

# **LES ÉCOSYSTÈMES, LEUR STRUCTURE ET LEUR FONCTIONNEMENT**

**À TRAVERS L'EXEMPLE DE LA PÂTURE DE BOVINS  
EN ZONE TEMPÉRÉE**



# INTRODUCTION



1. associer des idées sur ce thème



2. Trier à l'aide des définitions



3. Trouver une problématique



4. Organiser les idées en un plan

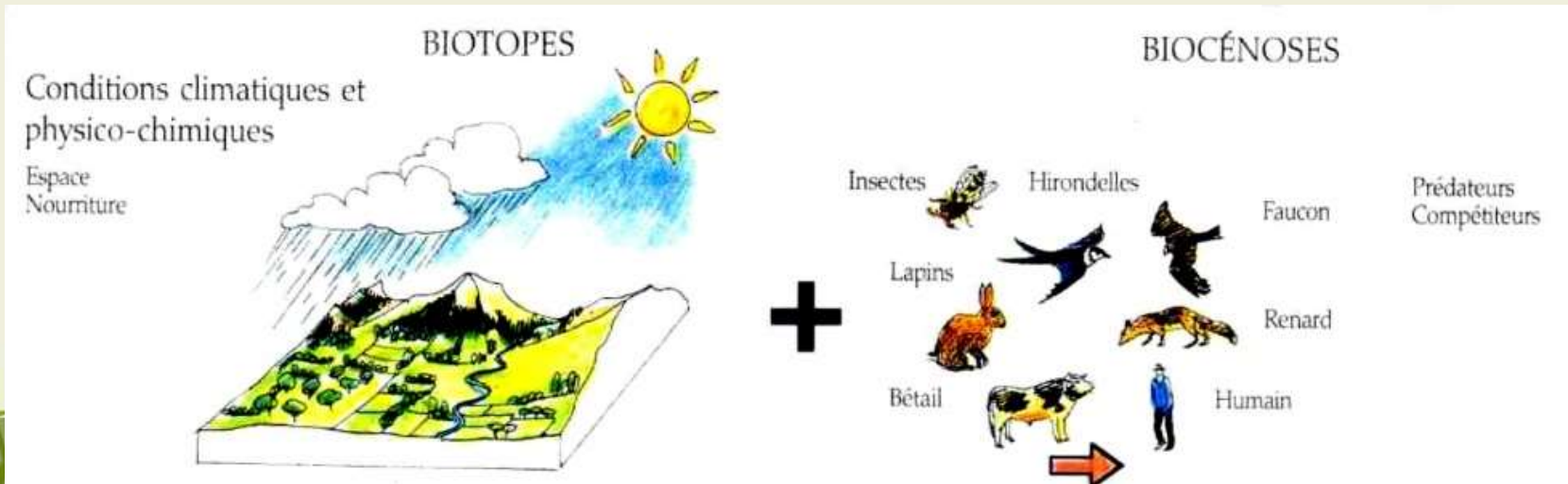


# 1. UN ÉCOSYSTÈME EST UN BIOTOPE OCCUPÉ PAR UNE BIOCÉNOSE

**Écos** : signifie maison

Un écosystème est un ensemble dynamique d'organismes vivants (plantes, animaux et micro-organismes) qui interagissent entre eux et avec le milieu (sol, climat, eau, lumière) dans lequel ils vivent.

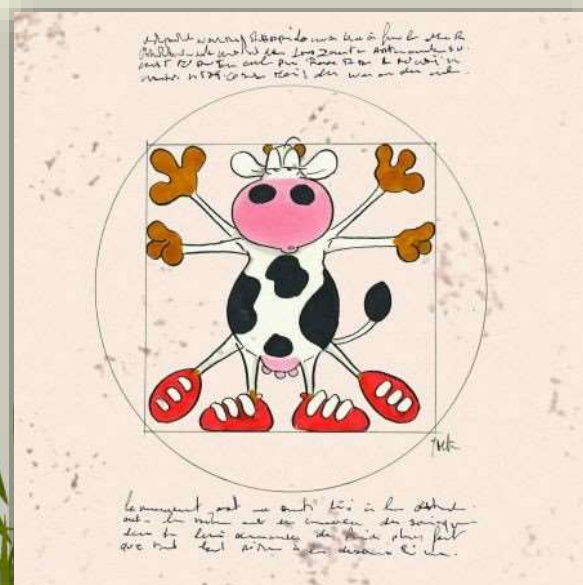
## 1.1. L'écosystème est un ensemble biotope + biocénose délimité par un observateur



## 11.1. C'est l'observateur/expérimentateur qui délimite l'écosystème pour en faire un objet d'étude



Les dimensions des écosystèmes peuvent varier considérablement; ils peuvent être très petits, comme une mare ou un arbre mort, ou être gigantesques, comme la Terre.



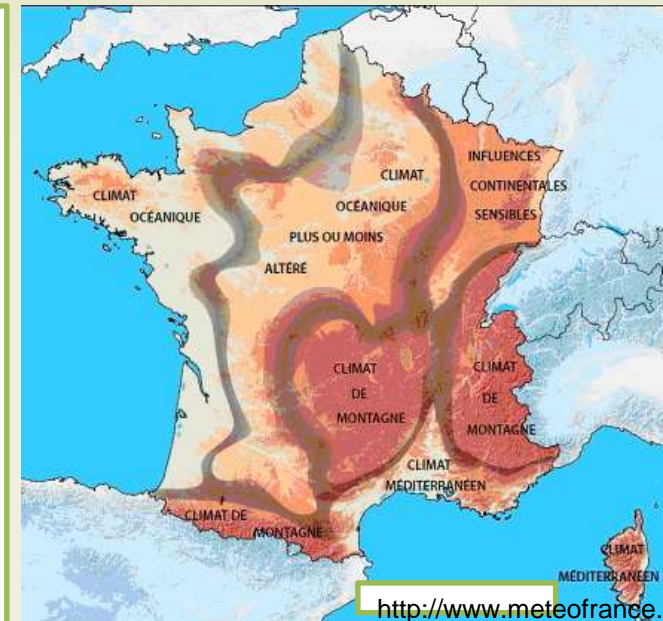
Écosystème ici = pâture des bovins en zone tempérée  
Les prairies couvrent en Europe environ 20% des surfaces continentales, mais sont en déclin progressif depuis 25 ans du fait de leur mise en culture ou de leur abandon (retour à la friche ou à la forêt).

# 11.2. Le biotope est le milieu

un **biotope** est, littéralement en grec ancien, un type de *lieu de vie* défini par des **caractéristiques physiques et chimiques** déterminées relativement uniformes. Ce milieu héberge un ensemble de formes de vie composant la **biocénose**.

## Caractéristiques

- géographiques : latitude, longitude, **altitude**
- **climatiques** et microclimatiques : caractéristiques des influences du climat et de ses interactions avec le couvert végétal (ombre, vent, évapotranspiration, rosée, albédo, etc.)
- **pédologiques** : caractéristiques physico-bio-chimiques du sol
- **géologiques** : caractéristiques du sous-sol, qui influent sur l'hydromorphie (portance, rétention de l'eau)
- **hydrographiques** : distribution des eaux dans l'espace
- hydrologiques : caractéristiques et mouvements des eaux, et interactions avec la biocénose (les castors)
- **topographiques** et géomorphologiques : caractéristiques altimétriques (abris dans la roche par ex)



# C'est l'observateur qui « découpe » la biosphère en un ensemble de biotopes



Biotope des prairies tempérées

Biotope des prairies en zone de climat océanique

Biotope du Bocage de la Mayenne

Biotope de la parcelle X de l'exploitation de Y

Biosphère (au niveau planétaire)

Taille des biotopes

# 11.3. La biocénose est l'ensemble des populations de différentes espèces (les communautés)

Définition : une **biocénose** (ou **biocœnose**) est l'ensemble des êtres vivants coexistant dans un espace défini (le biotope), ainsi que leur **organisation** et leur richesse spécifique.

On parle d'**agrobiocénose** pour désigner la biocénose des terres agricoles cultivées.

On a l'habitude de diviser la biocénose en deux :  
la **phytocénose**, qui regroupe les espèces végétales ;  
la **zoocénose**, qui regroupe les espèces animales.

Communautés?

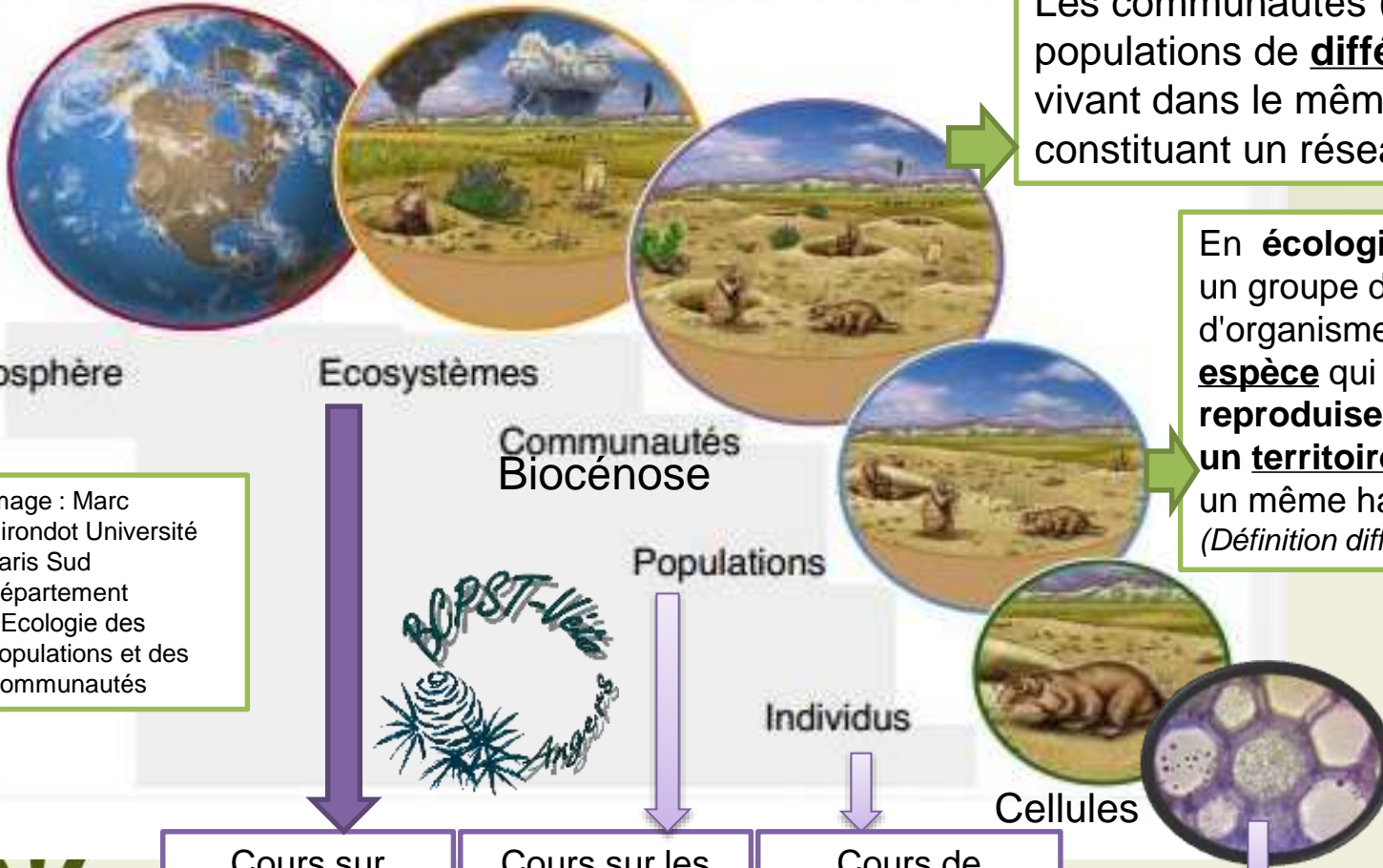
**Au sens strict, le terme de « communautés » est synonyme de biocénose.**

Cependant, dans la pratique, les écologues, l'utilisent dans une acception plus restreinte pour désigner des entités constituant **des sous ensembles fonctionnels de la biocénose**. (par ex : les communautés des saprophages, des herbivores...)

