

STRUCTURE, FONCTIONNEMENT ET DYNAMIQUE DES ECOSYSTEMES

I- LA STRUCTURATION DES ÉCOSYSTÈMES PAR LE COUPLAGE BIOTOPE-BIOCÉNOSE

A- L'écosystème, un système biologique aux limites relatives fixées par un observateur

B – Etude du biotope et de ses caractéristiques

- 1- Définition : les facteurs abiotiques**
- 2- Les facteurs du biotope déterminent la répartition des espèces**
- 3- Les biotopes sont mondialement regroupés en biomes**
- 4- En retour, certaines espèces modifient le biotope**
- 5- La notion d'espèce ingénieur**

C- L'écosystème est structuré spatialement

- 1- Observations : la répartition des organismes est généralement non uniforme dans l'espace**
- 2- La distribution des organismes est déterminée par des facteurs abiotiques et/ou biotiques**
- 3 – Structuration verticale et horizontale de la prairie**

STRUCTURE, FONCTIONNEMENT ET DYNAMIQUE DES ECOSYSTEMES 2

II- AU SEIN DE L'ECOSYSTEME, LES RELATIONS INTERSPÉCIFIQUES AFFECTENT LE FONCTIONNEMENT DES ORGANISMES ET LA STRUCTURE DES POPULATIONS

A- Les relations interspécifiques, symétriques ou asymétriques, sont caractérisées par leur effet sur la valeur sélective des partenaires impliqués

1. Le mutualisme, positif pour les deux partenaires, augmente la valeur sélective
2. Le parasitisme, positif pour le parasite et négatif pour l'hôte, modifie la fitness
3. La prédation et la phytophagie sont positifs pour le prédateur ou le phytophage et négatif pour la proie ou le végétal et modifient la fitness
- 4- Il peut également exister une compétition interspécifique

B- Les relations interspécifiques modulent la niche écologique : niche potentielle et niche réalisée

- 1- La niche écologique, résultante des interactions avec le milieu
- 2- La niche écologique, un espace contraint par les relations interspécifiques

C- Les relations interspécifiques et les fluctuations de populations

D- Certaines espèces « clef de voûte » sont essentielles au maintien d'un écosystème

- 1- Les bovins : espèces « architectes » ou « ingénieurs » façonnent le biotope et modulent la disponibilité des ressources pour d'autres espèces
- 2- Les bovins sont des espèces clef de voûte dans l'entretien d'un stade intermédiaire dans les successions végétales

E- La compétition pour les ressources est un moteur de la sélection naturelle

STRUCTURE, FONCTIONNEMENT ET DYNAMIQUE DES ECOSYSTEMES 3

III- L'ECOSYSTEME EST UN SYSTÈME OUVERT : FLUX D'ENERGIE ET TRANSFERTS DE MATIÈRE EN PARTIE CYCLIQUES

A- On peut représenter les interactions trophiques au sein d'un écosystème par des chaînes trophiques

- 1- Chaîne alimentaire et niveau trophique**
- 2. Les limites de la notion de niveau trophique**

B- Les flux de matière et d'énergie entre les niveaux trophiques s'accompagnent de pertes

- 1- L'entrée de l'énergie dans la biosphère**
- 2- La répartition de la matière et la dissipation de l'énergie chez les organismes consommateurs**
- 3- La place de la vache dans les pyramides de production et les effets de la symbiose sur les transferts de matière et d'énergie**

C. On peut évaluer les transferts d'énergie et de matière entre niveaux trophiques : les pyramides écologiques

D- Les chaînes trophiques sont interconnectées en un réseau trophique. Le fonctionnement de ces réseaux contribue au recyclage de la biomasse au sein de l'écosystème (cycle de la matière).

- 1- Une approche de la structure des biocénoses : le réseau trophique**
- 2- Le catabolisme de tous les consommateurs (y compris microbiens) aboutit à une minéralisation**

E- Bilan : les écosystèmes et les agrosystèmes, des systèmes ouverts

STRUCTURE, FONCTIONNEMENT ET DYNAMIQUE DES ECOSYSTEMES 4

IV. L'ÉCOSYSTEME EST UN SYSTEME DYNAMIQUE : LES ÉCOSYSTÈMES ÉVOLUENT DE FAÇON PLUS OU MOINS RÉVERSIBLE

A- La dynamique naturelle des écosystèmes : notion d'évolution progressive et de succession écologique : exemple d'une prairie naturelle en milieu tempéré

B- Évolution d'un écosystème par modification naturelle d'un paramètre abiotique : étude de l'eutrophisation en milieu aquatique

C- Dynamique des écosystèmes et activités humaines : notions de perturbation et de résilience

- 1- L'eutrophisation est fortement accélérée par les activités humaines**
- 2- Les effets du surpâturage sur la dynamique de l'agro-écosystème prairie**
- 3- Les espèces envahissantes perturbent la dynamique des écosystèmes**
- 4- Résistance des écosystèmes aux perturbations : les notions de résilience et de résistance**
- 5- Les perturbations biotiques réduisent les services écosystémiques**
- 6- Les consommateurs microbiens sont capables d'utiliser les matériaux complexes (lignine, cellulose)**

STRUCTURE, FONCTIONNEMENT ET DYNAMIQUE DES ECOSYSTEMES 1

I- LA STRUCTURATION DES ÉCOSYSTÈMES PAR LE COUPLAGE BIOTOPE-BIOCÉNOSE

A- L'écosystème, un système biologique aux limites relatives fixées par un observateur

B – Etude du biotope et de ses caractéristiques

- 1- Définition : les facteurs abiotiques**
- 2- Les facteurs du biotope déterminent la répartition des espèces**
- 3- Les biotopes sont mondialement regroupés en biomes**
- 4- En retour, certaines espèces modifient le biotope**
- 5- La notion d'espèce ingénieur**

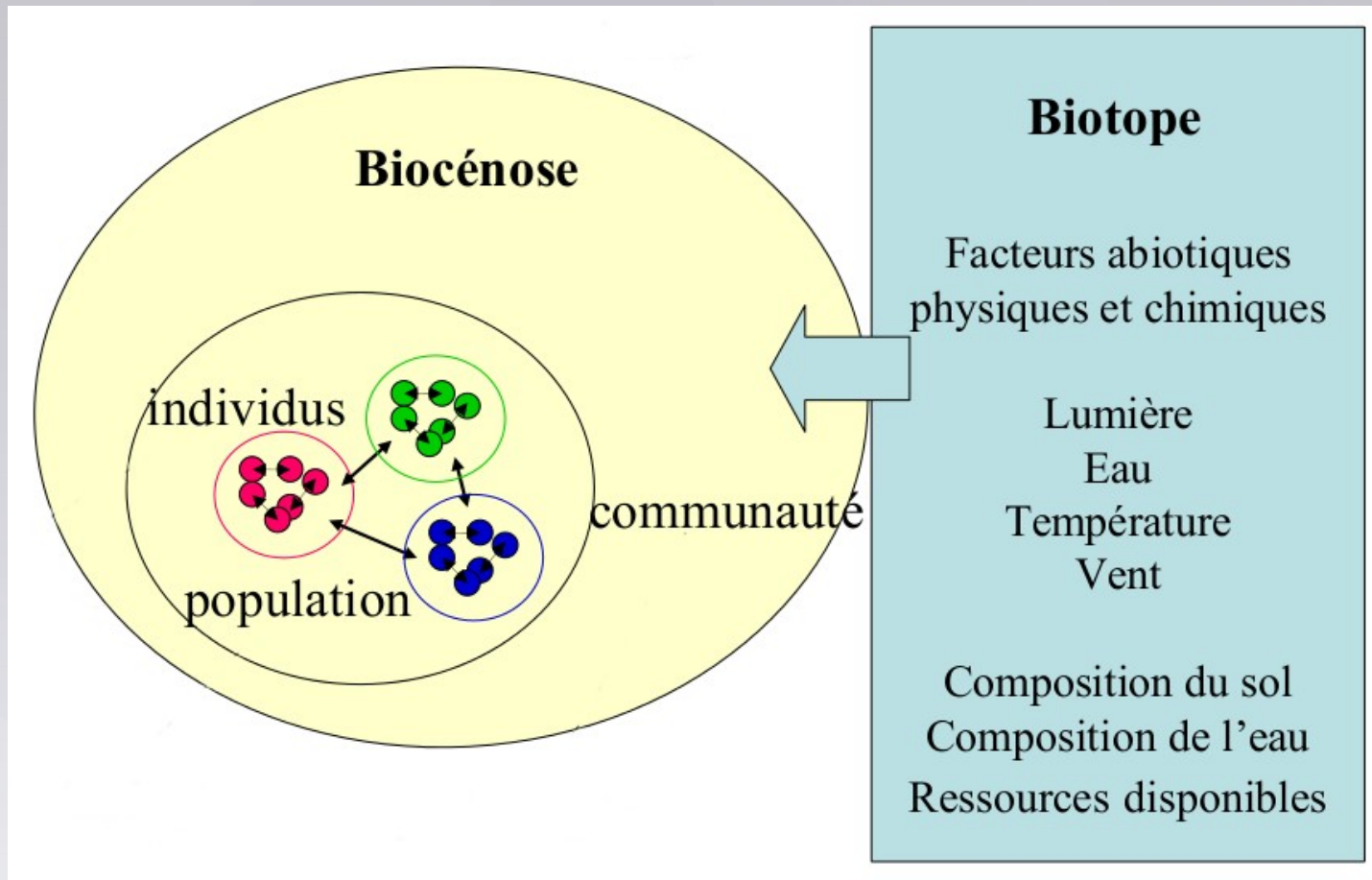
C- L'écosystème est structuré spatialement

- 1- Observations : la répartition des organismes est généralement non uniforme dans l'espace**
- 2- La distribution des organismes est déterminée par des facteurs abiotiques et/ou biotiques**

A- L'écosystème, un système biologique aux limites relatives fixées par un observateur

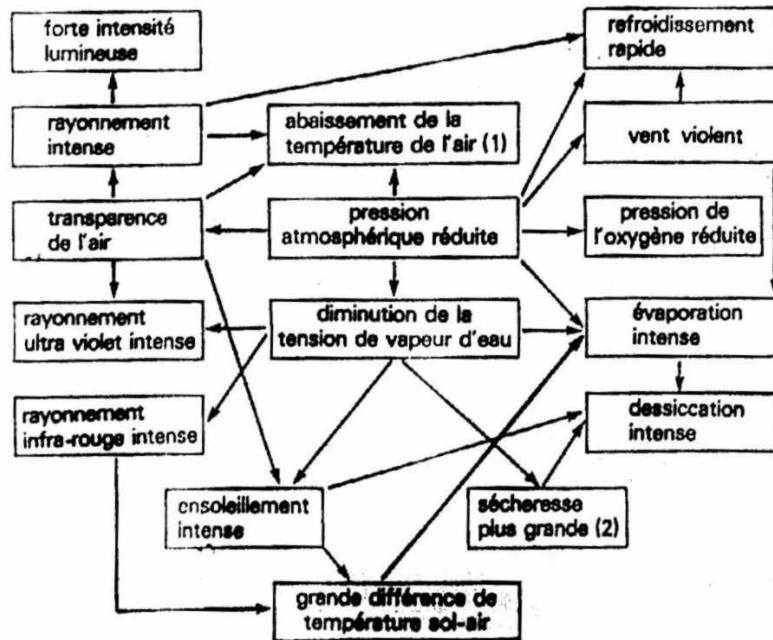
B – Etude du biotope et de ses caractéristiques

1- Définition : les facteurs abiotiques



- 2- Les facteurs du biotope déterminent la répartition des espèces

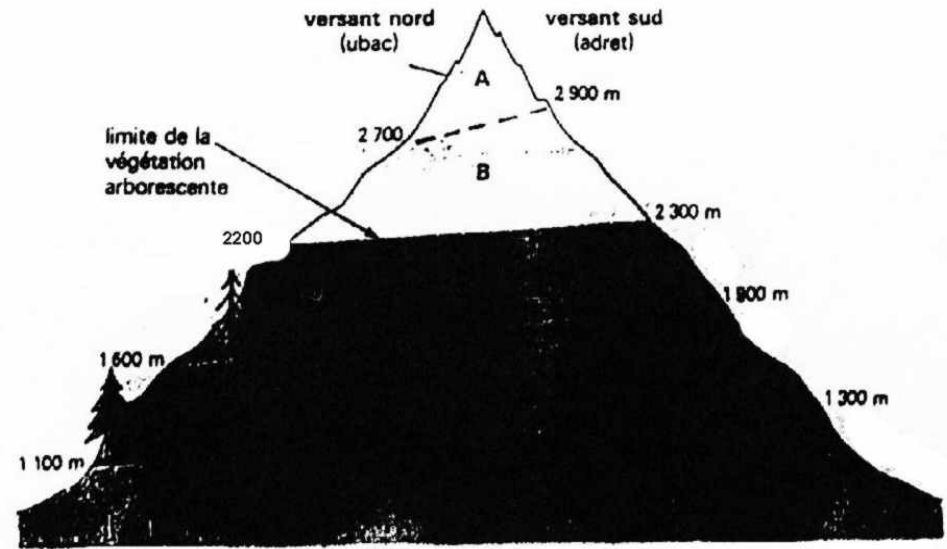
A. EN MONTAGNE LA RÉDUCTION DE LA PRESSION ATMOSPHÉRIQUE AVEC L'ALTITUDE CONDITIONNE DE NOMBREUX FACTEURS CLIMATIQUES



(1) les variations de température entre le jour et la nuit sont très grandes en montagne car le refroidissement nocturne est intense.

(2) En montagne, la pluviosité augmente de façon très importante, mais les alternances de sécheresse et d'humidité sont fréquentes, la saturation étant fréquemment suivie par la sécheresse presque absolue.

