétion)}$$

$$PN_2 = ME_3 + T_2 + L_2 + EX_2$$

A la fin de la chaîne, il ne reste plus de support trophique pour un prédateur qui va donc rejoindre la litière.

**Production nette de l'écosystème :** A : Autotrophe      H : Hétérotrophe

$$PN_T = P_{B_A} - (R_A + R_h)$$

$$R_H = R_2 + R_a + R_4$$

$$P_{B_A} - R_A = PN_1$$

$$PN_T = PN_1 + R_A - R_A - R_H$$

$$PN_T = PN_1 - R_H$$

La production nette de l'écosystème :  $PN_E$  ou  $PN_T$  c'est la production d'énergie (ou production en définitive) après respiration et consommation. C'est l'énergie contenue dans les matières vivaces et pérennantes + l'humus ; ce qui exclu les plantes annuelles et bisannuelles.

Ainsi dans un écosystème relativement stable (en sa composition, sa richesse, sa structure), on peut considérer que la M.O du sol, la pédoflore et la faune qui s'en nourrit sont en équilibre. Ceci implique que la quantité de litière demeure constante d'une année sur l'autre.

La respiration des hétérotrophes " $R_H$ " qui correspond à la respiration des animaux et des décomposeurs peut être considérée comme correspondante à la masse de tous les organismes vivants ou morts qui ont été consommés.

Puisqu'une partie de la litière a servi d'aliments respiratoires aux microorganismes du sol, on peut donc considérer que  $R_H$  totale est égale à la mortalité primaire, c'est-à-dire la masse des végétaux morts ou ayant été consommés  $M_1$ . Dans ce cas, on peut considérer que la production nette de l'écosystème  $PN_E = PN_1 - M_1$

Quand  $PN_E = 0$       l'écosystème est stable ; il est en équilibre.

Quand  $PN_E > 0$       la PN augmente. Ex : dans une succession, l'écosystème accumule la matière dans les successions végétales démarrant d'un stade pionnier jusqu'à complexification de l'écosystème   $PN_E$  est positive.

Quand  $PN_E < 0$       l'écosystème se simplifie, il perd de la matière et de l'énergie.

## CHAPITRE V

### METHODES DE DETERMINATION DE LA PRODUCTION PRIMAIRE

Il existe plusieurs méthodes de détermination de production primaire. Certaines sont basées sur des évaluations directes et d'autres sur des évaluations indirectes :

#### **A/ Méthode de dosage des gaz respiratoire**

Elle est basée sur le calcul du bilan respiratoire par les plantes dans une enceinte confinée.

Expliquer principe et procédure

#### **B/ Méthode du carbone 14 "C<sup>14</sup>"**

Cette méthode permet de mesurer la production primaire par unité de temps à partir de la quantité de carbone radioactif assimilé.

#### **C/ Méthode de la récolte de la production primaire**

Cette méthode est utilisée pour les plantes annuelles, elle consiste à récolter chaque mois ou chaque année sur des surfaces de terrain déterminées la totalité de la phytomasse aérienne ou souterraine de la plante considérée. La matière est séchée à l'étuve, puis passée au four pour recueillir la fraction minérale.

Soit un terrain de 0,4 ha, on plante 10.000 plants de maïs; à maturité on récolte toute la biomasse; on sèche à l'étuve à 80 C° pendant 24 à 48 h, ce qui nous permet de calculer le poids sec (PS).

On obtient P.S = 6.000 Kg.

On veut connaître la PN et PB.

$$PB = PN + R$$

On procède à la destruction de la M.O. au four pour récupérer la fraction minérale. Les 06 tonnes de P.S. sont passées à 600° pendant 2 h, on obtient une fraction minérale de 322 Kg.

$$M.O. = 6.000 - 322 \longrightarrow M.O = 5.678 \text{ Kg.}$$

On sait que le carbone organique dans les Végétaux représente 44,5 % de la matière organique totale (sous forme de cellulose), ceci représente un taux de glucide contenu dans les plants de maïs qui est égal à :

$5678 \times 0,445 = 2527$  kg de carbone organique qui représente la production primaire.

Si l'on considère une mole de glucide de  $C_6 H_{12} O_6$  qui est égale à 180 g dont 72 g de carbone, dans ce cas, la production de glucides sera égale à :

$$PN = \frac{2527 \times 0,18}{0,072}$$

PN = 6317 Kg de Glucides.

On sait que les végétaux dépensent en énergie respiratoire environ 50 % de leur poids sec en 100 jours dans lesquels on a 3/11<sup>ème</sup> de carbone. Dans ce cas on a :

$$\frac{3.000 \times 3}{11} \longrightarrow \text{Quantité de carbones respirés} = 818 \text{ Kg}$$

$$\frac{818 \times 0,18}{0,072} = 2.045 \text{ Kg de glucides respirés.}$$

Dans ce cas :  $PB = PN + R = 6317 + 2045$

$PB = 8362$  Kg équivalent glucide.

1 Kg = 3,8 K cal.

$PB = 8362 \text{ Kg} \times 3,8 \times 1.000 = 31775 \text{ K cal.}$

Dans un climax où l'activité des herbivores est négligeable, on peut considérer que la mortalité primaire  $M_1$  est égale à la quantité totale des organes qui se trouvent de la litière "L".