**L'ensemble biocénose + biotope forme un écosystème.**  
(ou un **agrosystème**)

# Les populations des différentes espèces constituent la biocénose

## Les différents niveaux d'organisation



Les communautés (s.s.) sont des populations de **différentes espèces** vivant dans le même biotope, et constituant un réseau de relations.

En **écologie**, une population est un groupe d'animaux ou d'organismes vivants de la **même espèce** qui coexistent et **se reproduisent** entre eux **sur un territoire déterminé** ou dans un même habitat. (biotope)  
*(Définition différente en statistique)*

Image : Marc Girondot Université Paris Sud Département d'Ecologie des Populations et des Communautés

Cours sur l'écosystème pâture	Cours sur les populations et l'évolution	Cours de génétique et de physiologie	Cours de biologie cellulaire
-------------------------------	--	--------------------------------------	------------------------------

BCPST1





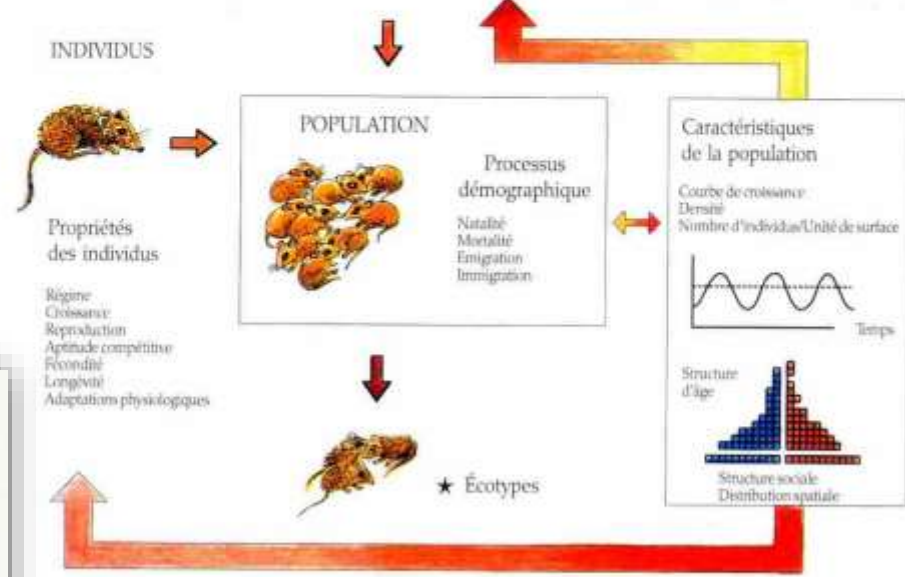
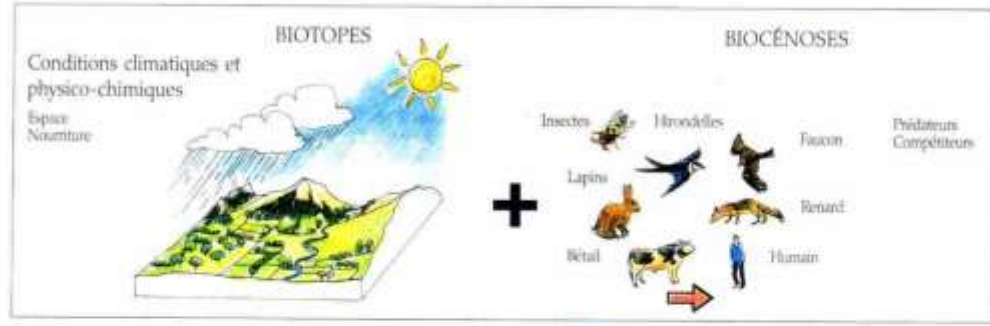
À relier aux cours sur les populations et leur évolution, les liens génotype/phénotype, la reproduction, la physiologie.

CHANGER D'ECHELLE!



## LA TRAME DE LA VIE D'UNE POPULATION S'INSCRIT DANS UN RÉSEAU DE RELATIONS COMPLEXES AVEC SON ENVIRONNEMENT

Pas plus qu'on ne peut isoler un être vivant de son milieu de vie, on ne peut isoler une population de son environnement qui l'influence et qu'elle modifie constamment. L'évolution de cette population est elle-même caractérisée par des paramètres qui lui sont propres et qui en retour changent les propriétés des individus qui la composent. Ce qui implique que, finalement, la dynamique des populations doit nécessairement s'inscrire dans une approche globale et ne peut constituer à elle seule une approche écologique de la biosphère.



★ Lorsqu'un facteur environnemental devient particulièrement contraignant et cela de façon permanente, deux solutions se présentent : ou la population disparaît (ou se déplace s'il s'agit d'animaux) ou bien elle s'adapte. Cette adaptation peut se traduire par des modifications physiologiques ou morphologiques réversibles, ou encore par des modifications durables inscrites dans le matériel génétique et héréditairement transmissibles, donnant lieu à l'apparition d'une population d'écotypes.

# La biocénose dans les agrosystèmes s'est considérablement amoindrie en un siècle



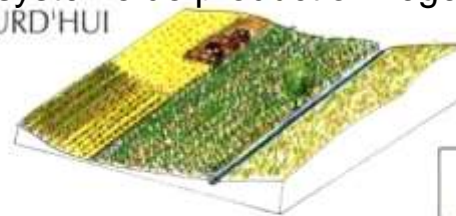
HIER



Paysage rural du 19<sup>ème</sup> siècle, une biodiversité remarquable

<i>Blaireau</i>	<i>Becette</i>	<i>Chevreuil</i>	<i>Fouine</i>	<i>Martre</i>	<i>Hérisson</i>	<i>Trèfle violet</i>	<i>Lotier corniculé</i>	<i>Fétuque des prés</i>	<i>Ray-grass anglais</i>
<i>Lievre</i>	<i>Castor</i>	<i>Loutre</i>	<i>Taupe</i>	<i>Lézard</i>	<i>Renard</i>	<i>Géranium robert</i>	<i>Bardane</i>	<i>Epiaire</i>	<i>Charme commun</i>
<i>Écureuil d'Europe</i>	<i>Hibou</i>	<i>Perdreux</i>	<i>Buse</i>	<i>Héron</i>	<i>Couleuvre</i>	<i>Aubépine monogyne</i>	<i>Noisetier à fruits</i>	<i>Sureau</i>	<i>Vierne obier</i>
<i>Coléoptères</i>	<i>Libellule</i>	<i>Pigeon</i>	<i>Faisan</i>	<i>Béassine</i>	<i>Crapaud</i>	<i>Bouleau verrucosus</i>	<i>Frêne commun</i>	<i>Merisier</i>	<i>Noyer commun</i>
<i>Grenouille</i>	<i>Écrevisse</i>	<i>Papillons</i>	<i>Grillons</i>	<i>Tanche</i>	<i>Truite</i>	<i>Tilleul à feuilles plates</i>	<i>Tremble</i>	<i>Aubie glutineux</i>	<i>Bleuet</i>

## Agrosystème de production végétale AUJOURD'HUI



	<i>Taupe</i>	<i>Perdreux</i>	<i>Ray-grass anglais</i>	<i>Trèfle violet</i>
<i>Écureuil</i>	<i>Lievre</i>	<i>Fouine</i>	<i>Lotier corniculé</i>	<i>Tremble</i>
<i>Renard</i>	<i>Buse</i>	<i>Fétuque des prés</i>	<i>Mais</i>	<i>Blé</i>

Culture intensive avec remembrement, recalibrage du cours d'eau et épandage de pesticides et d'engrais.

Les impératifs de la culture intensive conduisent à l'élimination de la plupart des niches écologiques et à l'effondrement de la biodiversité.

La prairie permanente naturelle est l'agrosystème qui a la meilleure biodiversité



1. Le biotope est

*(ne déclarez comme vraie que les réponses **complètes**)*

- a) l'espace occupé par un ensemble d'organismes vivants (la biocénose)
- b) les conditions physico-chimiques auxquelles sont soumis les êtres vivants d'un écosystème

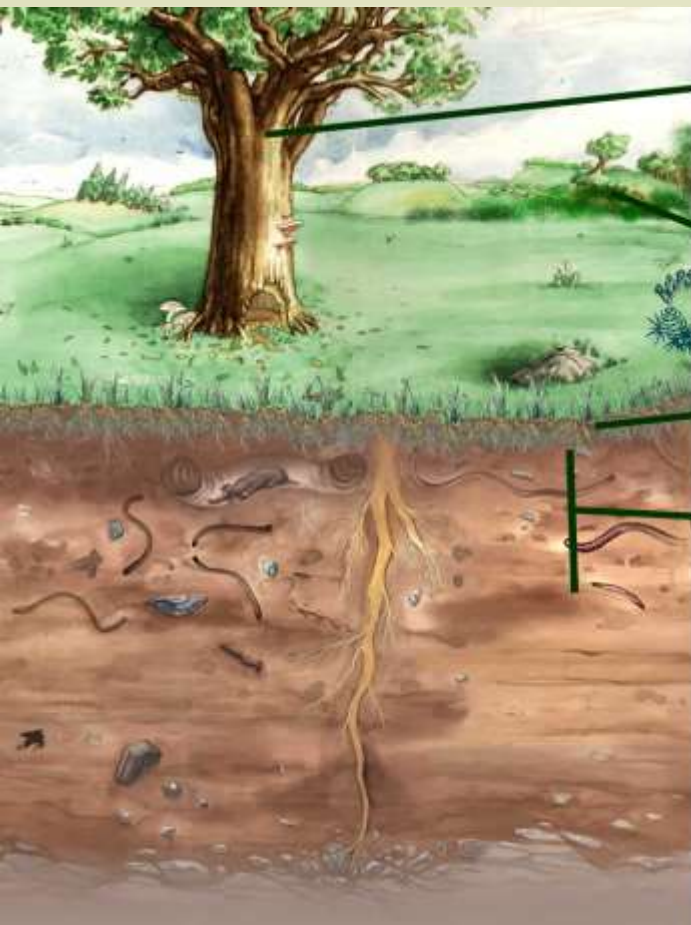
2. une biocénose est constituée de

- a) de plusieurs populations de même espèce
- b) de plusieurs communautés

# 1.2. L'écosystème est structuré spatialement tant du point de vue de biotope que de la biocénose

## 12.1. Un écosystème possède plusieurs strates

Les **strates végétales** décrivent les principaux niveaux d'*étagement vertical* d'un peuplement végétal, chacun étant caractérisé par un microclimat et une faune spécifique.