B. LA RÉPARTITION DES ARBRES EN MONTAGNE



A. Etage nival
pas de végétation

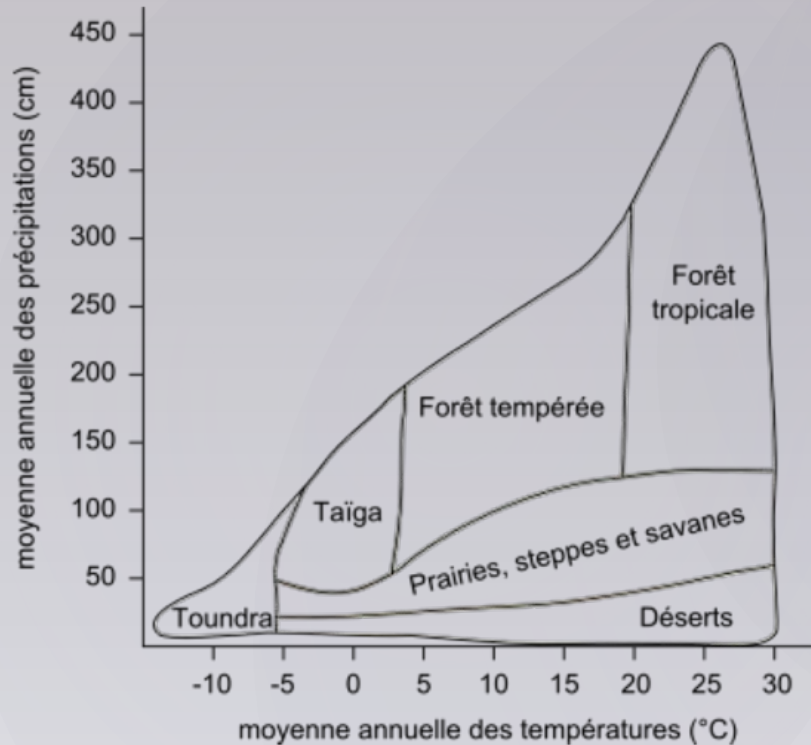
B. Etage alpin
- pas d'arbres
- paroi rocheuse avec lichens et pelouse

C. Etage subalpin
mélèze, pins à crochets

D. Etage montagnard
selon pluviosité :
- épicéa, sapin, hêtres
- pin sylvestre

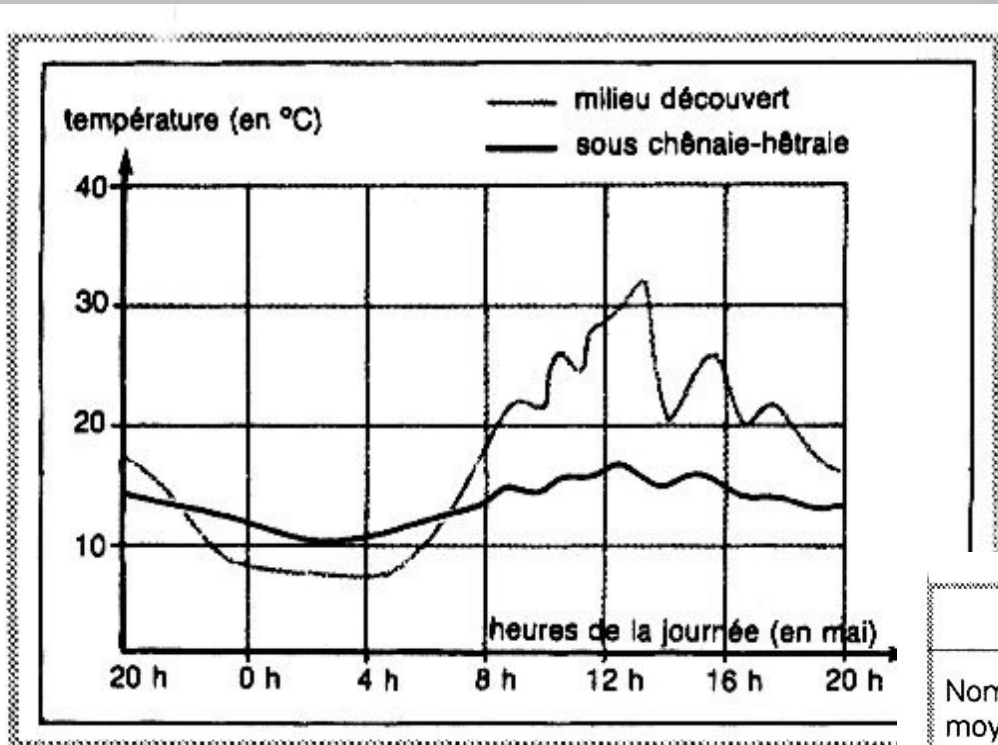
E. Etage collinéen
chêne rouvre, chêne pubescent, pin maritime,
sapin, hêtre, châtaigner

3- Les biotopes sont mondialement regroupés en biomes



Notion de biome: *Un biome (du grec bio = vie), appelé aussi macroécosystème, aire biotique, écozone ou écorégion, est un ensemble d'écosystèmes caractéristique d'une aire biogéographique et nommé à partir de la végétation et des espèces animales qui y prédominent* ►

4- En retour, certaines espèces modifient le biotope



	Forêt	Friche
Nombre de jours où la température moyenne journalière est : • supérieure ou égale à 25 °C • inférieure ou égale à 0 °C	8 jours 6 jours	21 jours 7 jours
Nombre de jours où la température maximale journalière est : • supérieure ou égale à 25 °C • supérieure ou égale à 30 °C	62 jours 13 jours	86 jours 33 jours
Nombre de jours où la température minimale journalière est : • inférieure ou égale à 0 °C • inférieure ou égale à - 5 °C	32 jours 3 jours	35 jours 6 jours

Étude comparée de températures dans une forêt méditerranéenne de chênes verts et un terrain en friche proche de la forêt.

5- La notion d'espèce ingénieur

« Sait-on que les vers de terre représentent la première masse animale sur terre et, à ce titre, jouent un rôle écologique majeur ? Qualifiés par Darwin de "premiers laboureurs", ils ont, en effet, une fonction essentielle d'aération et de structuration des sols et contribuent fortement à la fertilité des milieux, transformant les déchets organiques (feuilles mortes, fèces d'animaux, etc.) en des composés directement assimilables par les plantes. [...]

Sur une surface d'un hectare, les vers de terre creusent 4 000 à 5 000 km de galeries qui constituent un milieu aéré, bien drainé et abrité des à-coups climatiques. Avec le travail effectué par les lombriciens, c'est tout le profil du sol qui est modifié. Les couches superficielles, appauvries en éléments fins par le lessivage des pluies, sont enrichies par la terre remontée. La matière organique qui tend à s'accumuler en surface est dispersée en profondeur ; l'écoulement des eaux et de l'air est fort modifié.[...]

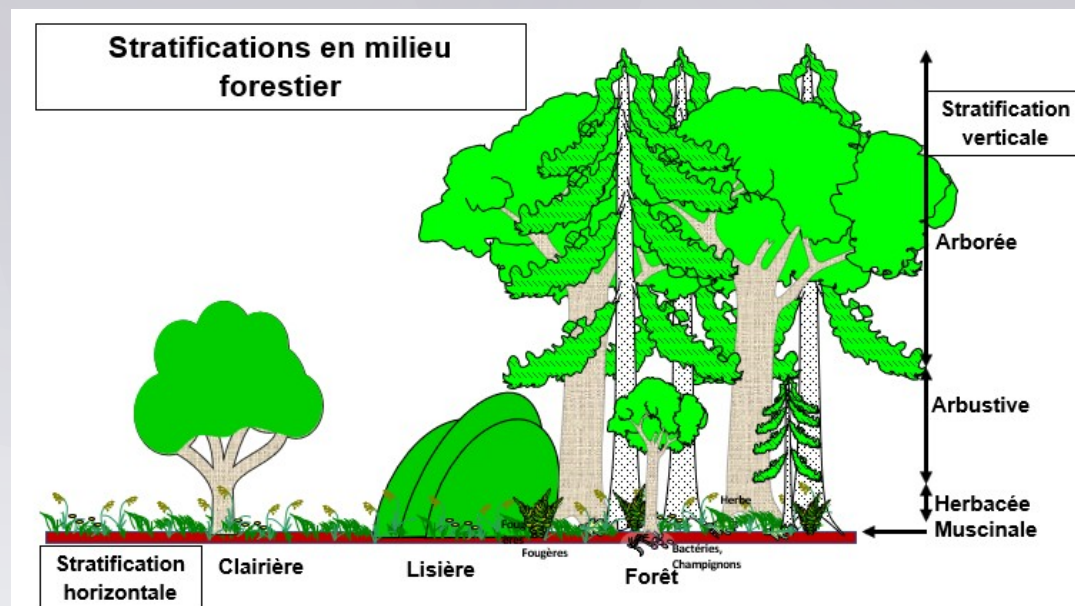
Mais les pratiques agricoles modernes, notamment l'utilisation intensive de pesticides, ont des conséquences désastreuses sur la faune du sol, détruisant un capital inestimable et irremplaçable. Après l'arboriculture fruitière, certaines cultures légumières et les vignes, les céréales sont devenues le lieu de traitements pesticides nombreux et aveugles... entraînant quelques années plus tard des difficultés, comme par exemple la dégradation structurale des sols. »

C- L'écosystème est structuré spatialement

1- Observations : la répartition des organismes est généralement non uniforme dans l'espace

• La stratification forestière

Type de strate	Hauteur	Exemples
Strate arborée	> 8m	arbres
Strate arbustive	1 à 8m	arbustes, buissons
Strate herbacée	5 cm à 1m	fougères, bruyères, Poacées....
Strate muscinée et lichénique	0 à 5 cm	mousses, lichens, champignons et jeunes plantules
Strate hypogée	Sous la surface	flore et faune souterraines, racines, organes de réserves



• La stratification prairiale

Faune aérienne

mammifères : renards, belettes, campagnols, musaraignes, hérissons,
ovins, bovins, équins, isards, mouflons, chamois
oiseaux : buses, chouettes
reptiles : couleuvres
insectes : mouches, taons, criquets, sauterelles, abeilles, papillons
mollusques : escargots, limaces

Valeur fourragère

Poacées : produisent
l'essentiel de la biomasse

Dactyle aggloméré, Fétuque élevée,
Fléole des prés,
Fromental (ou Avoine élevée),
Pâturin commun, Ray-grass anglais ...
Agrostide vulgaire, Avoine pubescente,
Fétuque rouge, Houlique laineuse,
Triseté jaunâtre, Vulpin des prés ...

Brize intermédiaire, Brome mou,
Crételle des prés, Fétuque ovine,
Flouve odorantes...
Brachypode penné, Nard raide...

Fabacées : fixent N₂
atmosphérique

Trèfle blanc,
Trèfle violet ...

Gesse des prés,
Lotier corniculé,
Luzerne lupuline,
Trèfle douteux ...

**Dicotylédones
diverses**

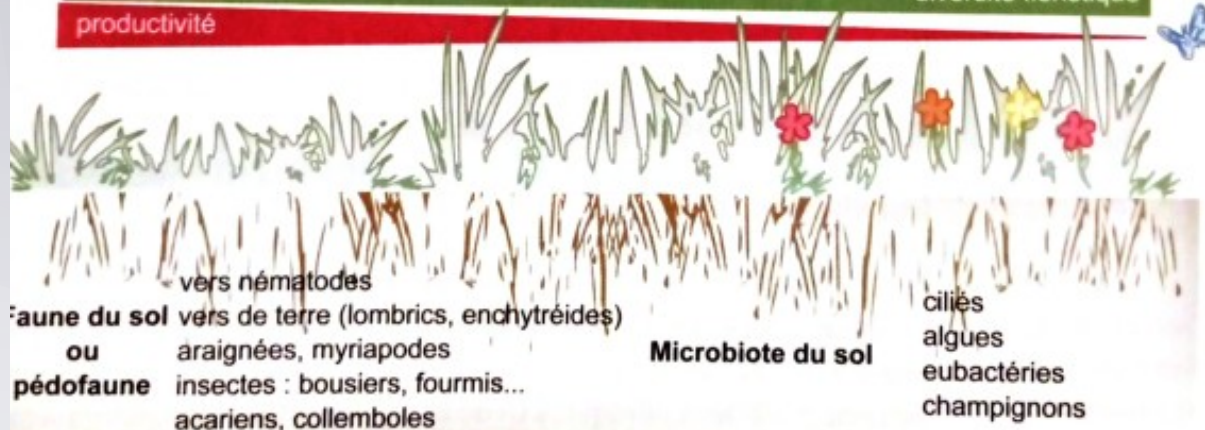
Achillée millefeuilles,
Plantain lancéolé,
pissenlits ...

Centaurée des prés,
Mouron des oiseaux,
Rumex...
Toxiques : colchiques,
narcisses, vératres...

exploitation et fertilisation

diversité floristique

productivité



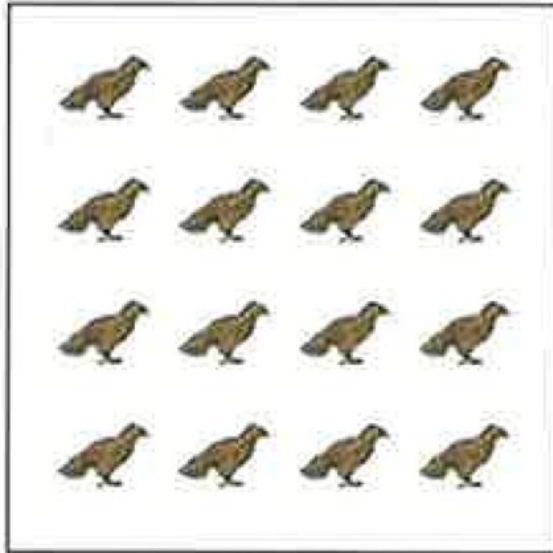
faune du sol
ou
pédofaune

vers nématodes
vers de terre (lombrics, enchytréides)
araignées, myriapodes
insectes : bousiers, fourmis...
acariens, collemboles

Microbiote du sol

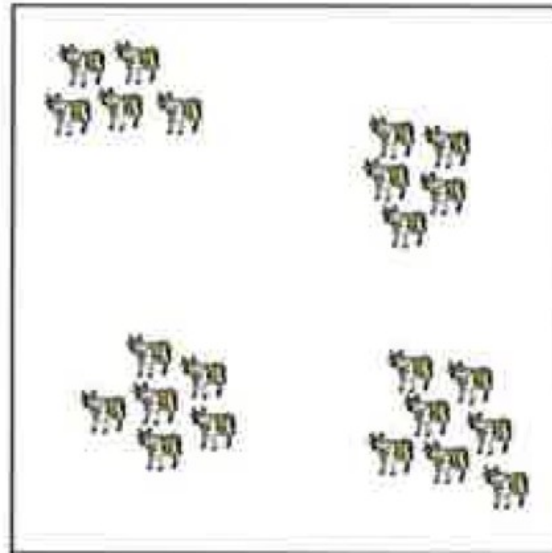
ciliés
algues
eubactéries
champignons

2- La distribution des organismes est déterminée par des facteurs abiotiques et/ou biotiques : exemple de la prairie



Répartition homogène

Exemple : espèces territoriales
(Buse, Bergeronnette)