Etant donnée que  $PN_E$  est égale à "0"; dans ce cas :

$PN_1 = M_1 = L.$

On pèse la litière pour avoir  $PN_E$

## Faire schéma au tableau

### ***D/ Méthode des dimensions***

Cette méthode est appliquée aux plantes pluriannuelles, pour en estimer la productivité.

Il faut tenir compte de plusieurs paramètres :

- La matière stockée : Incrément "T"
- La matière tombée à la litière "L<sub>1</sub>"
- La matière exportée "Ex<sub>1</sub>"
- La matière consommée par des phytophages "ME<sub>2</sub>"

Ainsi,  $PN_1 = T_1 + L_1 + Ex_1 + ME_2$

Ex<sub>1</sub> peut être considéré comme négligeable

L<sub>1</sub> est mesuré (ramassage et pesée de la litière).

ME<sub>2</sub> : Dans ce cas des écosystèmes forestiers, on crée des mises en défense de parcelles contre l'action des phytophages et compare avec des parcelles non protégées.

D'une manière générale, les valeurs mesurées de Me<sub>2</sub>, ne sont jamais rigoureuses ; elles permettent juste d'obtenir un ordre de grandeur de la biomasse consommée.

T<sub>1</sub> : Pourra être estimé à partir de mesure codifiée par des méthodes d'analyse des dimensions des végétaux qui sont toutes basées sur la mesure de la hauteur totale et du diamètre du tronc à 1m30 du sol ou DBH.

Toutes les valeurs de biomasse des troncs, des feuilles, des branches et des racines vont être proportionnelles au DBH et à la hauteur du végétal

## Schéma au tableau

### ***a) calcul du poids sec du tronc: "PST"***

$$PST = 0,0396 \left[ \frac{(DBH)^2}{cm} \cdot \frac{h}{m} \right]^{0,933}$$

### ***b) Calcul du poids sec des branches : "PSB"***

$$PSB = 0,006 \left[ \frac{(DBH)^2}{cm} \cdot \frac{h}{m} \right]^{1,027}$$

**c) Calcul du poids sec des racines : "PSR"**

$$PSR = 0,0264 \left[ \frac{(DBH)^2}{cm} \cdot \frac{h}{m} \right]^{0,775}$$

**d) Calcul du poids sec des feuilles : "PSF"**

$$PSF : 0,048 (PST)^{0,849}$$

**Résultats de la production primaire**

▪ **Déserts et abysses**

Leur production est très faible de l'ordre de 0,1g/m<sup>2</sup>/jour, autrement dit 10<sup>3</sup> K cal/m<sup>2</sup> dans les déserts et 10<sup>2</sup> K cal/m<sup>2</sup> dans les abysses.

▪ **Formations herbacées semi-arides**

On les assimile aux steppes et aux savanes, les cultures en faible luminosité ou les lacs oligotrophes; leur productivité est de l'ordre de 0,5 à 3 g/m<sup>2</sup>/jour.

▪ **Forêt humide équatoriale**

Elles sont assimilées aux zones agricoles permanentes, aux lacs peu profonds. ex de forêt humide équatoriale : Amazonie, forêt de Nouvelle Guinée, du Congo..., leur productivité moyenne est de 6g/m<sup>2</sup>/jour.

▪ **Récifs coralliens :**

Ils sont assimilés aux cultures intensives, aux marais, aux estuaires, les zones de upwelling (zones dans lesquelles il y a un phénomène de différence de densité de l'eau provoquée par des différences de températures.

Les eaux froides plongent vers le fond et font remonter les eaux plus chaudes chargées d'éléments minéraux → (chaînes alimentaires, plancton, poissons...), leur production est de 15 g/m<sup>2</sup>/jour.

La productivité primaire est limitée par de nombreux facteurs : La T°, H%, lumière, et quelques autres facteurs abiotiques : Sels, concentration en éléments minéraux, acidité..., ce sont des facteurs limitants.

La biomasse terrestre est largement supérieure à celle des océans.

Cependant, leur productivité est sensiblement la même grâce à un turnover (renouvellement des éléments et des organismes) plus important dans les océans.

Les mers chaudes sont d'une manière générale moins productive que les mers froides sauf quelques cas particuliers comme dans les massifs coralliens (car il y a plus d'oxygène en mers froides qu'en mers chaudes).

### **Production secondaire**

Sa détermination soulève des problèmes complexes car les écosystèmes sont constitués de réseaux trophiques multiples d'une part et on connaît mal le réseau trophique des détritivores et des décomposeurs d'autre part.

D'une manière générale, pour étudier la production secondaire qui participe au bilan énergétique de l'écosystème, il est nécessaire de :

- Analyser les différentes classes d'âge.
- Mesurer la production de chaque classe d'âge.
- Connaître ou caractériser le régime alimentaire de l'espèce.
- Connaître les taux de croissance à tous les âges.
- Connaître la longévité de l'espèce étudiée.
- Connaître son taux de reproduction.

L'ensemble de ces facteurs rend complexe l'étude de la productivité secondaire.

[Voir méthode des cohortes...](#)