strate arborée (>8m)

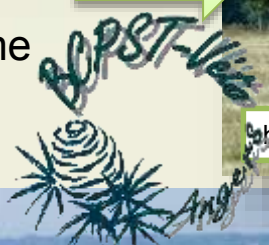
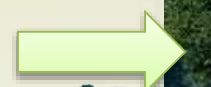
strate arbustive composée d'arbustes ou buissons (haies)

strate cryptogamique ou muscinale composée de lichens et mousses (qq mm)

strate hypogée ou infracryptogamique composée de la flore souterraine et microfaune du sol

NB : en forêt la canopée forme la strate supérieure

- La prairie se caractérise comme une formation végétale **réduite** en surface à **une strate essentielle : la strate herbacée**. Une prairie naturelle (pampa, savane) ne comporte ni arbres, ni arbustes autrement que très dispersés ou très localisés. Sa strate hypogée est extrêmement riche en bactéries et champignons.
- Une prairie peut être **permanente** ou **temporaire** (elle est retournée et semée au bout de 3 à 5 ans); **naturelle** ou **artificielle** (semée); utilisée pour la fauche ou le pâturage.
- Un pâturage (=une pâture) est une prairie où des animaux viennent paître, mais **il comporte généralement un ou plusieurs arbres**, surtout s'il sert en été (ombrage).
- Il a souvent des **haies**, qui constituent une alimentation d'appoint.
- L'ensemble des prairies avec haies forme un paysage de **bocage**.



<http://www.europe1.fr/>



<http://www.tourisme-mayenne.com/>



<http://www.lapresse.ca/>

## 12.2. Le sol présente plusieurs horizons, et une vie microbienne

### 122.1. La litière contient une faune très diversifiée

Un mètre carré de sol de bonne qualité abrite :

- 150 g d'animaux (bactéries non comprises),
- plus de 260 millions d'individus d'espèces différentes.
- La biomasse fabriquée par un sol au long de l'année : **une tonne de lombrics et une tonne d'arthropodes par hectare** 2,5 fois ce que produit la même surface de prairie en viande bovine (environ 800kg).
- Cette faune participe à la décomposition de la matière organique végétale et des bouses



## La faune du sol (animaux)

21% des espèces au monde sont dans le sol!

- **la macrofaune (4 à 80 mm) :**
  - les **annélides** comme les vers de terre ;
  - les **insectes tels** les fourmis, les termites, et certaines de leurs larves comme les **larves** de mouches, de cousins, de hannetons ;
  - les **arachnides** comme les araignées,
  - les **mollusques** tels les escargots ou les limaces ;
  - les **myriapodes** comme les mille-pattes ou les scolopendres ;
  - les **crustacés isopodes** auxquels appartiennent les cloportes par exemple.
- **la mésofaune (0,2 à 4 mm) :**
  - les **arachnides** tels que les Acariens (oribates, gamases),
  - les **insectes aptérygotes** comme les collemboles (insectes les plus nombreux du sol) et les diploures,
  - les **némathelminthes** comme les nématodes, etc.
- **la microfaune (moins de 0,02 mm) :** les **protozoaires**: amibes, flagellés, ciliés (paramécies),

Le rôle fondamental de la faune du sol:

1. la **décomposition** de la matière organique (voir §4,4)
2. L'action mécanique sur les sols : formation de galeries, porosité, **structuration** des agrégats. -> poches d'air et d'eau

## 122.2. Les horizons plus profonds contiennent essentiellement des bactéries et des champignons

- Champignons: libres et mycorhiziens
- Les bactéries : estimation de 10000 à 100000 espèces/g de sol avec une quantité de  $10^8$  à  $10^9$  par gramme de sol (prairie permanente), soit bien plus que d'habitants en France !)
- moins de 1% des bactéries et des virus a été décrit et seulement 4% des champignons
- Cycle du C et N (voir autre cours)
- « Terra genome » Séquençage en cours de l'ADN du sol d'une prairie

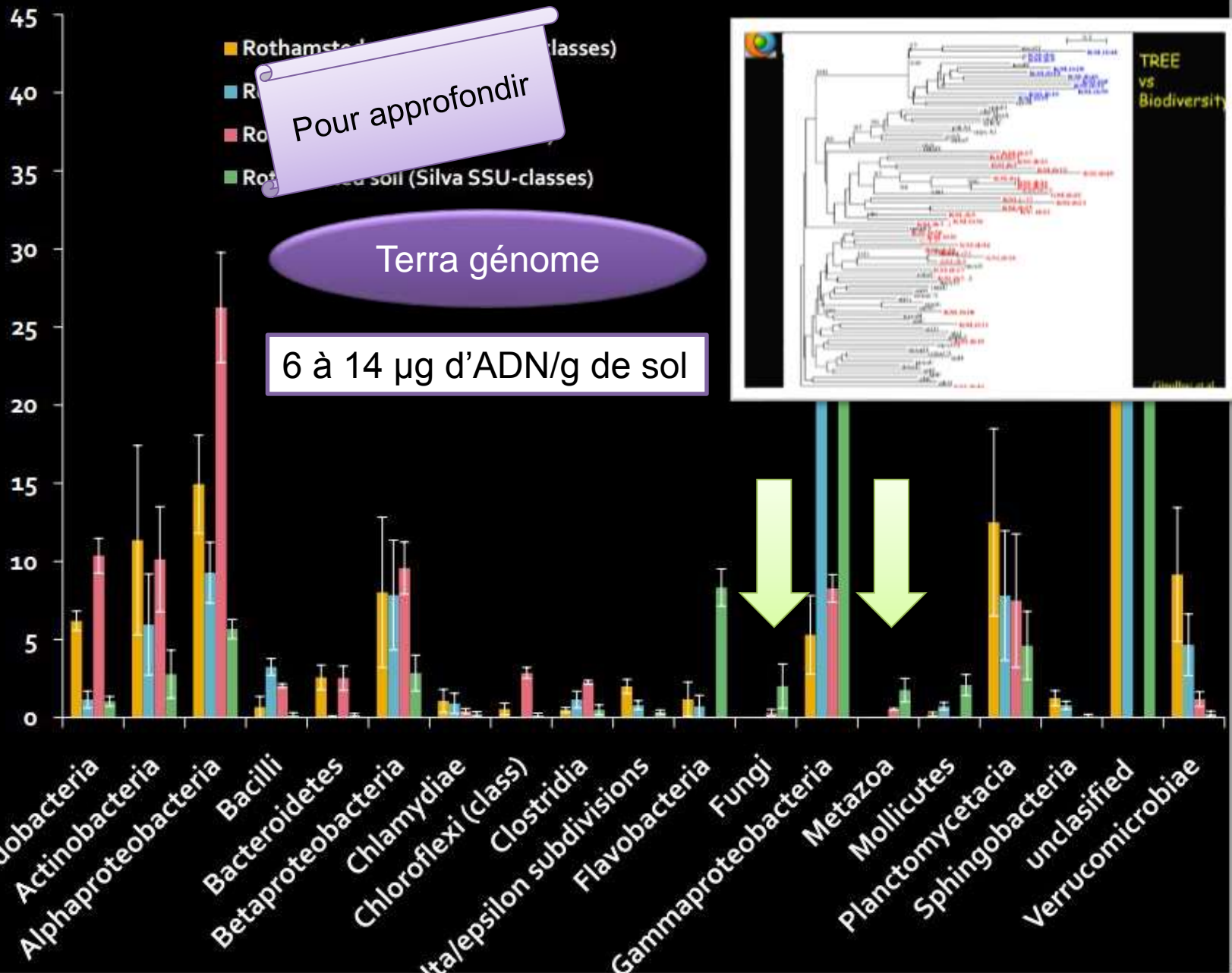


# Le sol contient essentiellement des bactéries, très diverses



Pas dans le poly

Timothy M. Vogel  
www.Genom Environ.org



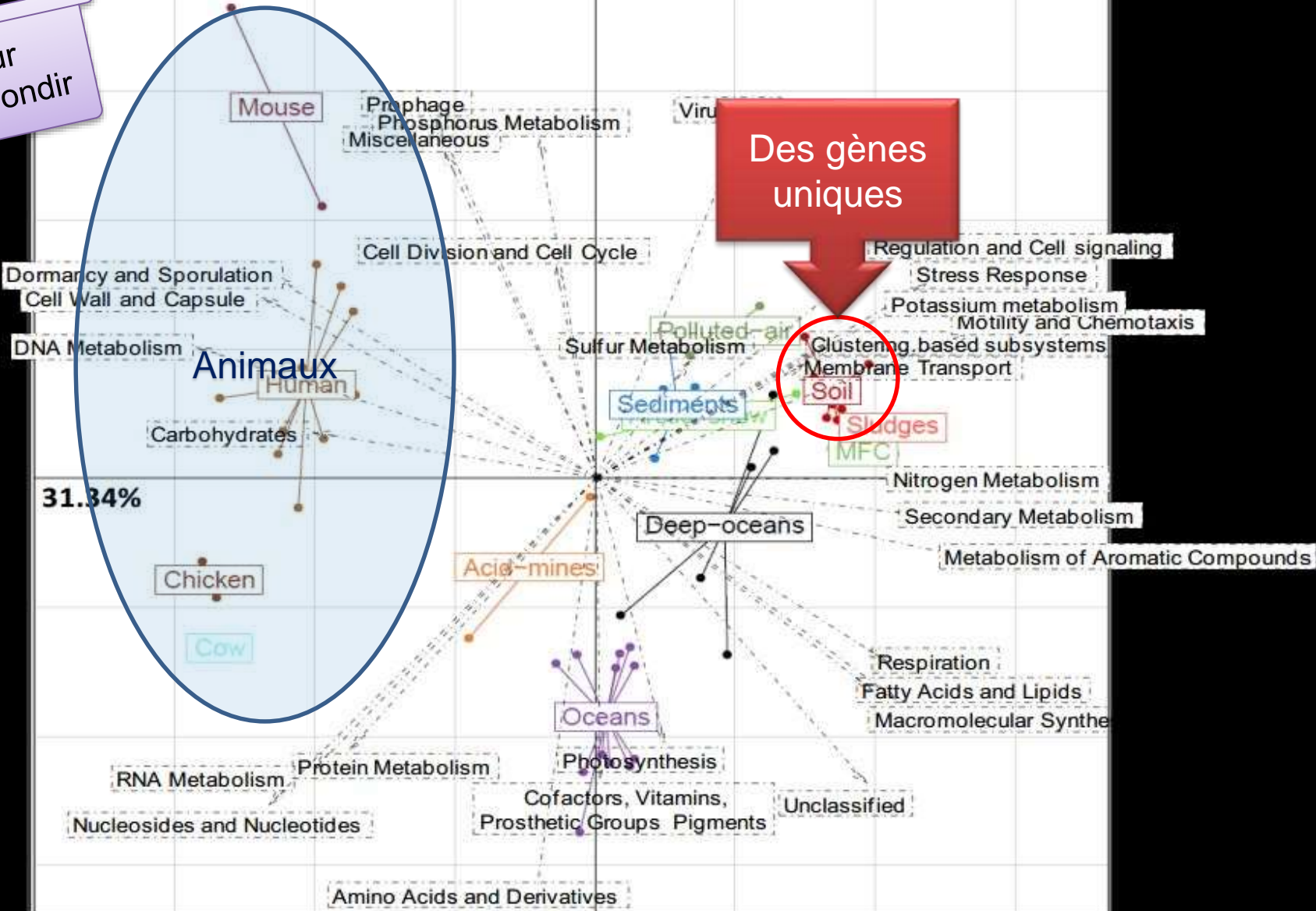
# Global metagenomic comparison of 15 ecosystems