Répartition agrégative

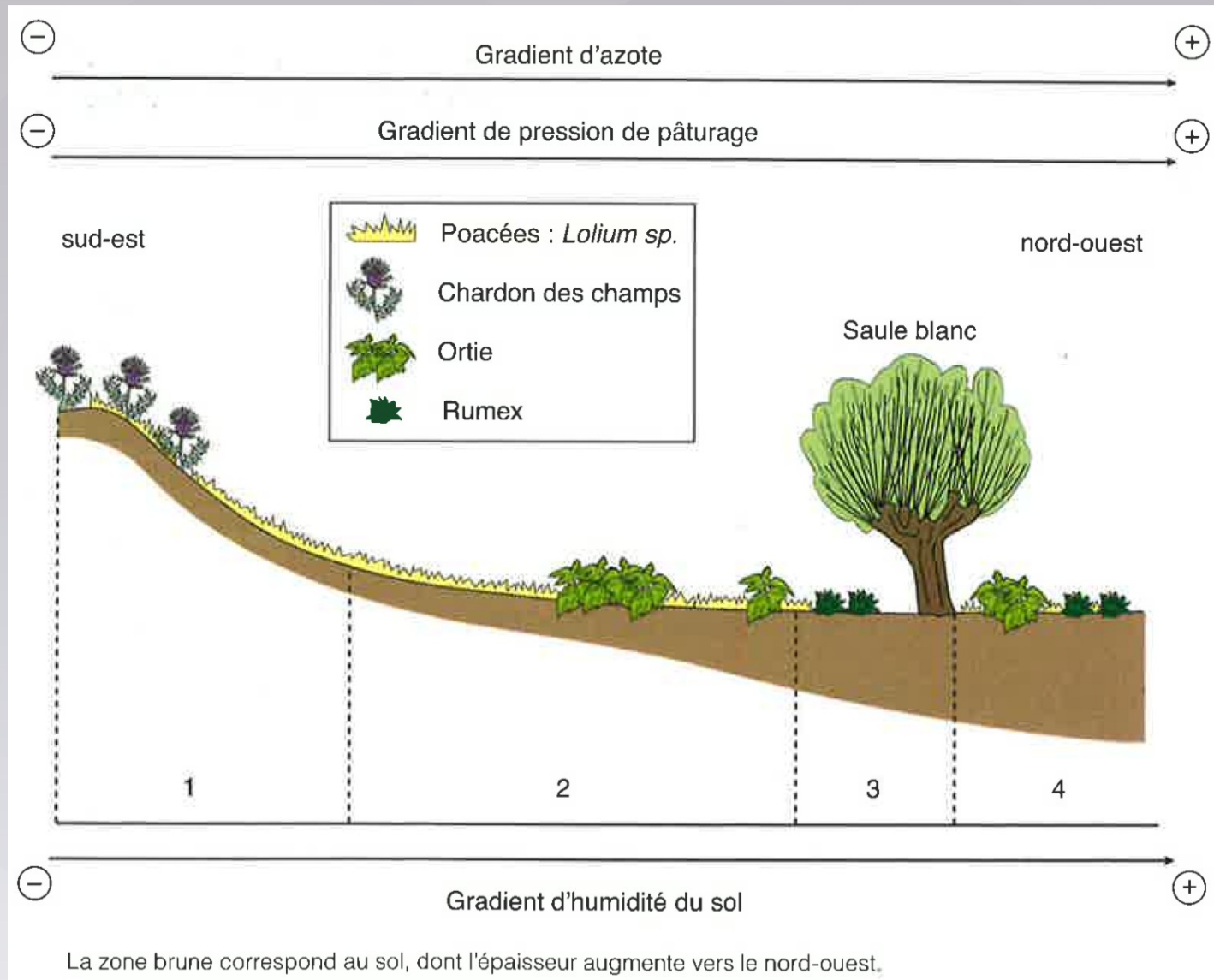
Exemple : espèces grégaires
(Vache) ou à faible dispersion
(Orchidées)



Répartition aléatoire

Exemple : espèces à dispersion
anémochore
(Pissenlit)

3- La structure horizontale d'une prairie



STRUCTURE, FONCTIONNEMENT ET DYNAMIQUE DES ECOSYSTEMES 2

II- AU SEIN DE L'ECOSYSTEME, LES RELATIONS INTERSPÉCIFIQUES AFFECTENT LE FONCTIONNEMENT DES ORGANISMES ET LA STRUCTURE DES POPULATIONS

A- Les relations trophiques interspécifiques, symétriques ou asymétriques, sont caractérisées par leur effet sur la valeur sélective des partenaires

impliqués

1. Le mutualisme, positif pour les deux partenaires, augmente la valeur sélective
2. Le parasitisme, positif pour le parasite et négatif pour l'hôte, modifie la fitness
3. La prédation et la phytophagie sont positifs pour le prédateur ou le phytophage et négatif pour la proie ou le végétal et modifient la fitness
- 4- Il peut également exister une compétition interspécifique
- 5- Il existe d'autres formes de relations trophiques

B- Les relations interspécifiques modulent la niche écologique : niche potentielle et niche réalisée

- 1- La niche écologique, résultante des interactions avec le milieu
- 2- La niche écologique, un espace contraint par les relations interspécifiques

C- Les relations interspécifiques et les fluctuations de populations

D- Certaines espèces « clef de voûte » sont essentielles au maintien d'un écosystème

- 1- Les bovins : espèces « architectes » ou « ingénieurs » façonnent le biotope et modulent la disponibilité des ressources pour d'autres espèces
- 2- Les bovins sont des espèces clef de voûte dans l'entretien d'un stade intermédiaire dans les successions végétales

E- La compétition pour les ressources est un moteur de la sélection naturelle (cf 2è année)

A- Les relations trophiques interspécifiques, symétriques ou asymétriques, sont caractérisées par leur effet sur la valeur sélective des partenaires impliqués

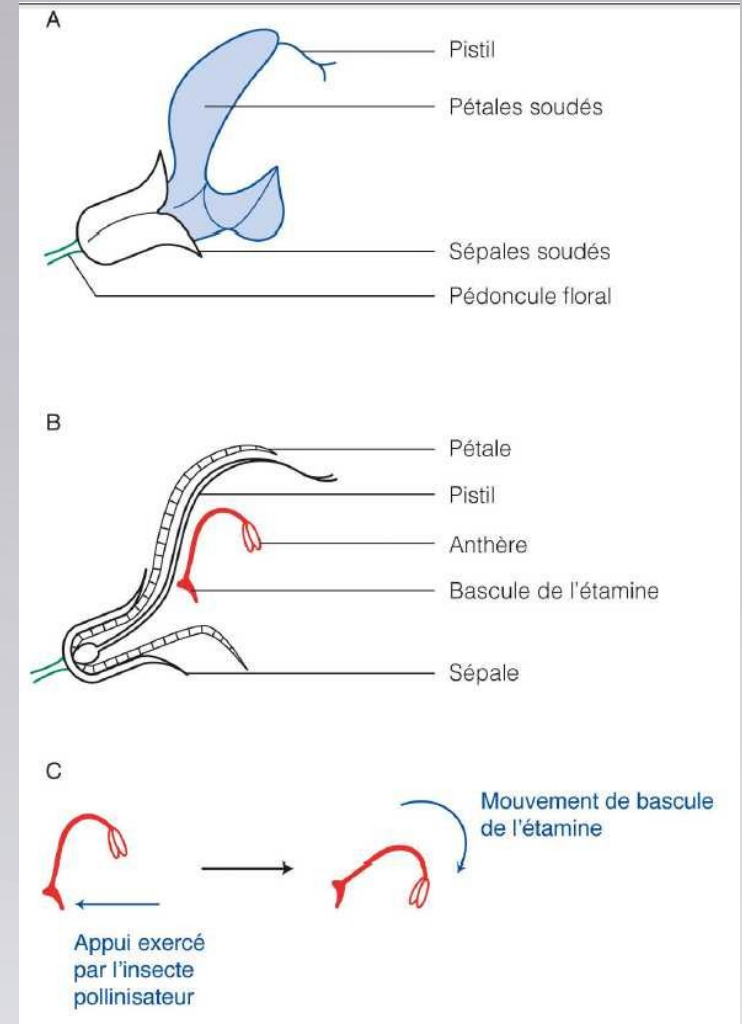
1. Le mutualisme, positif pour les deux partenaires, augmente la valeur sélective

a- La symbiose, une association mutualiste durable

b- La coopération, une association mutualiste transitoire

Apports du ruminant	Échanges	Apports des microorganismes
Milieu constant, anoxique et réducteur T= 40 °C pH = 6,5	----->	
Brassage du contenu de la panse	-----> ←-----	Microbrassage
Macromolécules glucidiques	----->	
	←-----	Digestion Fermentations
acides gras volatils		
Molécules azotées (protéines végétales, urée)	----->	
NH ₃ , vitamines, protéines	←-----	Digestion ; synthèses
Eau	----->	

b- La coopération, une association mutualiste transitoire



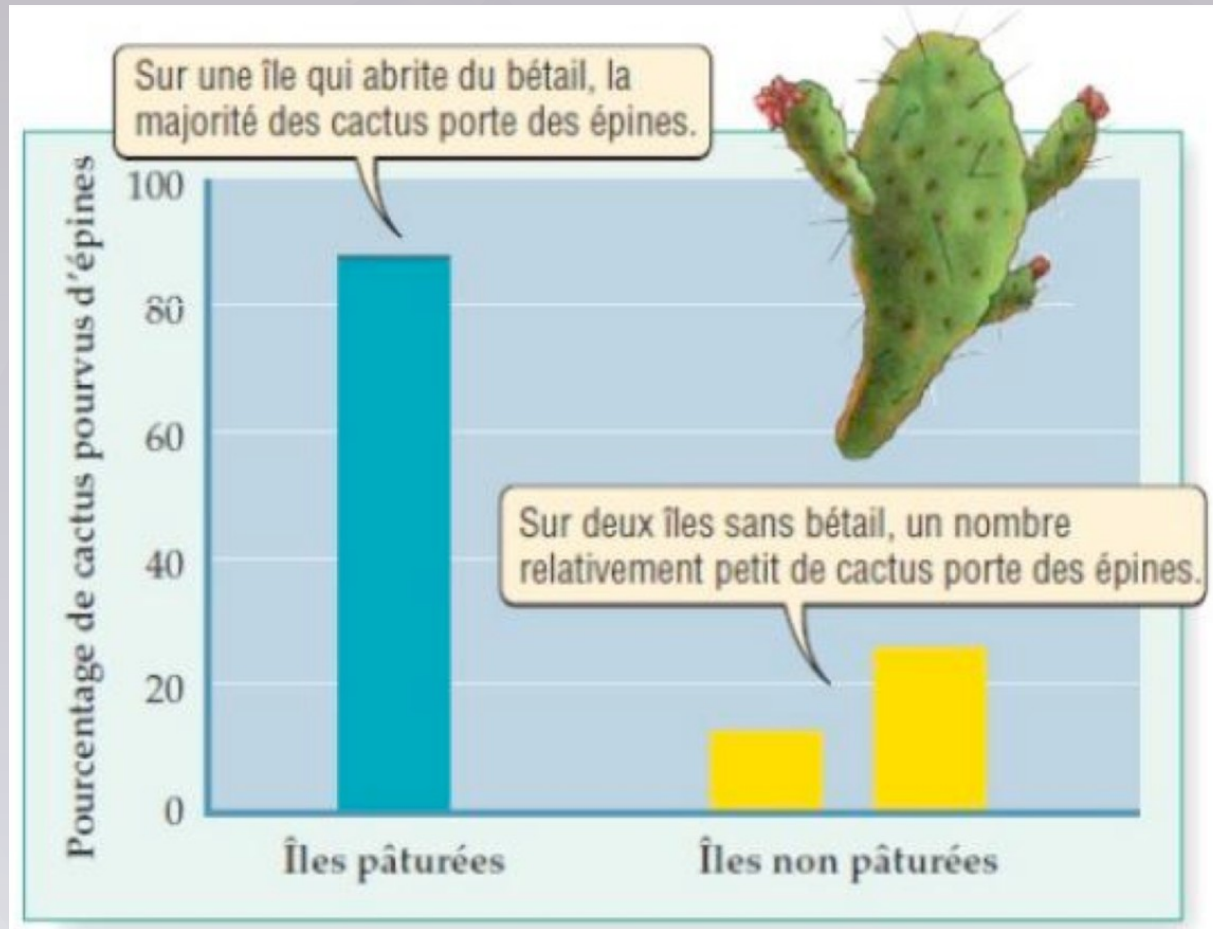
- Particularités de la phytophagie et influence sur la composition floristique
- En cas de phytophagie régulière (pâturage), la valeur sélective des petites herbacées à croissance rapide augmente

- Mesure de densité et masse de talles de ray-grass anglais dans des prairies fauchées ou pâturées

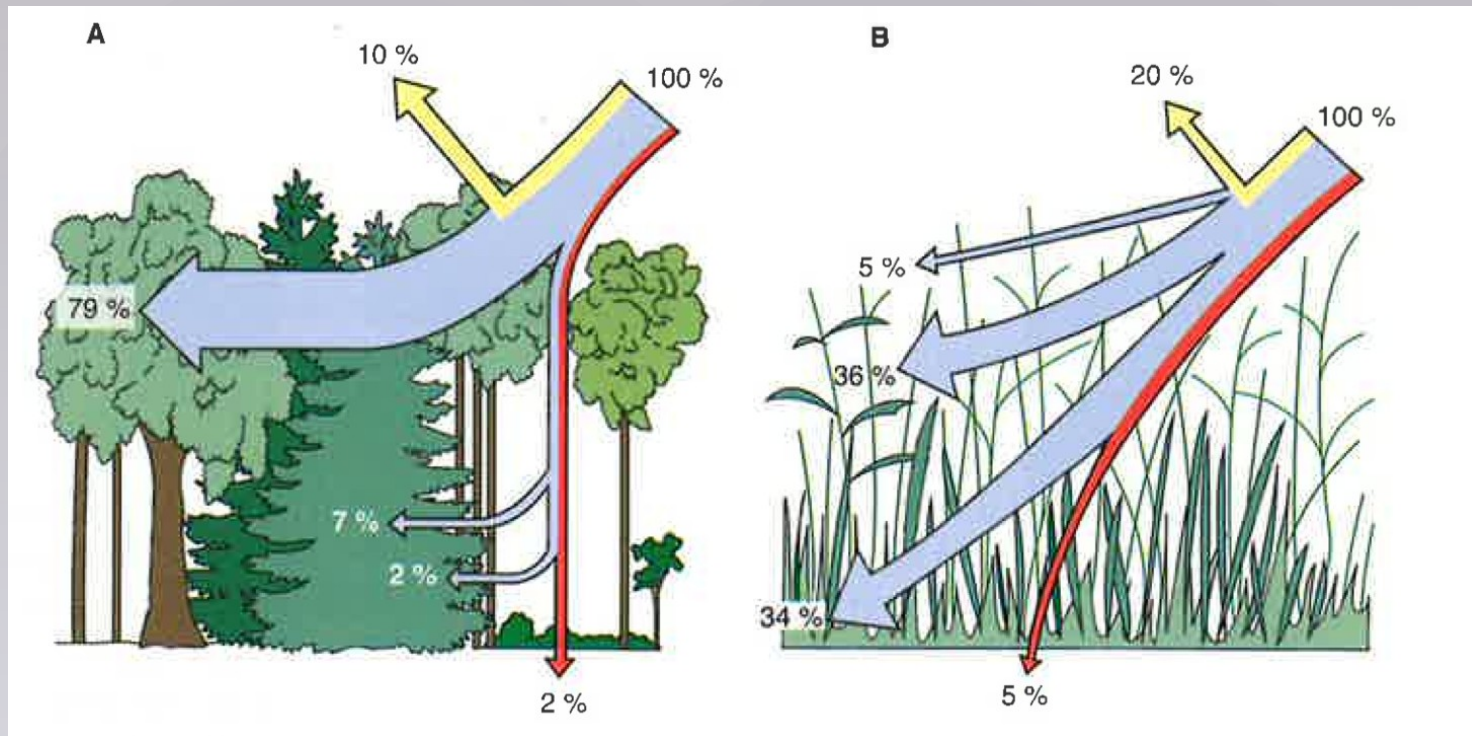


	Hauteur de coupe	Densité talles.m ⁻²	Masse de matière sèche des talles en g.m ⁻²
Fauchage	30 – 50 cm	8 330	548
Pâturage	3 cm	43 464	44
	6 cm	33 765	106
	9 cm	20 132	202
	12 cm	14 311	332

Coévolution : des plantes ont des défenses contre les phytophages



4- Il peut également exister une compétition interspécifique



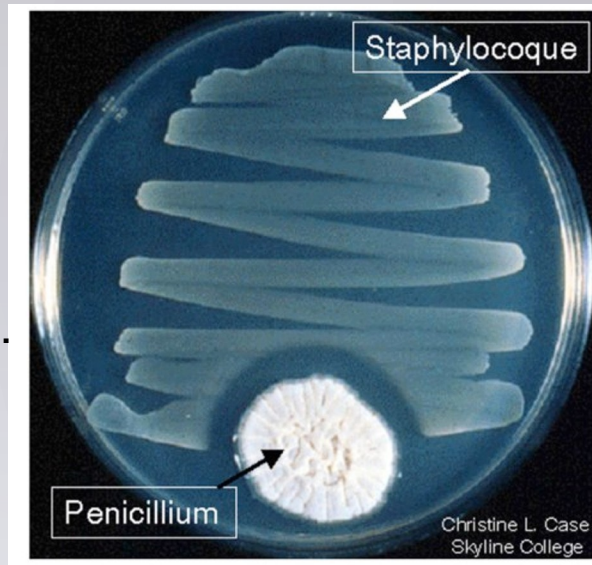
Energie solaire et effet de la couverture végétale, en forêt d'arbres à feuilles décidues et pinophytes (A) et en prairie (B)

n. b. : La compétition pour la lumière limite la croissance des espèces héliophiles en sous-bois

Tableau bilan : L'effet de la relation interspécifique sur la valeur sélective (fitness) des partenaires permet de définir la nature de cette relation

Type de relation interspécifique	Fitness de l'espèce A	Fitness de l'espèce B
Exploitation : parasitisme/prédation	+ (prédateur, parasite)	– (proie, hôte)
Mutualisme et symbiose	+	+
Commensalisme	+	0
Compétition	–	–
Amensalisme	0 (source)	– (cible)
Neutralisme	0	0

Exemple
d'amensalisme
par exclusion :
l'antibiose (exp.
De Fleming,
1928)



Exemple de
commensalisme : l'hôte
fournit abri ou
support ou
nourriture
sans
contrepartie



B- Les relations interspécifiques modulent la niche écologique : niche potentielle et niche réalisée

1- La niche écologique, résultante des interactions avec le milieu

- **Définition : 1957 : Hutchinson** = ensemble des conditions biotiques et abiotiques dans lesquelles vit et se perpétue la population d'une espèce.

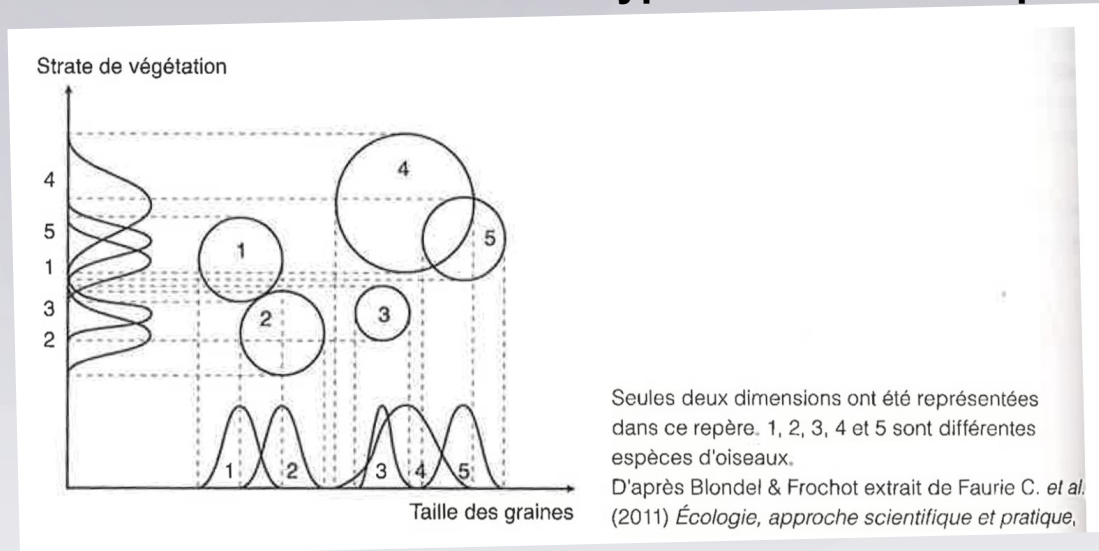
La NE d'une espèce dans un écosystème rend compte de ses exigences physiologiques vis à vis des facteurs abiotiques , de ses exigences alimentaires et de ses exigences reproductives.

La niche ne rend pas seulement compte de l'habitat de l'espèce, mais aussi de de ses fonctions et de ses relations au sein de son écosystème. 2 axes : besoins de l'espèce et fonctions de l'espèces (actions sur le milieu biotique et abiotique, rôles dans écosystèmes)

La niche écologique est propre à chaque espèce (critère écologique de définition de l'espèce).

Ex : les Fabacées et les Poacées vivent dans le même biotope mais ne l'utilisent pas de la même manière (azote) donc elles n'ont pas la même niche écologique.

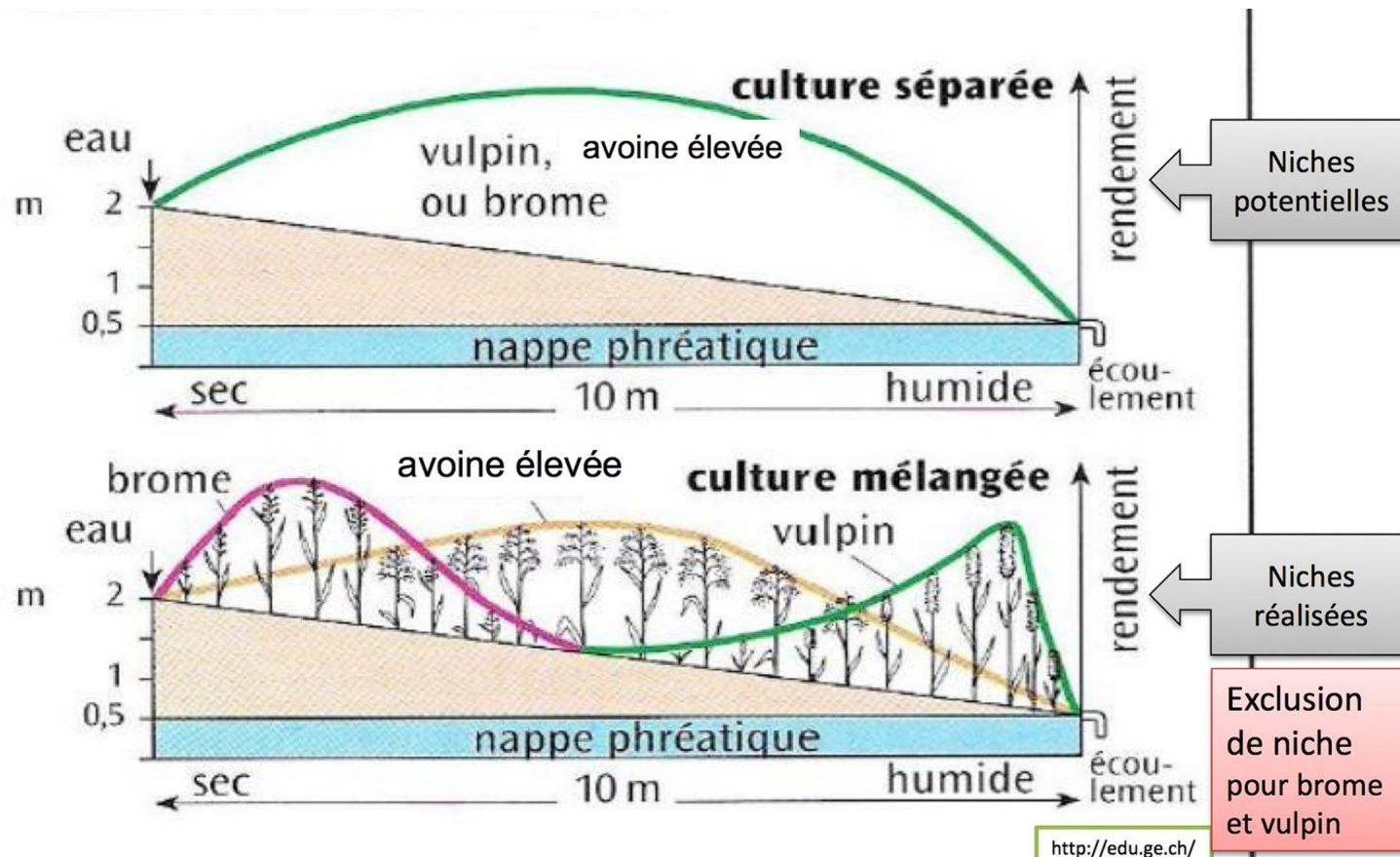
La niche écologique est schématisée par un diagramme comportant n axes représentant la variation d'un paramètre (humidité, pH, température, taille des particules alimentaires, altitude, profondeur, sites de nidification ou de reproduction ...) sur lesquels on reporte les zones de tolérance et d'optimum écologique des organismes étudiés. La niche est alors un « hypervolume » défini par toutes les conditions



2- La niche écologique, un espace contraint par les relations interspécifiques

• Définition :

- La niche écologique fondamentale ou potentielle (NEP) regroupe l'ensemble des ressources qu'une espèce peut utiliser dans son milieu lorsque les conditions sont idéales;
- La niche écologique réelle ou réalisée (NER) regroupe l'ensemble des ressources réellement utilisées par une espèce en conditions naturelles sous l'effet des interactions interspécifiques qui limitent ou déplacent l'exploitation des ressources. C'est la niche réellement occupée par l'espèce.



N. B. : 2 espèces ayant la même niche réalisée ne peuvent pas coexister dans l'écosystème : c'est l'exclusion compétitive.

introduction
à partir des
USA : fin du
XIX^e siècle



Red Alert NW, 2003

La compétition pour la **nourriture** explique en grande partie le remplacement du roux par le gris. En Grande-Bretagne, l'Écureuil roux est encore présent en Ecosse, où **l'habitat**, constitué de conifères, lui est plus favorable.



Écureuils roux atteints
par un parapoxvirus

Facteur aggravant :
Un virus n'affectant
pas l'Écureuil gris
(jouant le rôle de
réservoir)

d'après Red Alerte NW, 2003

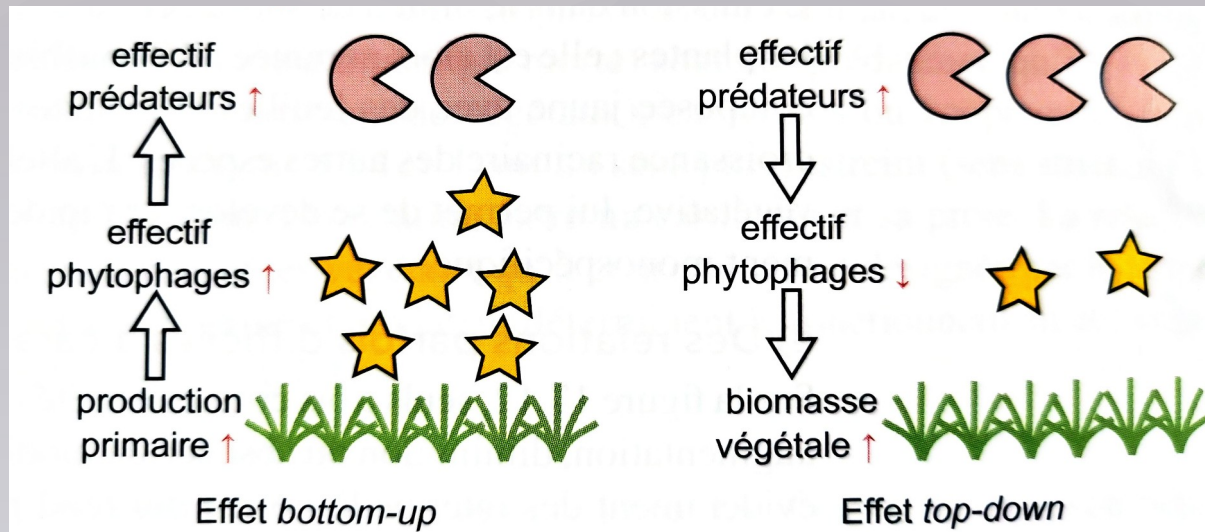
MUSÉUM



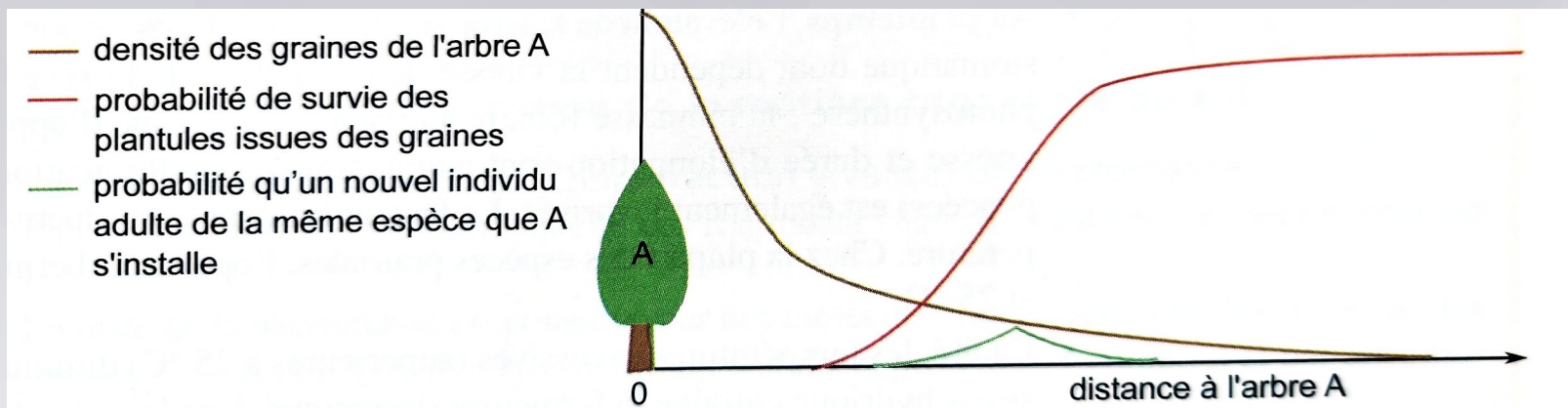
Exemple 1 : Cf Expérience de GAUSE (1934)

Exemple 2: Remplacement de l'Écureuil roux (Sciurus vulgaris) par l'Écureuil gris (Sciurus carolinensis) en Grande Bretagne :

C- Les relations interspécifiques et les fluctuations de populations



Contrôle des populations par effet bottom-up (producteurs primaires contrôlent les niveaux trophiques suivants) et top-down (les prédateurs contrôlent les niveaux trophiques inférieurs)