20.00%

d = 2

Pas dans le poly

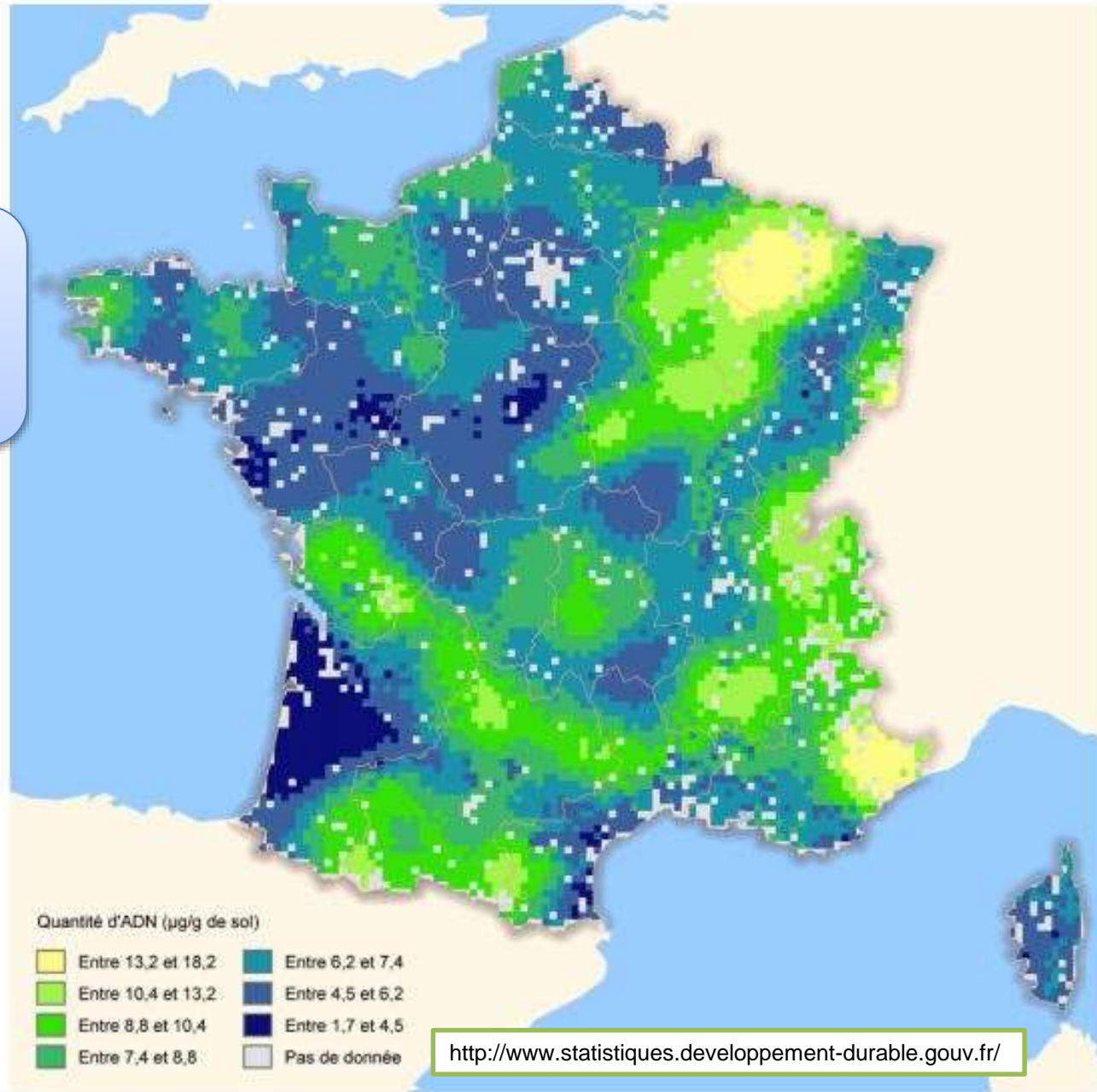
Pour approfondir

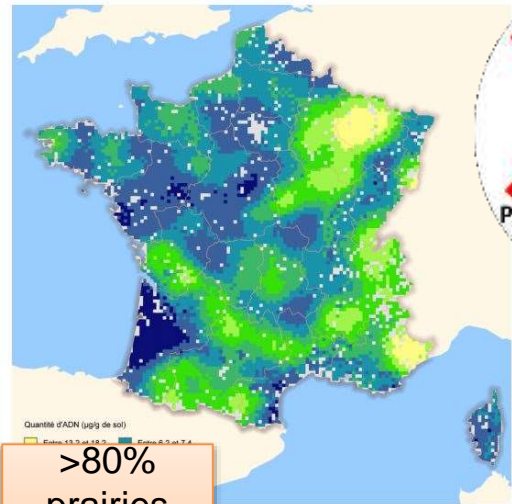




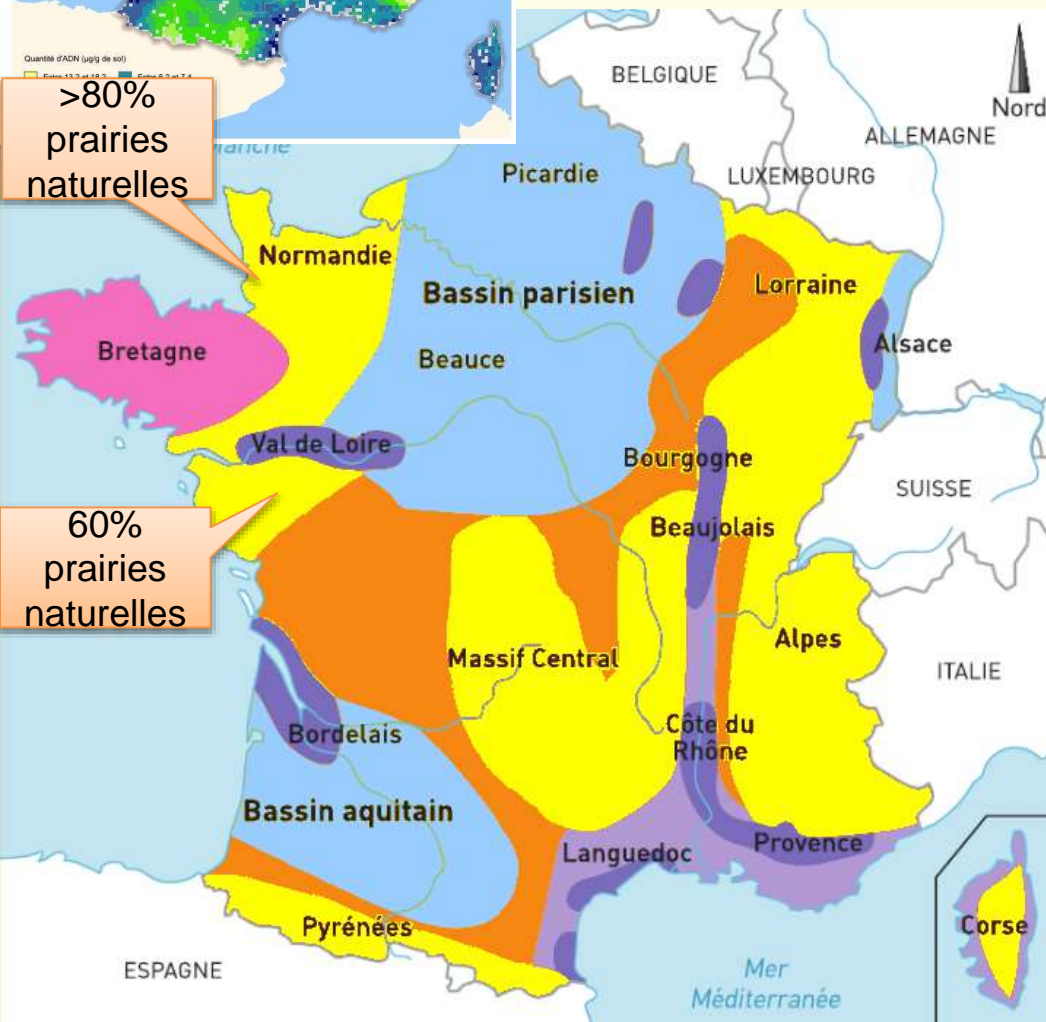
## La densité microbienne des sols mesurée sur la période 2000-2009

Qu'est-ce qui pourrait expliquer cette répartition de la densité microbienne?





# Solution



## Les espaces de polyculture et d'élevage extensif

Polyculture : céréales et élevage

Élevage extensif

Nombreuses prairies permanentes

## Les espaces agricoles spécialisés et intensifs

Culture intensive : céréales et produits pour l'industrie

Culture maraîchère : fruits et légumes

Viticulture (culture de la vigne)

Élevage intensif (porc et volaille)

Pourquoi une telle corrélation ? ...

200 km



# La rhizosphère, lieu de forte densité de microorganismes

Les microorganismes y sont beaucoup plus nombreux que dans le reste du sol  
exsudats racinaires.

La plante peut transférer jusqu'à 25 % de ses sucres dans la rhizosphère  
il existe un étroit couplage entre l'activité microbienne rhizosphérique, les exsudats racinaires et la photosynthèse.

Microorganismes :

- bactéries (1 à 2 milliards dans l'équivalent d'un dé à coudre),
- champignons, (plusieurs centaines de milliers),
- cyanobactéries, (Aulne)
- Protozoaires

## Un mutualisme plante-microorganisme (symbiose ou coopération)

Les micro-organismes constitutifs de la rhizosphère sont impliqués dans divers mécanismes connus comme :

- la solubilisation d'éléments nutritifs facilitant leur absorption par la plante (phosphore);
- la synthèse de substances de croissance (analogue d'hormones) ;
- protection contre les pathogènes ;
- la fixation d'azote atmosphérique par des bactéries **Rhizobium** chez les Fabacées (mode de fixation symbiotique) ou la fixation libre par d'autres bactéries, comme le genre *Azotobacter*.