Effet Janzen-Conell : diversité spécifique et distance à la plante-mère

D- Certaines espèces « clef de voûte » sont essentielles au maintien d'un écosystème : exemple des bovins

- a- Par ses bouses : création d'un habitat et d'une ressource nutritive et dommages à certains végétaux**
- b- Par son piétinement : dommages aux végétaux mais enfouissement des graines et enracinement du trèfle**
- c - Par son prélèvement sélectif de parties végétatives des végétaux : sculpte les arbustes et la base des arbres, détermine la hauteur des herbacées, détermine quelles herbacées sont broutées.**
- d- Par la consommation d'organes reproducteurs (voire de parties végétatives) : peut affecter la floraison et la production de graines.**
- e- Par la création de trouées (liées du piétinement voire au creusement pour la recherche de sels minéraux par exemple ou liées à la mort des plantées causées par les déjections) : accroissement du recrutement des plantules au sein du couvert.**
- f- Par dissémination des graines : transport des graines sur leur fourrure ou le dépôt de leurs fèces**

Les bovins sont des espèces clef de voûte dans l'entretien d'un stade intermédiaire dans les successions végétales : exemple des anciennes pâtures des Alpes du Nord

STRUCTURE, FONCTIONNEMENT ET DYNAMIQUE DES ECOSYSTEMES 3

III- L'ECOSYSTEME EST UN SYSTÈME OUVERT : FLUX D'ENERGIE ET TRANSFERTS DE MATIÈRE EN PARTIE CYCLIQUES

A- On peut représenter les interactions trophiques au sein d'un écosystème par des chaînes trophiques

- 1- Chaîne alimentaire et niveau trophique**
- 2. Les limites de la notion de niveau trophique**

B- Les flux de matière et d'énergie entre les niveaux trophiques s'accompagnent de pertes

- 1- L'entrée de l'énergie dans la biosphère**
- 2- La répartition de la matière et la dissipation de l'énergie chez les organismes consommateurs**
- 3- La place de la vache dans les pyramides de production et les effets de la symbiose sur les transferts de matière et d'énergie**

C. On peut évaluer les transferts d'énergie et de matière entre niveaux trophiques : les pyramides écologiques

D- Les chaînes trophiques sont interconnectées en un réseau trophique. Le fonctionnement de ces réseaux contribue au recyclage de la biomasse au sein de l'écosystème (cycle de la matière).

- 1- Une approche de la structure des biocénoses : le réseau trophique**
- 2- Le catabolisme de tous les consommateurs (y compris microbiens) aboutit à une minéralisation**

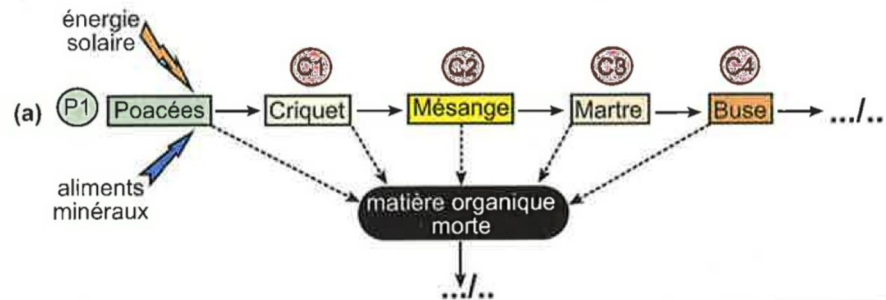
E- Bilan : les écosystèmes et les agrosystèmes, des systèmes ouverts

A- On peut représenter les interactions trophiques au sein d'un écosystème par des chaînes trophiques

1- Chaîne alimentaire et niveau trophique

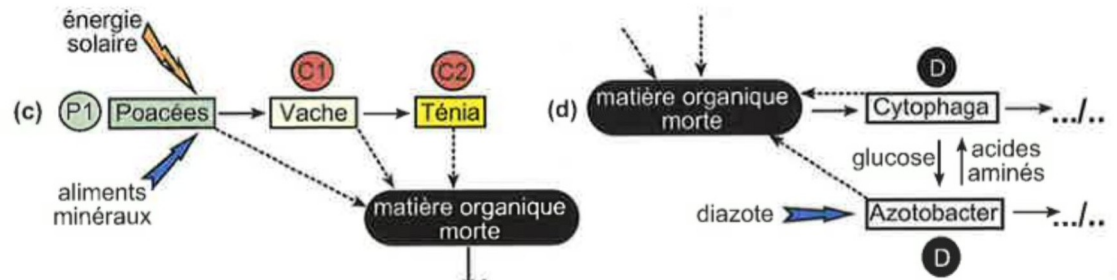
2. Les limites de la notion de niveau trophique

• Chaînes de prédateurs : (a) exemple :



• Chaîne de parasites (c) et de détritivores (d)

Exemples :

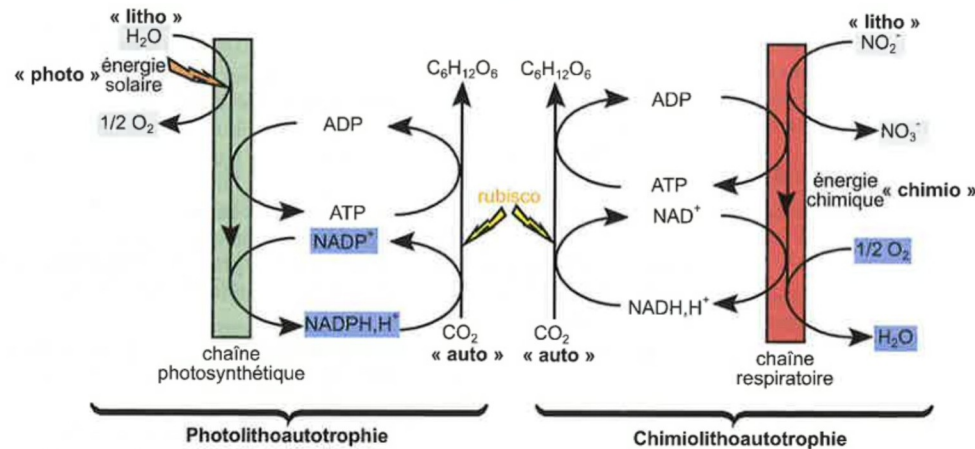


- Certaines espèces ont un large **spectre de ressources**. **Polyphages** = organismes exploitant des ressources appartenant à des groupes taxonomiques différents. **Omnivores** = organismes à la fois **herbivores** et **carnivores**.
- La vache **omnivore** mais à l'échelle de l'écosystème prairie, l'impact des vaches sur la structure de la biocénose est lié essentiellement à l'occupation du niveau 2 en tant que **consommateur herbivore**.
- Enfin, certains organismes **changent de ressources alimentaires au cours de leur cycle de vie**.

B- Les flux de matière et d'énergie entre les niveaux trophiques s'accompagnent de pertes

1- L'entrée de l'énergie dans la biosphère

→ **production I^{aire}** = synthèse de matière organique (= biomasse) par les producteurs primaires = végétaux ou bactéries photolithoautotrophes au C, bactéries chimiolithoautotrophes au C



→ **production primaire brute** = quantité de matière organique élaborée par les producteurs I^{aires}

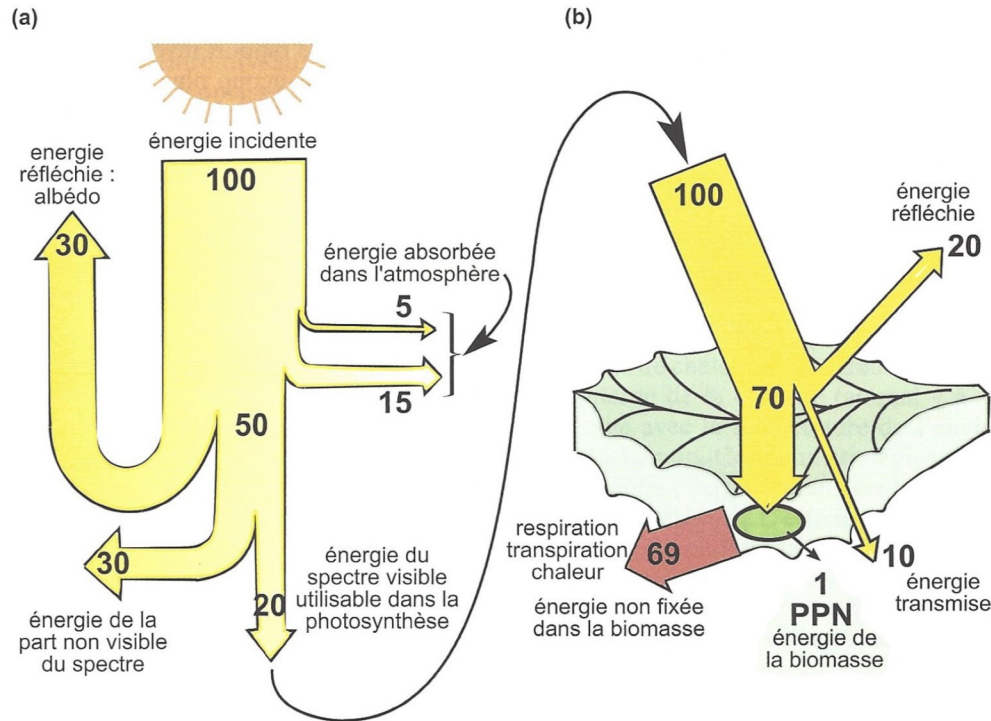
→ **Production I^{aire} nette** = production I^{aire} brute à laquelle on soustrait les pertes respiratoires :

→ **productivité** = rapport : Production/biomasse

→ **taux de renouvellement de la biomasse** = turnover = temps de séjour = rapport : biomasse / production

• **Temps de séjour et productivité : comparaison de différents écosystèmes**

Écosystème	Production primaire nette (g.m ⁻² .an ⁻¹)	Biomasse (g.m ⁻²)	Temps de séjour (années)	Productivité
Forêt tropicale pluvieuse	2000	45 000	22,5	0,044
Forêt tempérée	1200	30 000	25,0	0,04
Prairie tempérée	500	1 500	3,0	0,333
Lacs et rivières	500	20	0,04 (15 jours)	25
Plein océan	125	3	0,024 (9 jours)	41,667



De l'énergie solaire à la biomasse des producteurs primaires.

(a) Modifié d'après Barbault ; (b) inspiré de Faurie.

$$PPN = PPB - R$$

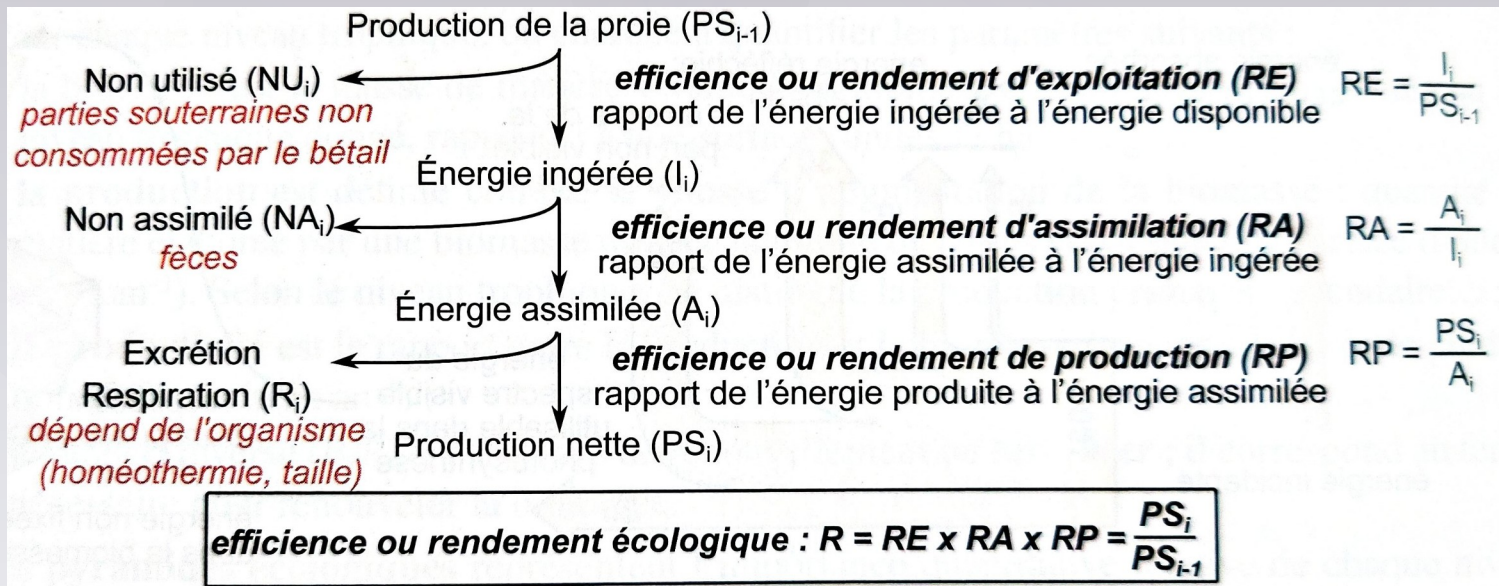
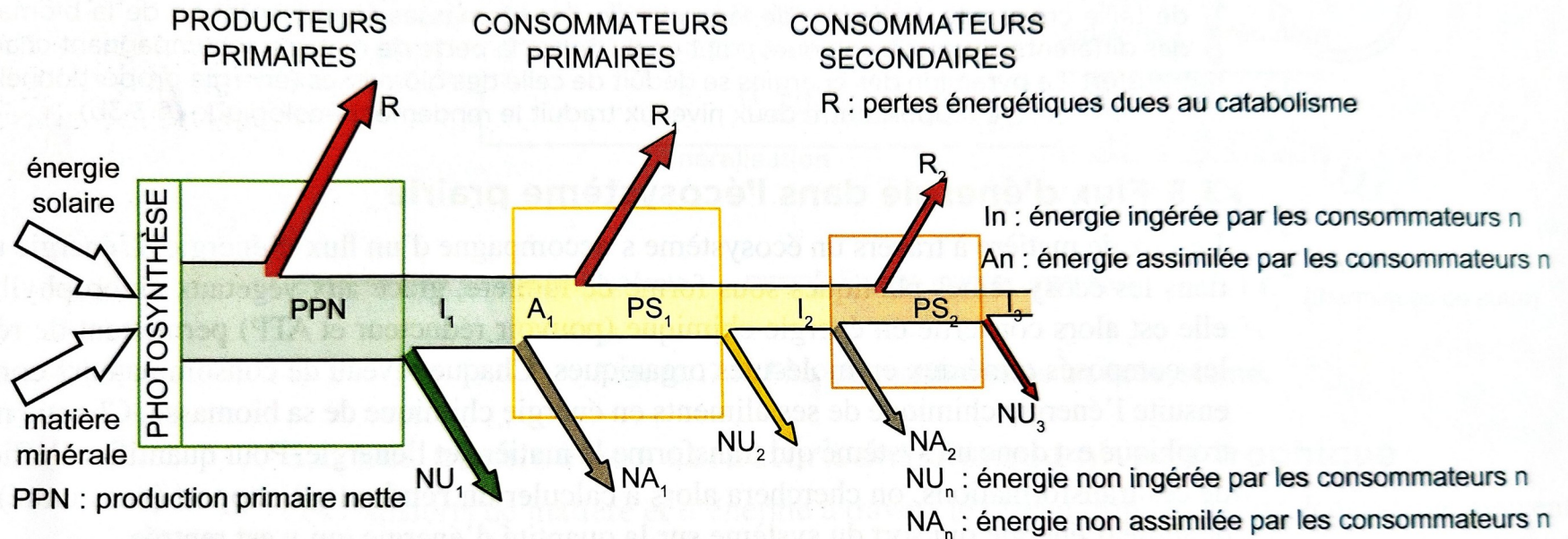
PPN (production primaire nette) = PPB (Production primaire brute = énergie assimilée par photosynthèse) – R (énergie perdue par métabolisme notamment respiration)

• Les poacées de la prairie n'ont pas la même productivité

Toutes ces espèces n'ont pas les mêmes usages, en prairie permanente ou temporaire ; selon le sol, le climat local, la saison.. On distingue :

Espèces à productivité forte	Ray-grass d'Italie, Ray-grass anglais, Fétuque des prés, Fétuque élevée, Dactyle aggloméré, Fléole des Prés
Espèces à productivité moyenne	Paturin des prés, Brome inerme, Vulpin des Prés
Espèces à productivité faible	Brome mou, Houllue lainesue, Crételle des prés, Flouve odorante

2- La répartition de la matière et la dissipation de l'énergie chez les organismes consommateurs



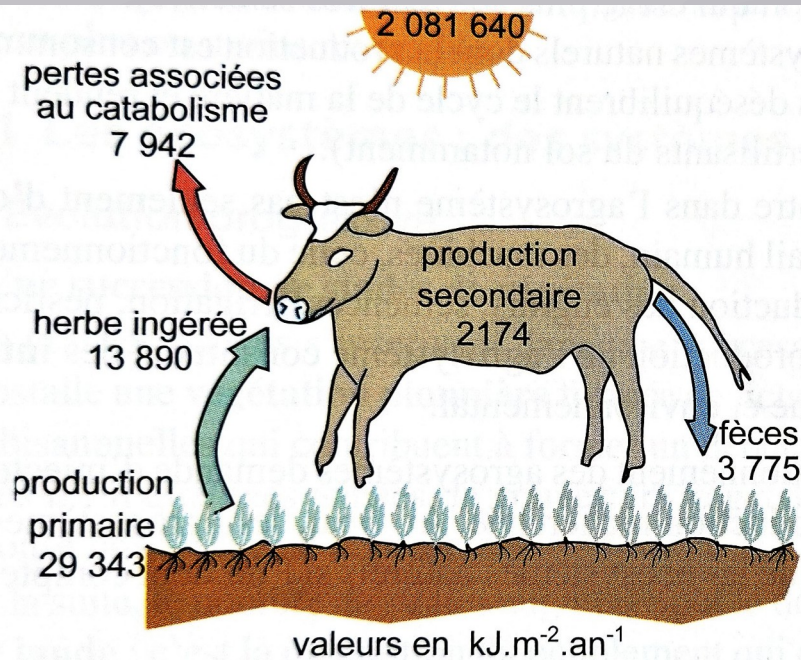


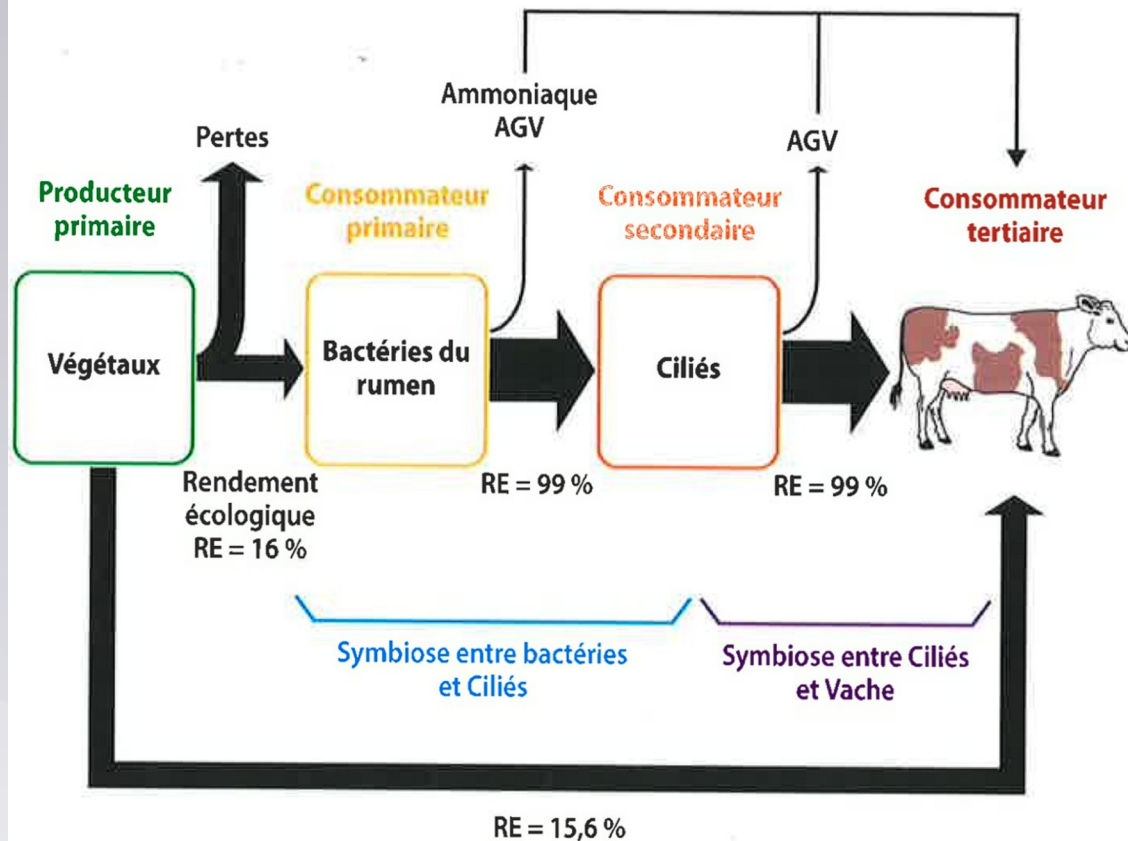
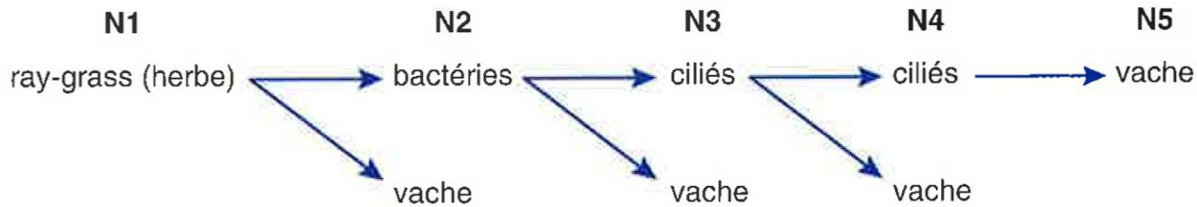
Figure 17.23 Bilan énergétique dans une prairie normande.
(D'après Ricou 1978).

Tableau 17. 2 Efficiences écologiques calculées d'après les valeurs de la figure 17.23.

efficacité d'exploitation	efficacité d'assimilation	efficacité de production nette	efficacité écologique
$\frac{13\,890}{29\,343} \approx 50 \%$	$\frac{13\,890 - 3\,775}{13\,890} \approx 70 \%$	$\frac{2\,174}{13\,890 - 3\,775} \approx 20 \%$	$\frac{2\,174}{29\,343} \approx 7 \%$

3- La place de la vache dans les pyramides de production et les effets de la symbiose sur les transferts de matière et d'énergie

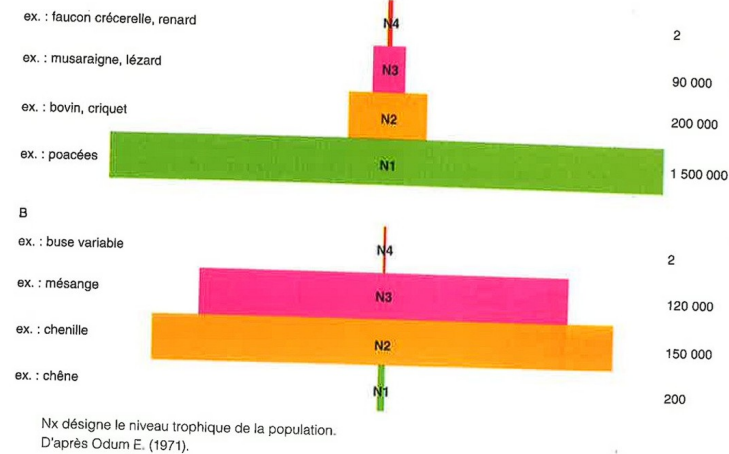
- La vache occupe les niveaux 2 (consommation d'herbe), 3 (absorption d'AGV et consommation de bactéries phytophages), 4 (consommation de ciliés prédateurs de bactéries) voire 5 (consommation de ciliés prédateur ciliés).



C. On peut évaluer les transferts d'énergie et de matière entre niveaux trophiques : les pyramides écologiques

Pyramide des nombres

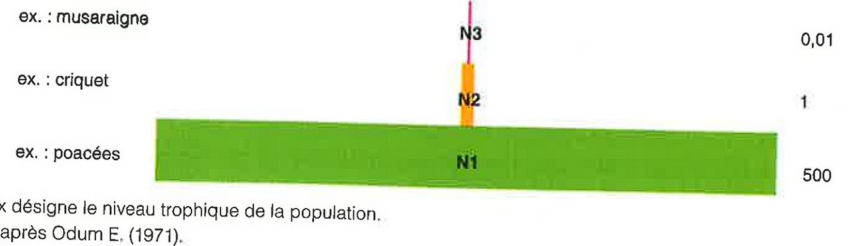
Nb d'individus/1000 m² présents en été pour une prairie et une forêt tempérée



Pyramide des biomasses

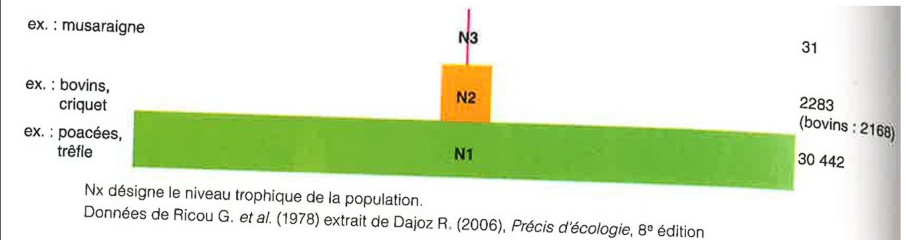
→ **biomasse** = quantité de matière vivante (donc de matière organique) en mmf (masse de matière fraîche) ou en mms (masse de matière sèche) , pour un niveau trophique.

Masse en poids frais exprimée en g/m² dans un champ non exploité



Pyramide des énergies

Exemple = pyramide des énergies d'une prairie pâturée en KJ/m²/an



Ici, part importante de la productivité primaire orientée vers la production bovine. On pourrait rajouter à la base l'énergie solaire reçue pour caractériser les pertes au niveau des prairies.

D- Les chaînes trophiques sont interconnectées en un réseau trophique. Le fonctionnement de ces réseaux contribue au recyclage de la biomasse au sein de l'écosystème (cycle de la matière).

1- Une approche de la structure des biocénoses : le réseau trophique

réseau trophique = ensemble de toutes les chaînes alimentaires qui constituent un réseau complexe d'interactions alimentaires au sein de la biocénose, à l'échelle de l'écosystème.

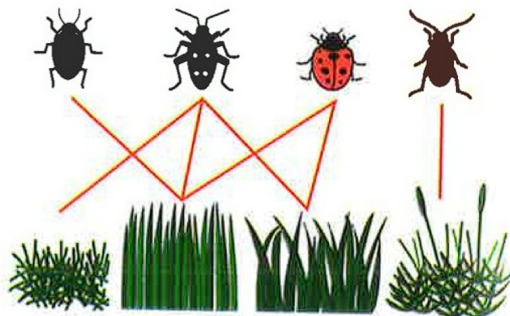
Les chaînes trophiques au sein des réseaux sont liées entre elle par les consommateurs polyphages