## Solubilisation du phosphore par la bactérie *Pseudomonas* et les mycorhizes

phosphore :

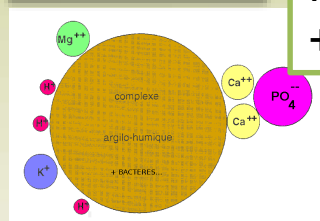
- seulement 10 % de la quantité totale contenue dans le sol est sous forme d'ions assimilables ( $\text{HPO}_4^{2-}$  et  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ) par les cultures.
- 90% restant sont des ions piégés liés étroitement à d'autres cations comme le calcium, le fer ou l'aluminium.
- racines : exsudation d'acides organiques + émission d'ions  $\text{H}^+$ , + émission de phosphatases -> peu efficace
- bactéries ***Pseudomonas* du sol.**

## Solubilisation du soufre par des bactéries activées par les Brassicacées!

- Soufre immobilisé dans le sol sous forme organique.
- Brassicacées (crucifères) par exemple le colza -> exsudats racinaires qui **stimulent la synthèse d'enzymes d'origine microbienne** impliquées dans la solubilisation du soufre.
- NB : Brassicacées riches en soufre -> odeur typique à la cuisson

# 122.3. Le sol est structuré en horizons, ce qui est détruit par le labour

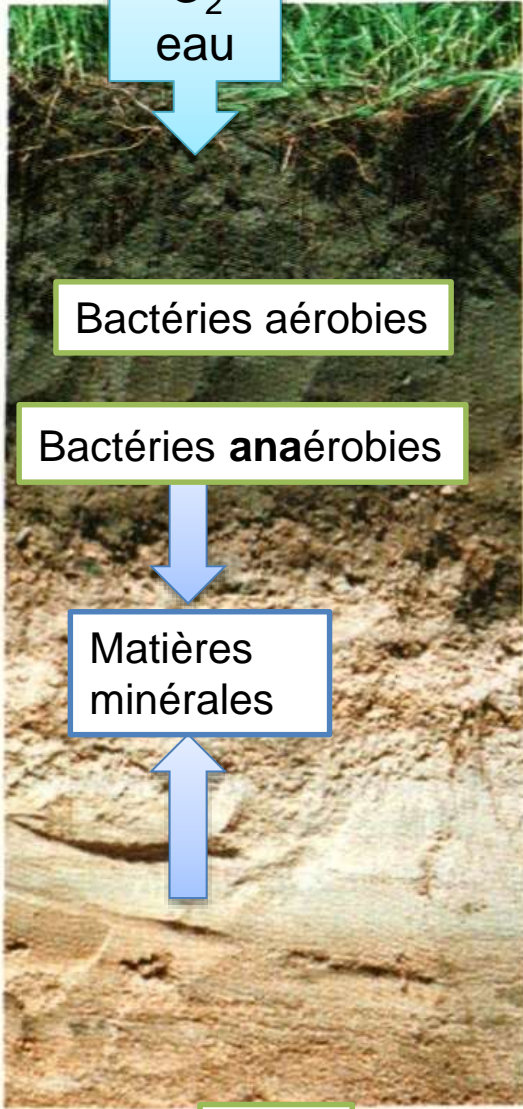
Complexe argilo-humique



Humus + Fraction minérale

Fraction minérale

O<sub>2</sub>  
eau



Bactéries aérobies

Bactéries anaérobies

Matières minérales

Campbell

O : Litière = débris de la couverture végétale + faune

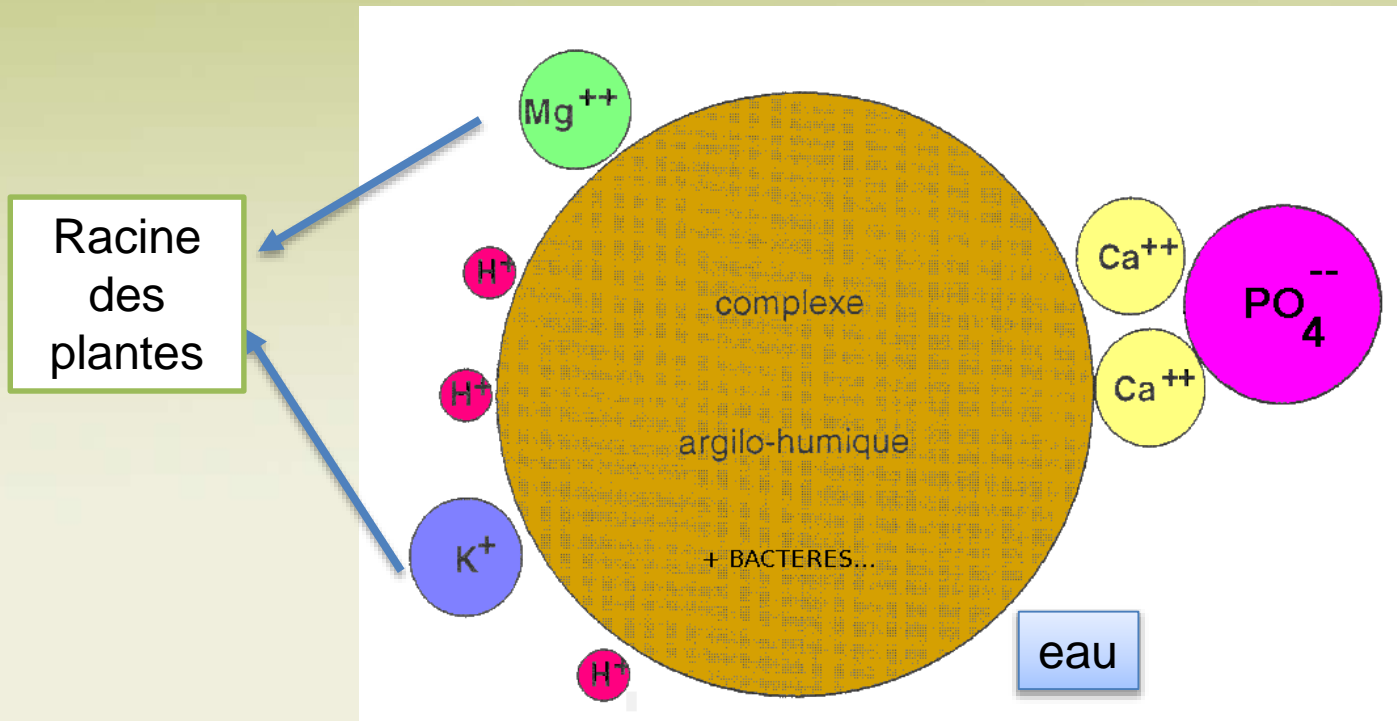
L'horizon A constitue la couche de surface du sol, un mélange de fragments de roches de différentes classes granulométriques, d'organismes vivants et de matières organiques en décomposition.

L'horizon B contient beaucoup moins de matières organiques que l'horizon A et est moins altéré par l'action des agents climatiques.

L'horizon C est composé principalement de roche partiellement altérée physiquement. Une partie de cette roche constitue la matière première des minéraux qui contribuent par la suite à la formation des couches supérieures du sol.

Sol de milieu tempéré

## Le sol contient des ions absorbés sur le complexe argilo-humique



L'humus a une durée de vie quelques années (3 à 5 ans)  
L'argile vient de l'hydrolyse des minéraux



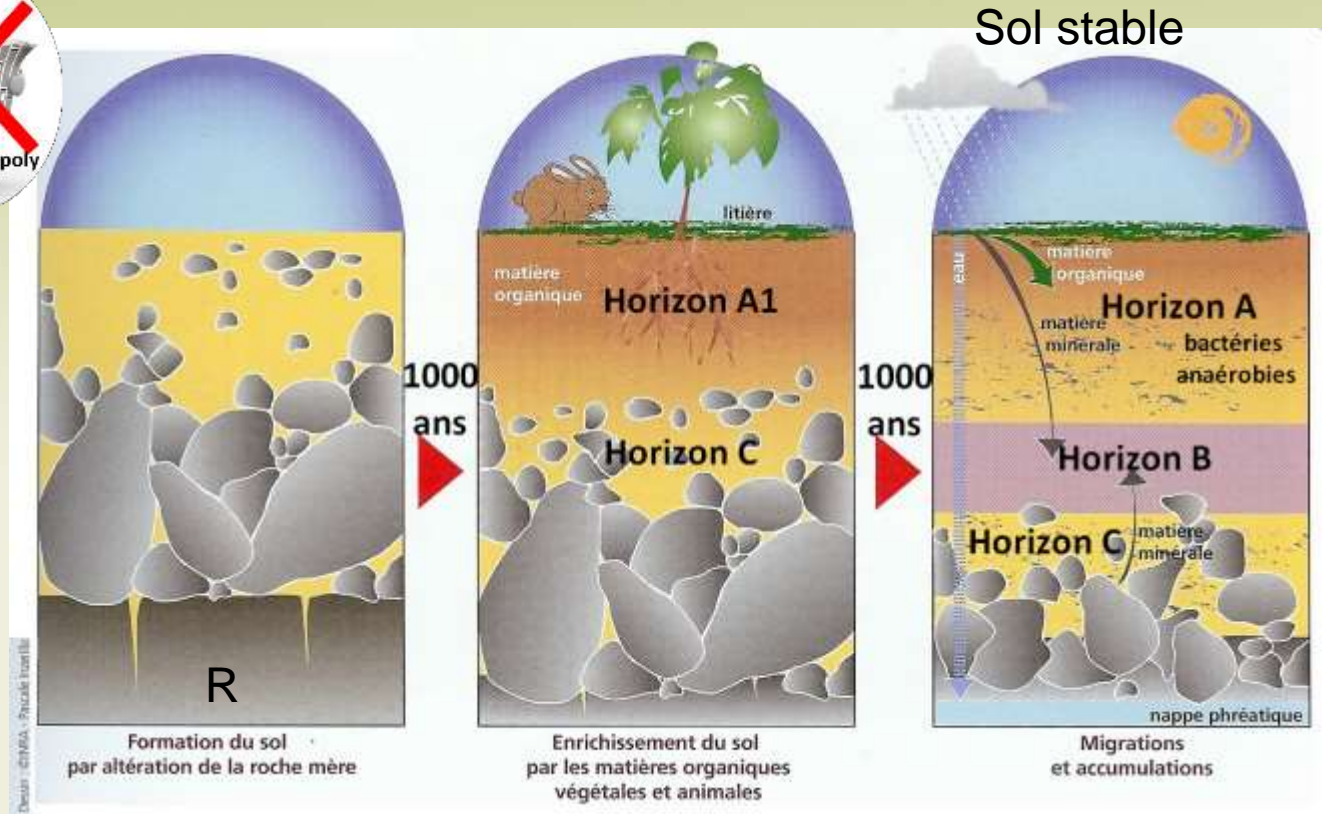
# Un sol prend plusieurs milliers d'années à se former



Pas dans le poly

BCPST1

Un sol apparait par altération d'une roche, essentiellement par hydrolyse de ses minéraux.