Plantes/ insectes nectarivores



$$c = 24/8 = 3$$

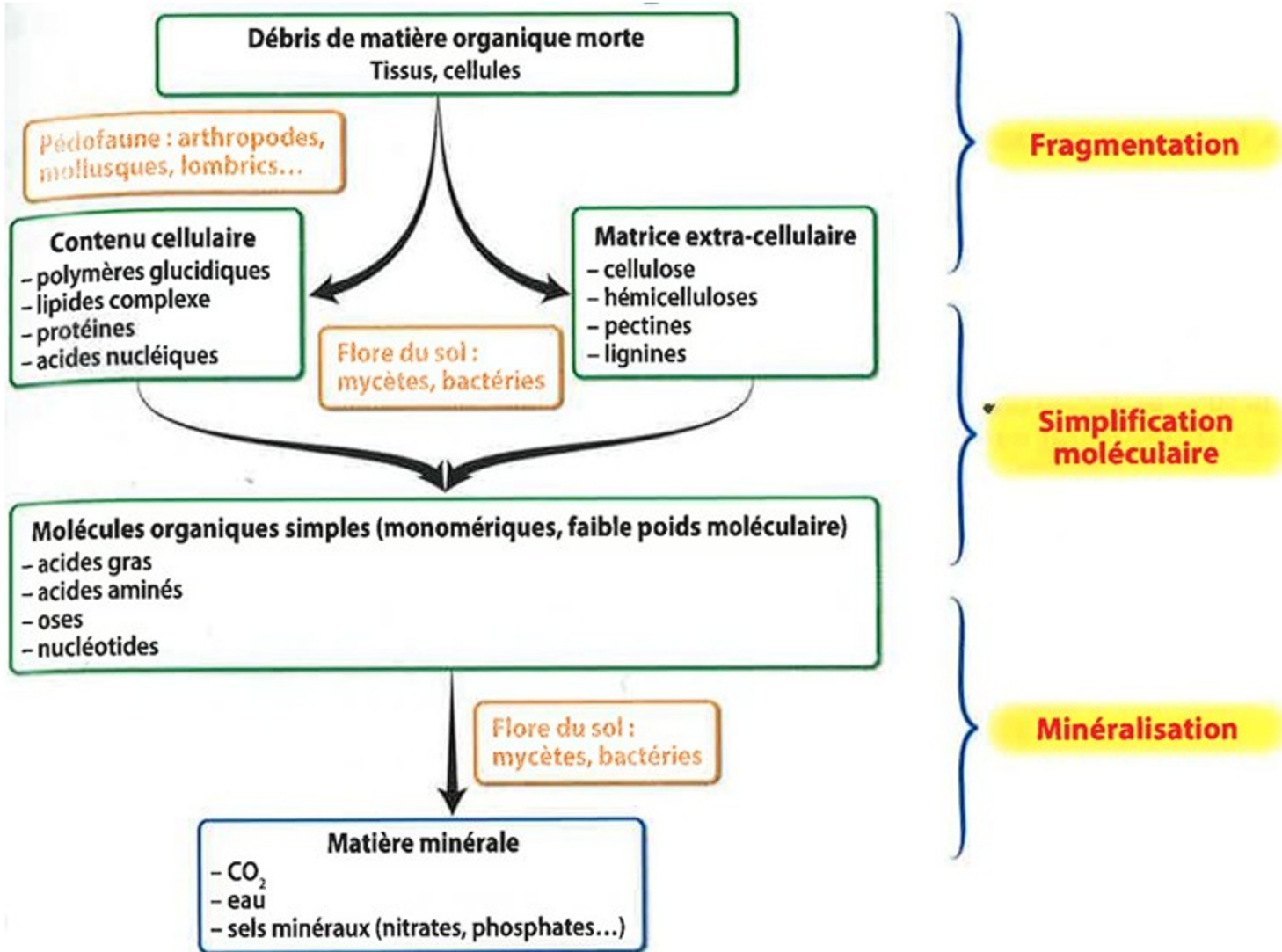
Plantes/insectes phyllophages



$$c = 14/8 = 1,75$$

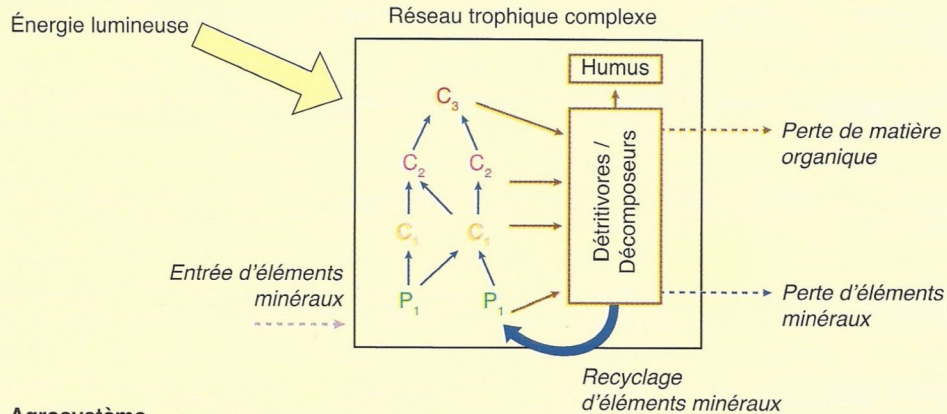
c = complexité d'un réseau = L/S
(L = nb total de liens ; S = nb d'espèces)

2- Le catabolisme de tous les consommateurs (y compris microbiens) aboutit à une minéralisation

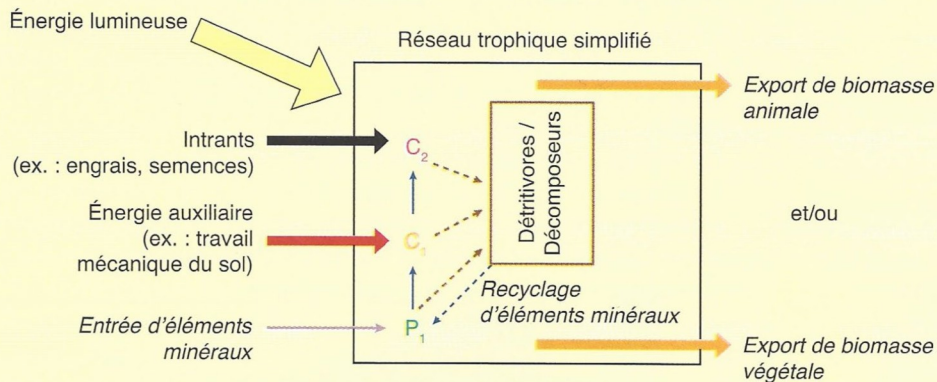


E- Bilan : les écosystèmes et les agrosystèmes, des systèmes ouverts

A Écosystème



B Agrosystème



	Paramètres étudiés	Écosystème (ex. : forêt)	Agrosystème (ex. : champ cultivé)
Biocénose	diversité spécifique et génétique	importante	faible
	âge des individus	très hétérogène	homogène, population jeune ou rajeunie pour exploiter au mieux le potentiel de croissance
	réseaux trophiques	complexes	simplifiés
	pyramides écologiques	régulières/ à plusieurs niveaux	tronquées, absence de prédateurs qui peut conduire à des pullulations de ravageurs ou de parasites
	occupation de l'espace	hétérogène, en mosaïque	homogène ou organisée, densité contrôlée
	biomasse	importante, hétérogène et stable	moyenne, homogène
	production et productivité (P/B)	faible, P/B = faible	forte, P/B tend vers 1
Sols	organisation verticale	horizons différenciés : litière s'accumulant en surface et mélangée par la pédofaune	horizons superficiels travaillé et homogénéisé (sauf pour la prairie) mais discontinuité structurale avec les couches plus profondes
	activité biologique	importante, entretenue par les débris organiques	pédofaune +/- appauvrie en fonction de l'utilisation de pesticides et de l'export de matière organique
	origine de la fertilisation du sol	décompositions des matières organiques	pratiques culturales
Climat		régulé par la végétation (espèces endémiques) multiplicité de microclimats	modifié par ouverture du milieu et simplification des peuplements perturbation de la niche écologique des espèces endémiques climat parfois contrôlé
Interactions entre les différentes composantes des systèmes		niches écologiques diversifiées et nombreuses compétitions interspécifiques réduites	simplification des peuplements interactions contrôlées voire réprimées (compétition, parasitisme, prédation) excepté dans les cas de lutte biologique

STRUCTURE, FONCTIONNEMENT ET DYNAMIQUE DES ECOSYSTEMES 4

IV. L'ÉCOSYSTEME EST UN SYSTEME DYNAMIQUE : LES ÉCOSYSTÈMES ÉVOLUENT DE FAÇON PLUS OU MOINS RÉVERSIBLE

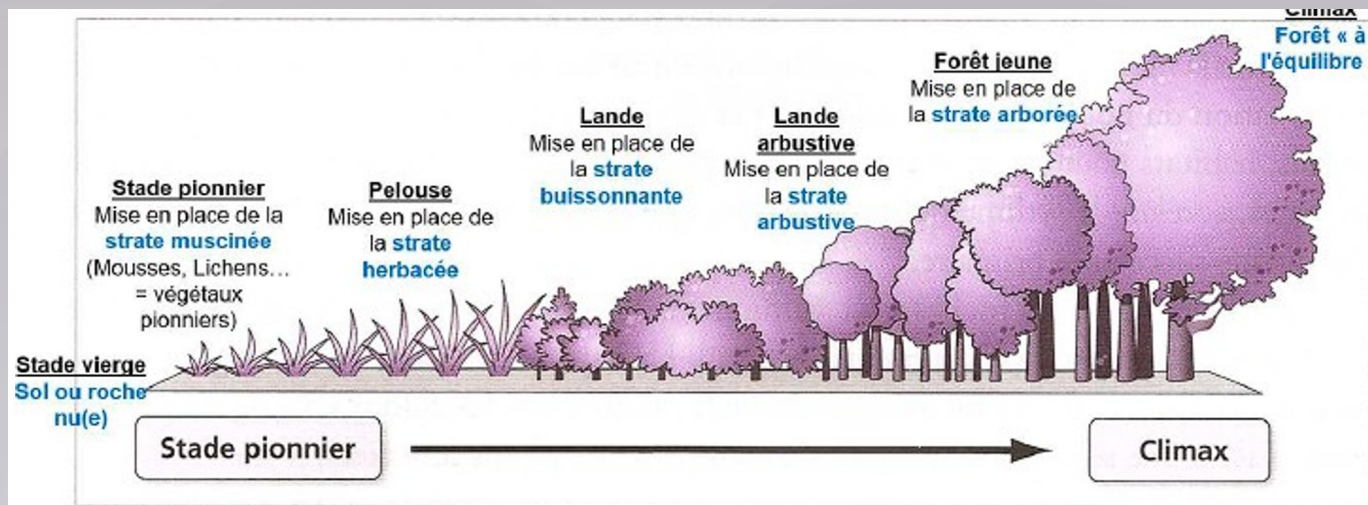
A- La dynamique naturelle des écosystèmes : notion d'évolution progressive et de succession écologique : exemple d'une prairie naturelle en milieu tempéré

B- Évolution d'un écosystème par modification naturelle d'un paramètre abiotique : étude de l'eutrophisation en milieu aquatique

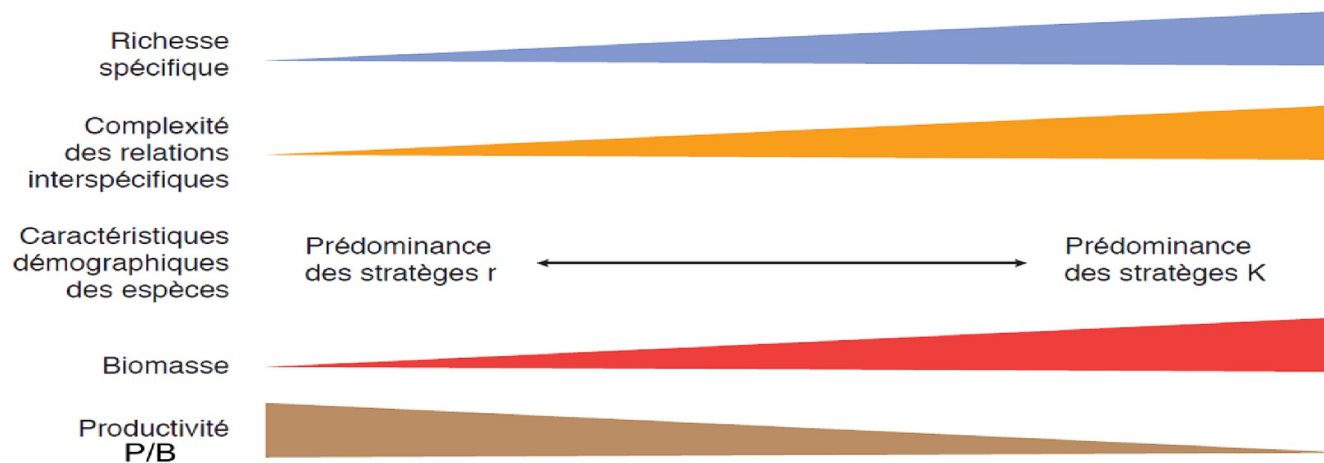
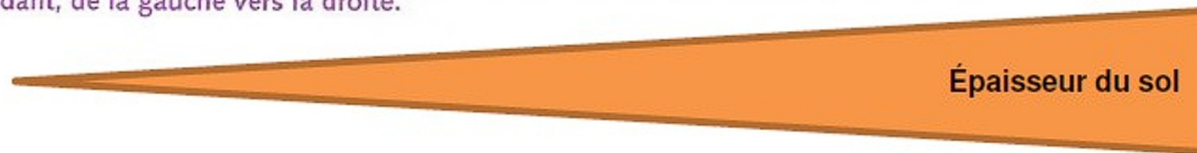
C- Dynamique des écosystèmes et activités humaines : notions de perturbation et de résilience

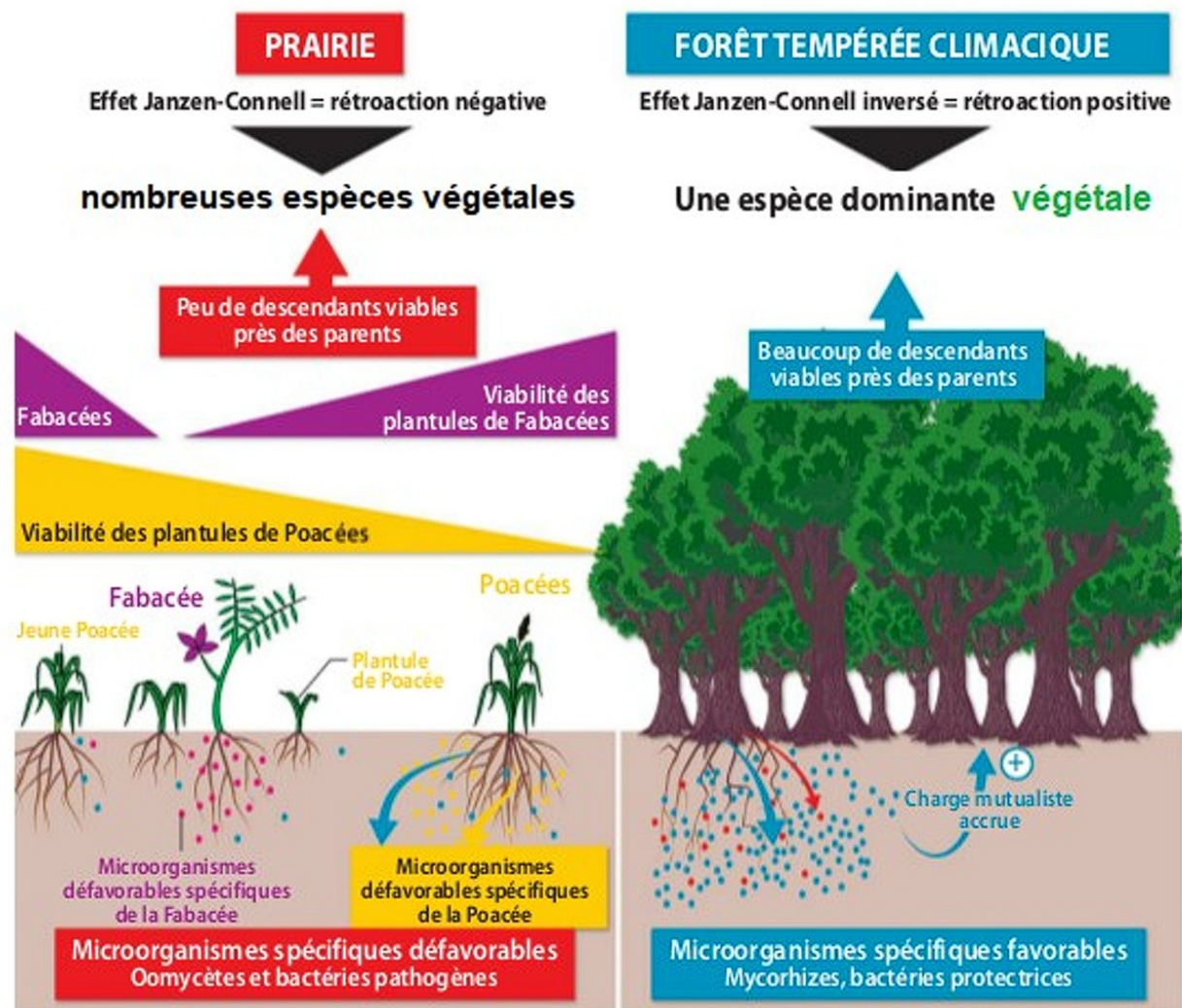
- 1- L'eutrophisation est fortement accélérée par les activités humaines**
- 2- Les effets du surpâturage sur la dynamique de l'agro-écosystème prairie**
- 3- Les espèces envahissantes perturbent la dynamique des écosystèmes**
- 4- Résistance des écosystèmes aux perturbations : les notions de résilience et de résistance**
- 5- Les perturbations biotiques réduisent les services écosystémiques**

A- La dynamique naturelle des écosystèmes : notion d'évolution progressive et de succession écologique : exemple d'une prairie naturelle en milieu tempéré



Représentation schématique d'une succession, caractérisée par les formations végétales se succédant, de la gauche vers la droite.