En climat tempéré, il faut environ 1000 ans pour former un horizon A<sub>1</sub>, plusieurs milliers d'années pour un horizon B et quelques heures à un homme pour détruire un sol.  
**Le sol est par conséquent une ressource non renouvelable à l'échelle de temps d'une vie humaine -> pb de l'érosion des sols**

## La dégradation des sols en agriculture conventionnelle

- 1) Une tendance à la diminution du contenu en **matière organique** des sols agricoles
- 2) **L'érosion** des sols
- 3) La diminution de la densité et de la diversité de certains **organismes** du sol suite à l'utilisation des pesticides et à la diminution de la teneur en matière organique.
- 4) chutes de rendements (riz), parfois liés à un **parasite** du sol (Pois)
- 5) Perte de **structure** du sol



<http://www.a2d.fr/>

Solution? Utiliser le sol simplement comme un « support de culture » et apporter les éléments nutritifs par engrais, les défenses par les pesticides



Problème de pollutions + coût des intrants + à long terme rareté du phosphore -> non durable

AGRICULTURES  
PRODUISONS  
AUTREMENT



## Problème : Des baisses de rendement de riz alors que la population croît

- Dans zones de cultures intensives, baisses importantes de rendements sans modification du mode de culture.
- Aux Philippines : 8 t/ha de riz en 1968 -> à 6 t/ha en 1990.
- Des baisses ont également été enregistrées dans d'autres zones d'Asie ou d'Afrique.
- Diagnostic : manque de matière organique dans le sol, terre pauvre en azote, en zinc, en soufre => plantes moins bien portantes -> plus sensibles aux attaques d'insectes.



## Les Techniques Culturelles Simplifiées

### Les techniques

- apporter de la matière organique (compost, lisier) plutôt que de l'engrais chimique
- éviter les labours ou bien labourer à faible profondeur,
- ne pas utiliser d'appareils lourds (tassements)
- éviter de laisser le sol à nu (culture d'« engrais verts »)
- Limiter les herbicides et pesticides (faux semis, lutte biologique, association de plantes, rotation des cultures)
- Garder ou réimplanter des haies

### Les résultats

- effet positif sur le développement des communautés d'invertébrés et de bactéries : un sol agricole pollué peut contenir 20 fois moins d'espèces bactériennes que le même sol non perturbé. les bactéries du sol sont par exemple 20 à 10 000 fois plus nombreuses dans un sol planté que dans un sol nu.
- augmenter les densités de vers de terre : Les sols pauvres en matière organique compteront bien moins de 100 vers de terre/m<sup>2</sup>, tandis que les sols riches en matière organique peuvent atteindre jusqu'à 1000 individus/m<sup>2</sup>. les sols labourés sont très pauvres en Lombrics.
- Auto structuration : qui s'exprime à différentes échelles, allant des films microbiens jusqu'aux macro-galeries des vers de terre.
- Les haies gardent la matière organique et limitent l'érosion
- En 2011, le semis direct ne représente que 4% des surfaces en blé tendre et blé dur, 1% pour l'orge et le tournesol, 0,5% en colza. (Source Agreste).



<http://www.cnrs.fr/>

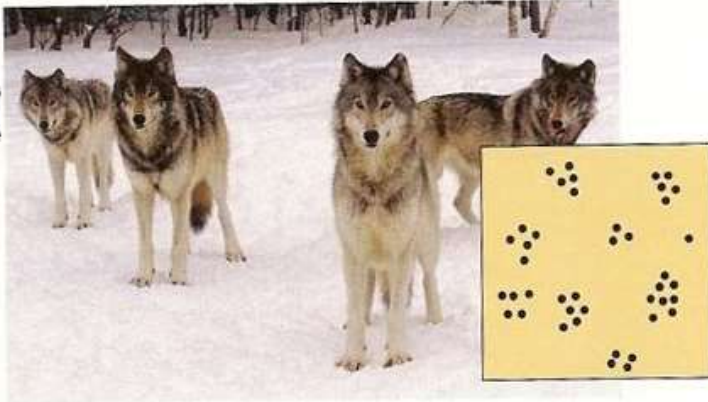
### 3. La rhizosphère

- a) est la zone de sol qui entoure les racines
- b) est un lieu de forte concentration de bactéries et champignons

### 4. Un sol

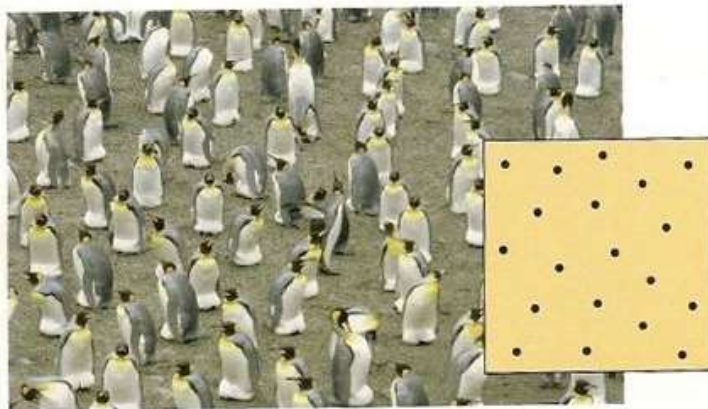
- a) se forme par altération chimique des roches du sous-sol, ce qui forme notamment les argiles du sol et les ions libres
- b) prend un siècle pour se former en milieu tempéré
- c) contient des fragments de roche altérée, de l'humus et des argiles, des bactéries et des champignons
- d) peut être dégradé par l'érosion due au ruissellement

## 12.3. Les communautés sont réparties de façon hétérogène dans le biotope



(a) **Dispersion en agrégats.** Chez de nombreux Animaux, comme ces loups, la vie en groupe permet d'augmenter l'efficacité de la chasse, de répartir les tâches relatives à la protection et au soin des petits, et de faciliter l'exclusion des individus indésirables.

Meutes, colonies



(b) **Dispersion uniforme.** Les Oiseaux qui nichent sur de petites îles, comme ces manchots royaux (*Aptenodytes patagonica*) photographiés sur l'île de la Géorgie du Sud, près de l'Antarctique, présentent souvent une dispersion uniforme maintenue par des interactions agressives entre voisins.

Souvent à cause de la territorialité



(c) **Dispersion aléatoire.** Transportées par le vent, les graines de pissenlits se posent au hasard avant de germer.

Aucune attirance ou répulsion entre les individus

# Solution

## 1. Dispersion en agrégats :

- troupeau de vaches au repos,
- colonies de fourmis
- tapis de Renoncule âcre, Chardon des champs (*Cirsium arvense*) et Rumex par multiplication végétative (rhizome) (mais ils se reproduisent aussi par des fruits)

## 2. Dispersion uniforme

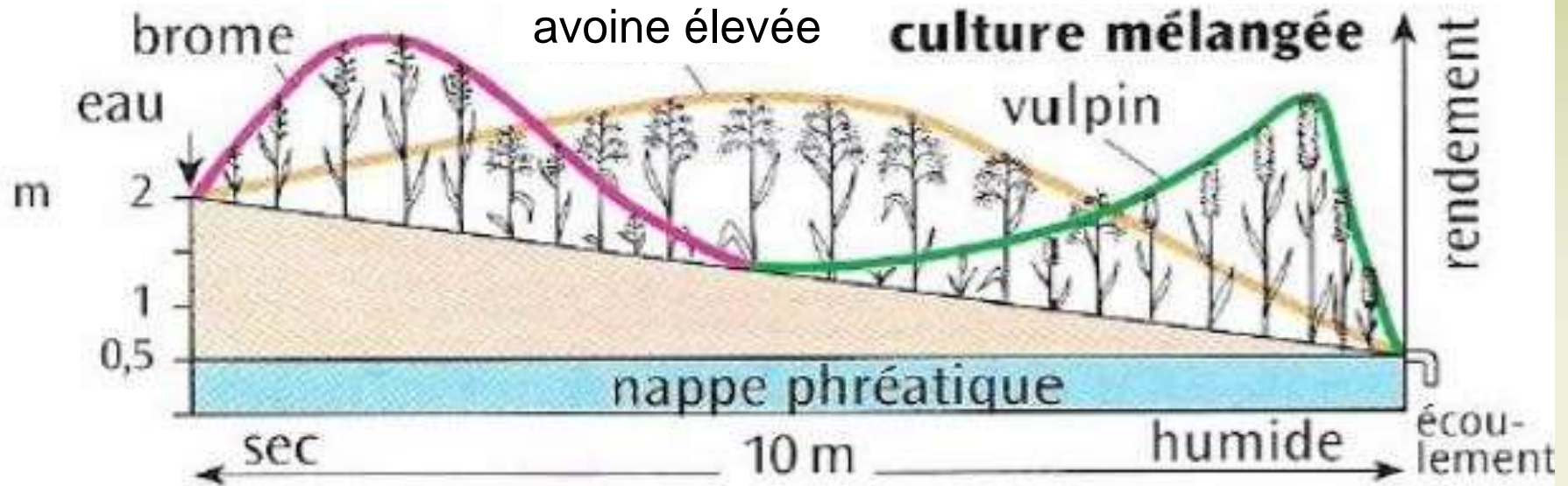
- Buses dans les prairies (territorialité)
- Campagnol des champs (*Microtus arvalis*) (territorialité du couple à la belle saison)

## 3. Dispersion aléatoire :

- pissenlit (akènes emportés par le vent)
- Graminées et Fabacées dans une prairie jeune et homogène (eau, exposition, sol, etc)
- Vaches hors période de repos, sans stimulus



Les Graminées sont réparties de façon hétérogène dans un biotope polarisé



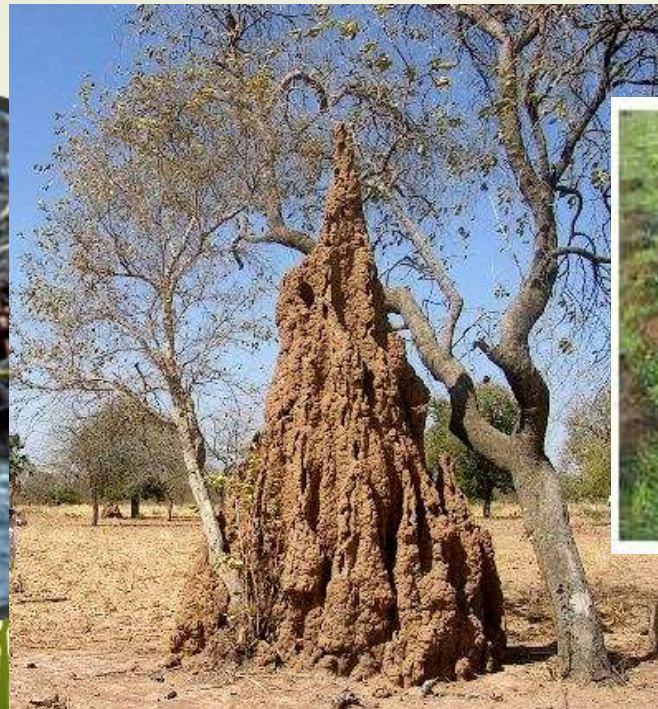


## 12.4. Certaines espèces dites « architectes » ou « ingénieur » façonnent le biotope

Espèce « ingénieur » ou « architecte » provoque des modifications du biotope

Connaissez-vous des espèces « ingénieur » ?