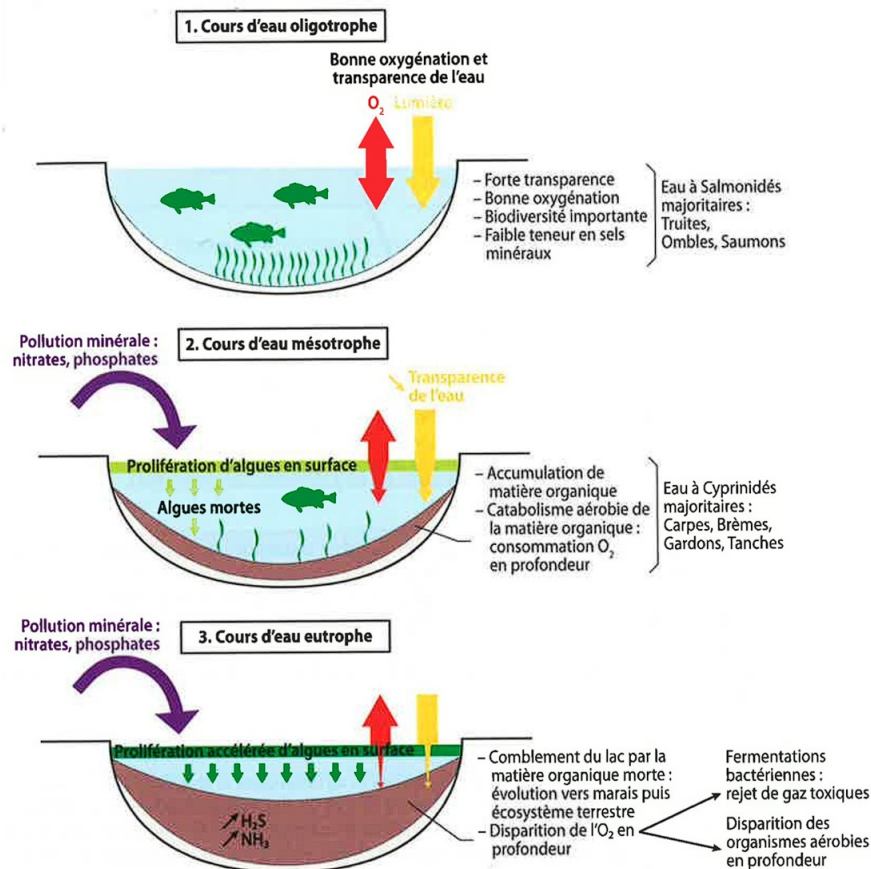


Dans une prairie (à gauche), l'effet Janzen-Connell réduit la densité de chaque espèce par des rétroactions négatives impliquant des microorganismes pathogènes spécifiques de chaque espèce. Dans les forêts climaciques tempérées (à droite), l'effet Janzen-Connell inversé favorise le développement d'une espèce, qui devient dominante, par des rétroactions positives impliquant les microorganismes du sol.

B- Évolution d'un écosystème par modification naturelle d'un paramètre abiotique : étude de l'eutrophisation en milieu aquatique

- L'eutrophisation est un processus naturel, lent (plusieurs siècles), d'enrichissement en éléments minéraux d'un biotope. Les éléments minéraux sont issus de l'érosion et transportés sous forme dissoute par les ruisseaux et les rivières.

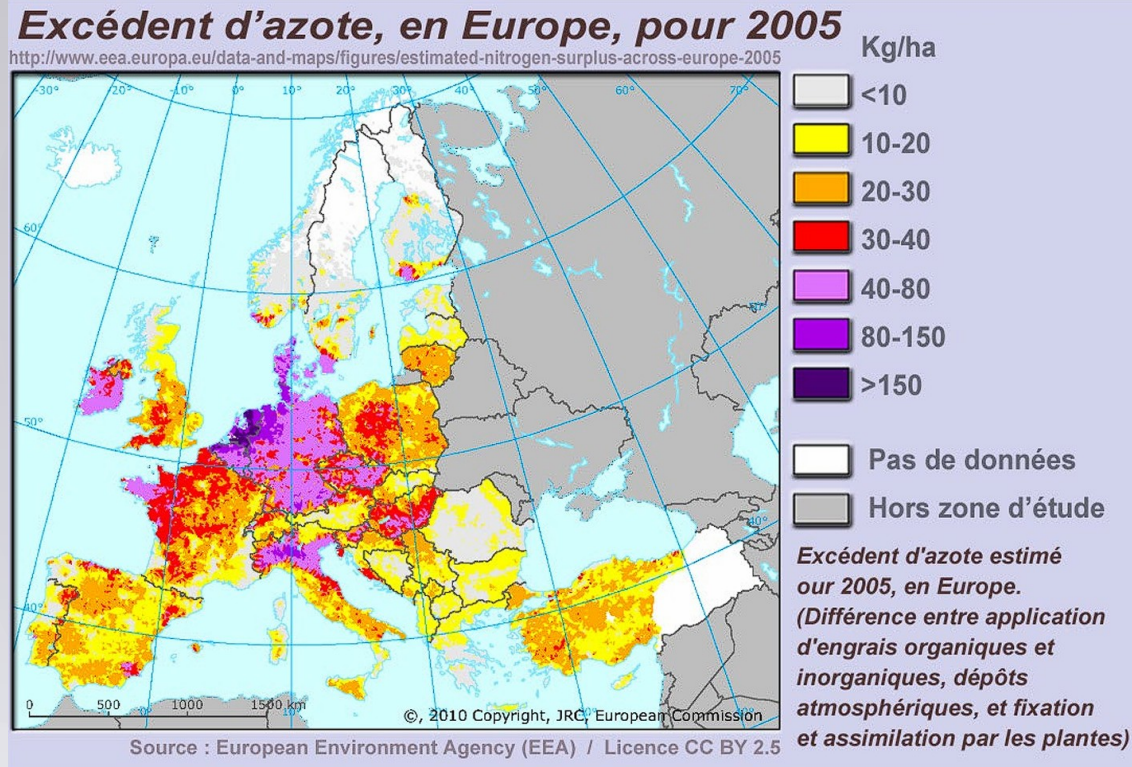
- Les lacs sont caractérisés par une profondeur qui permet d'avoir une tranche d'eau supérieure parfaitement oxygénée et une tranche d'eau inférieure moins oxygénée qui reçoit moins de 1 % de l'énergie lumineuse: on parle de **stratification estivale** (c'est l'été qu'elle se manifeste).



C- Dynamique des écosystèmes et activités humaines : notions de perturbation et de résilience

1- L'eutrophisation est fortement accélérée par les activités humaines

- On appelle **pollution** *l'introduction d'un élément chimique (ou d'une radiation) dans un écosystème ou un ensemble d'écosystèmes qui mène à la perturbation plus ou moins importante de cet (ces) écosystème(s) en impactant la physiologie des organismes présents.*
- On peut citer la **pollution atmosphérique** (gaz d'échappements, rejets industriels...) et la **pollution des sols et des eaux** (déchets, engrais et pesticides, hydrocarbures, eaux usées avec produits domestiques, rejets industriels...) (**figure 70**).
- La **pollution** induit de nombreux **phénomènes délétères** pour les **écosystèmes**. Citons :
 - les **phénomènes d'empoisonnement** par certaines **toxines**
 - les **phénomènes de surenrichissement des milieux** en nitrates, phosphates...



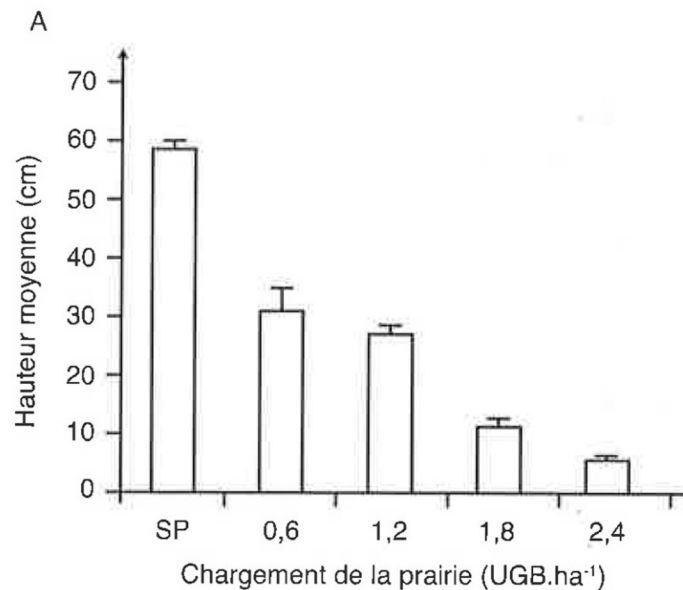
▲ **FIGURE 70. Excédent d'azote en Europe (2005) [pour information].**
D'après Wikipédia, données de l'Agence européenne de l'Environnement

C- Dynamique des écosystèmes et activités humaines : notions de perturbation et de résilience

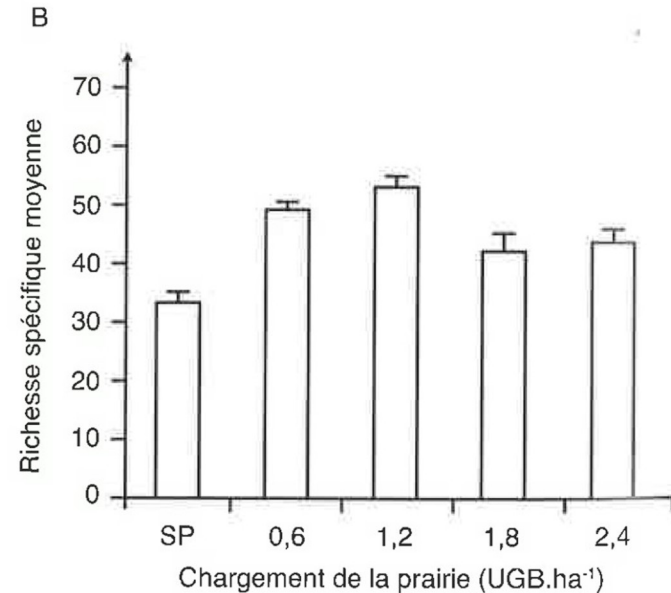
2- Les effets du surpâturage sur la dynamique de l'agro-écosystème prairie

- L'intensité du pâturage par les bovins sur une surface donnée de l'agro-écosystème prairie (appelée chargement) peut être quantifiée en utilisant la notion d'unités gros bétail ou UGB. Dans cette échelle normalisée, la valeur référence d'une UGB correspond à une vache allaitante âgée de plus de 36 mois, d'une masse de 600 kg. Ainsi, en considérant à la fois le gabarit et l'âge des animaux constituant le troupeau, la pression exercée par ces grands herbivores sur l'écosystème est définie quantitativement.

A : hauteur de l'herbe



B : richesse spécifique



La richesse spécifique est le nombre d'espèces pour une surface donnée (moyenne réalisée sur 20 quadrats de 25 cm de côté pour chaque condition expérimentale).

SP: sans pâturage, 0,6 - 1,2 - 1,8 - 2,4: chargement exprimé en UGB.ha⁻¹

Le surpâturage est atteint pour un chargement à 2,4 UGB.ha⁻¹

C- Dynamique des écosystèmes et activités humaines : notions de perturbation et de résilience

3- Les espèces envahissantes perturbent la dynamique des écosystèmes

Trois exemples européens d'espèces invasives (pour information) (**figure 67**) :

>> La Jussie (*Ludwigia* sp.) est une **Angiosperme** répandue en Europe. Des **espèces tropicales**, probablement introduites depuis plus d'un ou deux siècles, prolifèrent dans les **milieux aquatiques européens** où elles **supplantent alors toutes les autres espèces**. La seule solution pour **s'en débarrasser** est un **arrachage manuel complet** et **systématique** sur plusieurs années !

>> La Tortue de Floride est une espèce s'adaptant très bien aux milieux aquatiques dans lesquelles les êtres humains la relâchent...

>> Le Frelon asiatique (originaire d'Extrême Orient) a été introduit dans les **années 2000 en Europe** et gagne du terrain chaque année. C'est une **espèce vorace** qui consomme des **Insectes variés en quantité importante**, y compris des **Abeilles domestiques** dont les **ruchers** peuvent être **décimés** par ce Frelon.



▲ **FIGURE 67. Trois espèces invasives : la Jussie (*Ludwigia grandiflora*), la Tortue de Floride (*Trachemys scripta elegans*) et le Frelon asiatique (*Vespa velutina*) [pour information].**

D'après Wikipédia

C- Dynamique des écosystèmes et activités humaines : notions de perturbation et de résilience

4- Résistance des écosystèmes aux perturbations : les notions de résilience et de résistance

La résilience : est la capacité d'un écosystème à retrouver un fonctionnement normal (services écosystémiques restaurés) après avoir connu une ou des perturbations dont la fréquence et l'intensité sont déterminantes. Cette propriété des écosystèmes repose sur l'existence de groupes fonctionnels redondants et complémentaires . Les écosystèmes se caractérisent ainsi par leur stabilité dynamique.

Les résultats tendent à montrer une **meilleure résilience des stades juvéniles que climaciques.**
De plus **la biodiversité augmente la résilience**



C- Dynamique des écosystèmes et activités humaines : notions de perturbation et de résilience

5- Les perturbations biotiques réduisent les services écosystémiques

Le Millenium Ecosystem Assessment a défini en 2005 la notion de service écosystémique : ensemble des services fournis par les écosystèmes en lien notamment avec les besoins et les activités humaines.

Ils sont organisés en plusieurs catégories

Service d'approvisionnement	Services de régulation et de support des écosystèmes	Services culturels
• Nourriture • Bois et fibres • Carburants • Ressources génétiques • Molécules • Eau potable	• Régulation du climat, locale et globale • Purification des eaux et de l'air • Régulation des flux hydriques • Atténuation des perturbations environnementales (crues, cyclones, tsunamis, etc.) • Contrôle de l'érosion • Pollinisation • Contrôle biologique (ravageurs, etc.) • Résistance aux épidémies et invasions biologiques • Production primaire • Formation et entretien des sols fertiles • Cycle des nutriments	• Loisirs • Écotourisme • Éducation à la biodiversité • Esthétique

- aux services de provisionnement
- aux services apparentés à la régulation et au support (soutien)
- aux services culturels

- Le tableau propose des exemples pour chacune des catégories.

CONCLUSION / VUE D'ENSEMBLE DE L'AGRO-ECOSYSTEME PRAIRIAL