Une espèce ingénieur dont les effets sont très importants est appelée espèce clé de voûte (castor, termites)



En quoi la vache est une espèce architecte/ingénieur de la prairie pâturée?

### EFFET TROPHIQUE

pour d'autres:

Produit 12 bouses par jour -> développement d'insectes coprophages + utilisation comme « abri » par des nématodes, papillons, escargot -> attire leurs prédateurs (oiseaux, blaireaux)

### EFFET MECANIQUE :

Piétine le sol -> enfouit et déplace des graines et fruits + enrachine le trèfle

Détermine la forme des arbres et arbustes (haies)

Par broutage différentiel, favorise certaines plantes (ex: renoncule pas mangée)

Détermine la hauteur des herbacées comestibles

# 1.3. L'agrosystème est un exemple d'écosystème anthropisé

- Un **agrosystème (agroécosystème)** est un écosystème, construit ou modifié par l'Homme, afin de privilégier le développement d'une seule plante, ou d'un seul animal ; il est idéalement **monospécifique**.



- Un agrosystème est **destiné à fournir des produits**, en premier lieu des aliments végétaux et animaux mais aussi des matières premières (coton, bois...) ou des ressources énergétiques (agrocarburants ou biocarburants).

# Caractéristiques d'un agrosystème

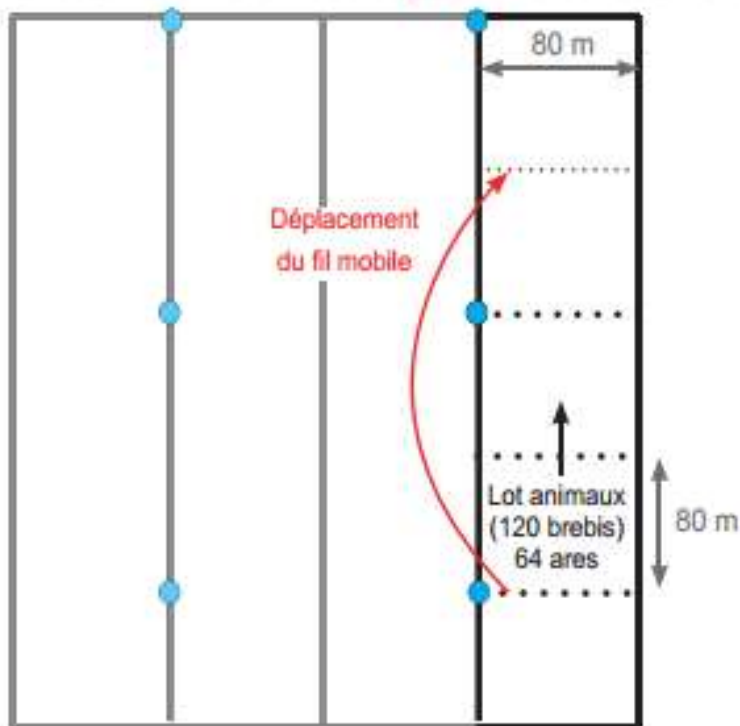


1- Il ne suit pas une évolution naturelle. Un Agrosystème est contrôlé en permanence par l'homme. Ce sont des écosystèmes totalement artificiels.

L'éleveur contrôle le moment où il met ses vaches à l'herbe, la rotation entre les parcelles, il peut limiter l'espace broutable par des barrières, etc. Il peut fertiliser la prairie avec des engrais, la retourner et la semer.

## Exemple du techno-pâturage

### Une subdivision de la parcelle en couloirs de pâturage



- Points d'abreuvement
- Clôtures fixes
- ..... Clôtures mobiles



Pâturage de noyeraies en techno-pâturage (exploitation Patrick Aussel - Marçillac St Quentin)

# Caractéristiques d'un agrosystème

2- Le temps de renouvellement de la biomasse est extrêmement court (**écosystème très productif**)

L'homme choisit des espèces productives (**sélection** artificielle) :

- Herbe au développement rapide (*Ray Grass = Ivraie = Lolium*)
- Bovin à viande au développement rapide (*Charolaise, Blanc-Bleu, Rouge des Prés, etc.*). Un veau charolais prend 1 100 g par jour dans les 120 premiers jours!
- ou à la forte production laitière (*Prim'Holstein* 9100L en moyenne par saison; moy 45L/j!)

NB : **cela conduit aussi à sélectionner des mutations non désirées**, qui peuvent être neutres (couleur des charolaises, ou délétères à l'état naturel mais compensé par l'homme (culard + césarienne), ou délétères (immunité).



Ray Grass



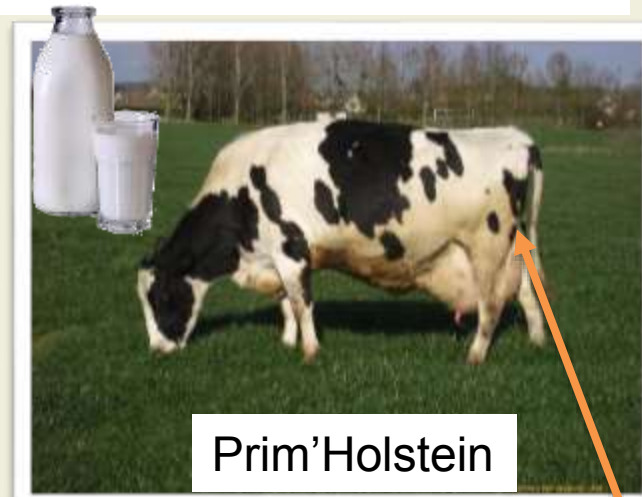
Charolaise

Mutation synthèse de mélanine



Blanc-bleu

culard



Prim'Holstein

Mutation du système immunitaire (mort des veaux avant 1 an) identifiée en 1992 et éradiquée

## Caractéristiques d'un agrosystème

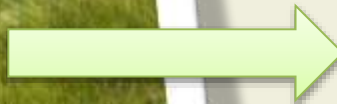
3- La majeure partie de la biomasse d'un agrosystème est exportée sous forme d'une récolte végétale, ou de biomasse animale, ce qui pose un **problème de durabilité**. Seuls les écosystèmes fermés sont durables, par conservation de la matière.



Exportation de viande  
(troupeau allaitant)



Exportation de lait  
(troupeau laitier)



Exportation d'herbe  
(foin)



5. La vache peut être qualifiée d'espèce architecte car

- a) elle broute les herbacées et contrôle donc leur croissance
- b) elle broute les jeunes feuilles des arbres et arbustes et contrôle donc leur croissance
- c) elle choisit les espèces broutées, et induit donc une croissance différentielle

6. un agrosystème est

- a) un écosystème où ne se développe qu'une seule espèce
- b) un écosystème ouvert, où l'essentiel de la biomasse produite quitte l'écosystème



# A RETENIR

Un **écosystème** est un ensemble dynamique d'organismes vivants qui interagissent entre eux [la biocénose] et avec le milieu dans lequel ils vivent [biotope].

La pâture des bovins est un écosystème sous contrôle humain, nommé **agrosystème**.

L'écosystème est **structuré spatialement et verticalement** :

- Il présente des strates, dont le sol et ses populations de microbes (bactéries et champignons)
- Les espèces présentent une **distribution spatiale** particulière
- Il peut contenir une **espèce architecte ou ingénieur**, comme ici la vache qui détermine la taille et la forme des espèces comestibles.

Un agrosystème diffère d'un écosystème naturel, car c'est un système sous contrôle humain, très **productif**, mais dont la production est majoritairement **exportée**. Fondamentalement, un agrosystème n'est **pas durable**.



## **2. LES RELATIONS INTERSPÉCIFIQUES AFFECTENT LE FONCTIONNEMENT DES ORGANISMES ET LA STRUCTURE DES POPULATIONS**

### **2.1. Il existe 6 types de relations trophiques interspécifiques**

**21.1. Les relations trophiques interspécifiques peuvent être positives, neutres, ou négatives pour chaque partenaire\*\*\***

## 211.1. Le mutualisme est positif pour les deux partenaires

**Mutualisme** : phénomène d'association bénéfique entre deux espèces vivantes. Celle-ci peut-être facultative (**coopération**), ou être une association intime qui dure pendant toute la vie des partenaires, auquel cas on la dénomme **symbiose**.

*dans la prairie pâturée :*

**Symbiose :**

- les micro-organismes du rumen et la vache;
- les mycorhizes et les plantes;
- Rhizobium et nodosités des Fabacées

Voir cours diversité



**Coopération :**

- les vaches s'abritent sous l'arbre et leurs bouses et urines le nourrissent;
- Syntrophie entre des micro-organismes du rumen
- Insectes pollinisateurs et fleurs à nectar et pollen;
- animaux frugivores et fruits disséminés

Voir cours reproduction



# 1) Symbiose entre la vache et les micro-organismes du rumen



**TABLEAU 11.8** APPORTS DES PARTENAIRES DE LA SYMBIOSE DE LA PANSE DES RUMINANTS.

Apports du ruminant	Échanges	Apports des micro-organismes
Milieu constant, anoxique et réducteur T = 40 °C pH = 6,5	protection ----->	
Brassage du contenu de la panse	Nutrition ----->	
Macromolécules glucidiques (amidon, cellulose, hémicellulose, pectine)	----->	Microbrassage
<i>Odeur d'étable</i> ← AGV	←-----	Digestion de la cellulose, hémicellulose, pectine par les enzymes des micro-organismes ; formation d'acides gras volatils (AGV) par fermentations
Molécules azotées (protéines végétales, urée)	----->	Digestion libérant NH <sub>3</sub> ; synthèse de protéines des micro-organismes et de vitamines
NH <sub>3</sub> , vitamines, protéines	←-----	
Eau	----->	

- Bénéfique mutuel
- Le léchage par la mère transmet les microorganismes au veau
- Association intime (panse) et durable (toute la vie)
- Obligatoire (la vache n'a pas de cellulase, les archéobactéries méthanogènes ont besoin d'un milieu réducteur)

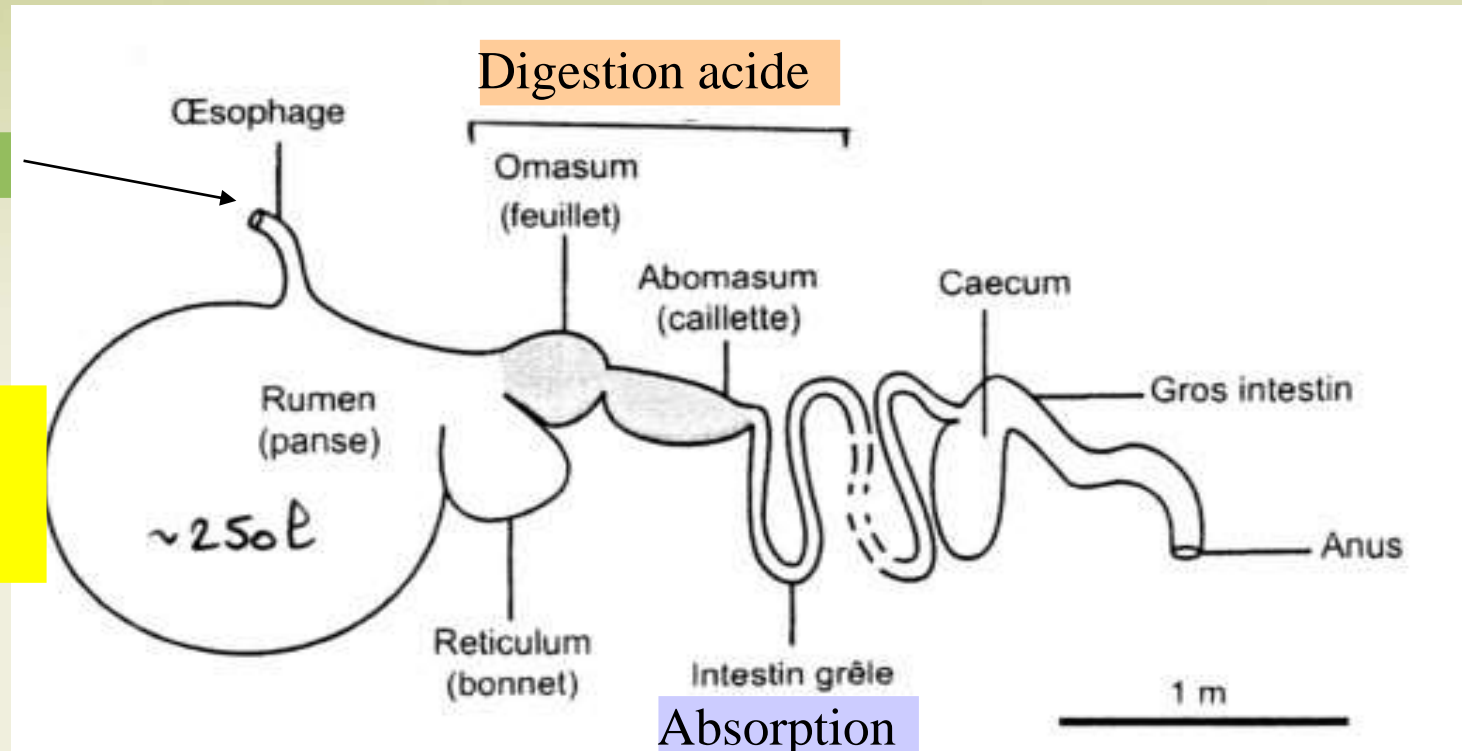


# La vache ne peut pas se nourrir d'herbe!

• Herbivores pas de cellulase ni enzymes pour lignine

Végétaux

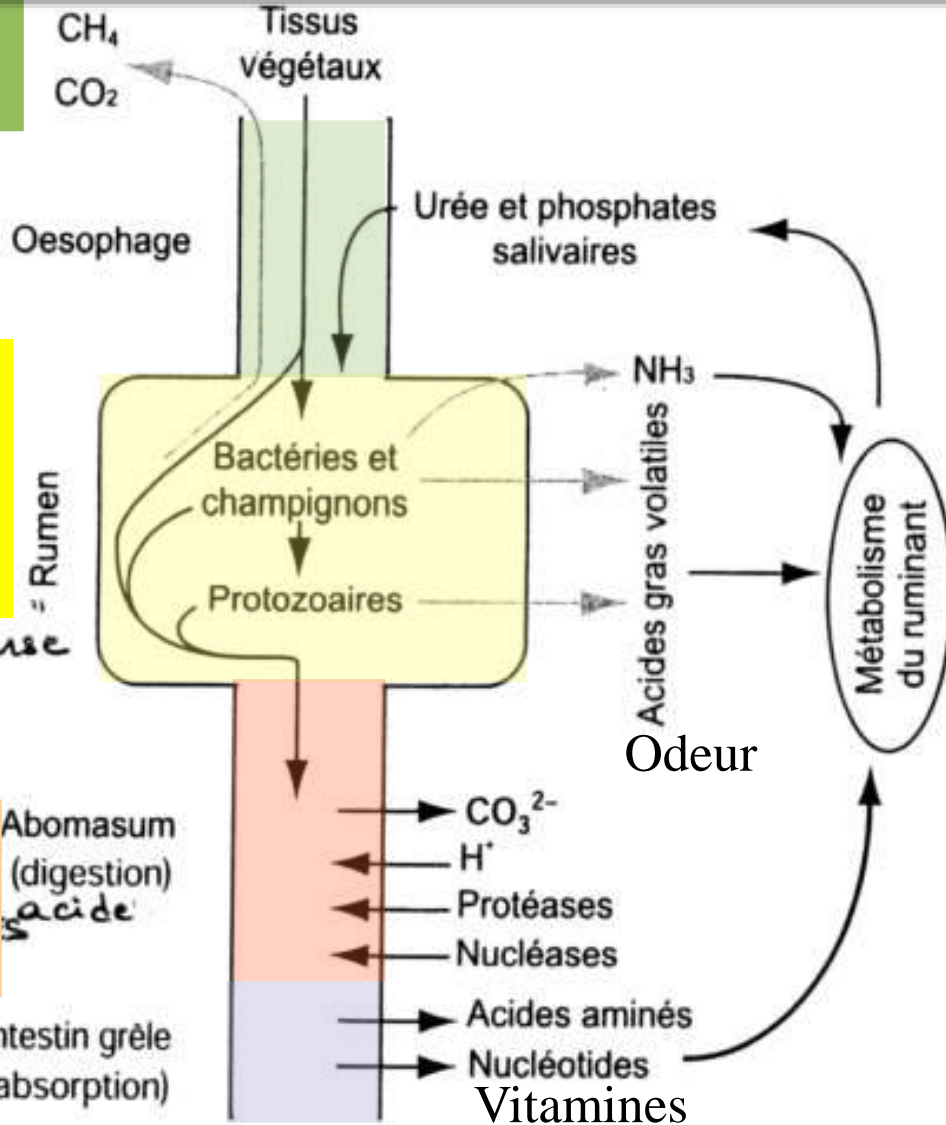
Fermentations et méthanogénèse par microorganismes



- Panse = rumen = 8 à 10% masse corporelle, 2kg microorganismes
- Rumen: milieu anoxique, très réducteur (-350mV),
- Champignons « inférieurs » Chytridiomycètes  $10^{11}/\text{mL}$
- bactéries  $10^6/\text{mL}$
- protozoaires (hébergeant des bactéries)

# La vache « cultivée » des micro-organismes

1. Mastication ruminantion



2. Digestion des débris végétaux par les microorganismes

3. Digestion des microorganismes

4. absorption

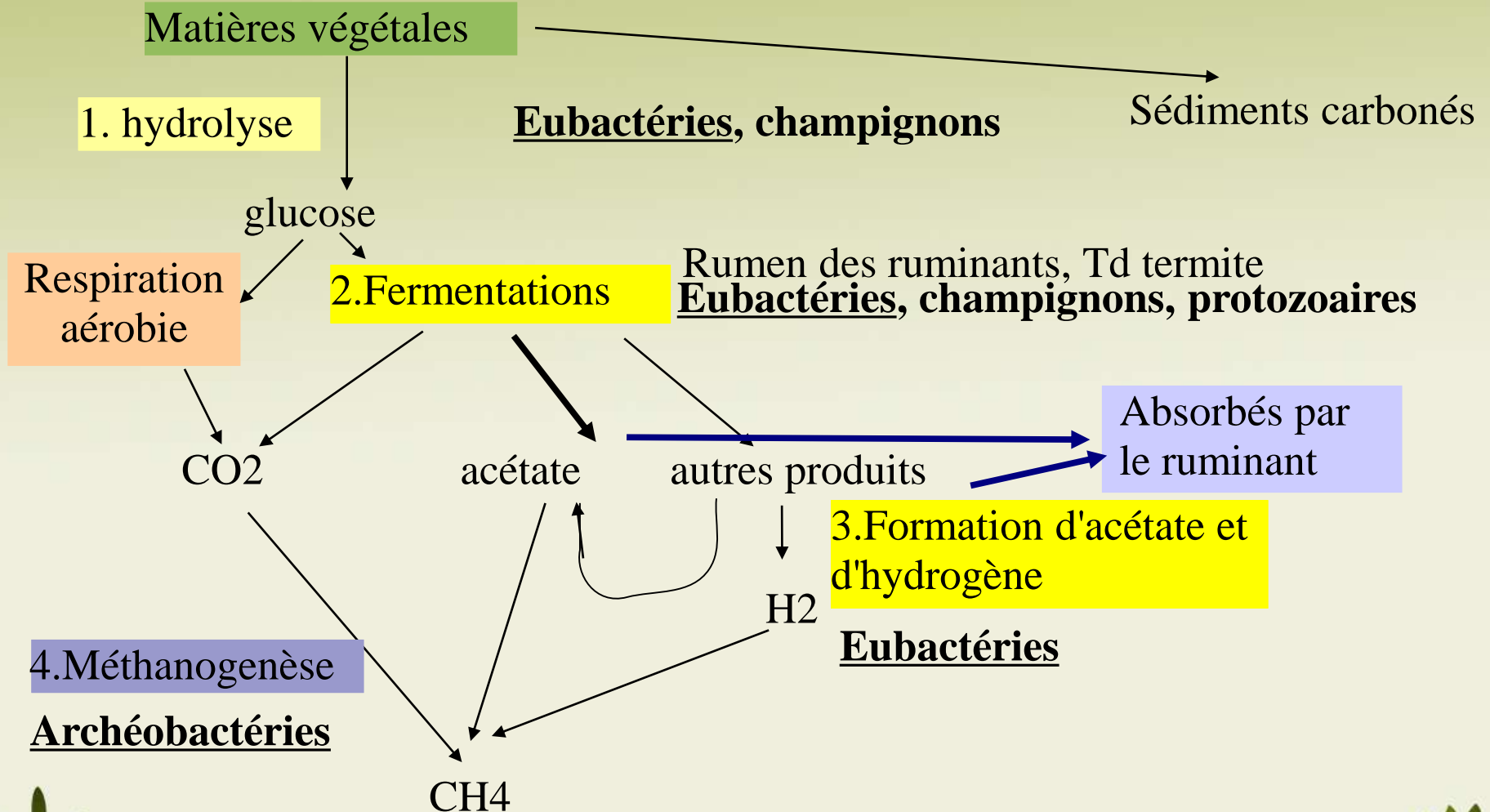
a. Cellulose et hémicellulose attaquée par champignons (cellulases)  
b. les sucres libérés sont fermentés en acides organiques (acétates et autres) par les microorganismes  
c. l'animal absorbe une grande partie de ces acides  
1. reste dans TD CO<sub>2</sub>,  
2, formiate ---> éthanol  
pas de chéobactéries

FONCTIONNEMENT DU RUMEN\* ET ÉCHANGE AVEC LE RUMINANT.

Selosse « la symbiose »

Rendement vache dépend μorg

# Microorganismes et décomposition

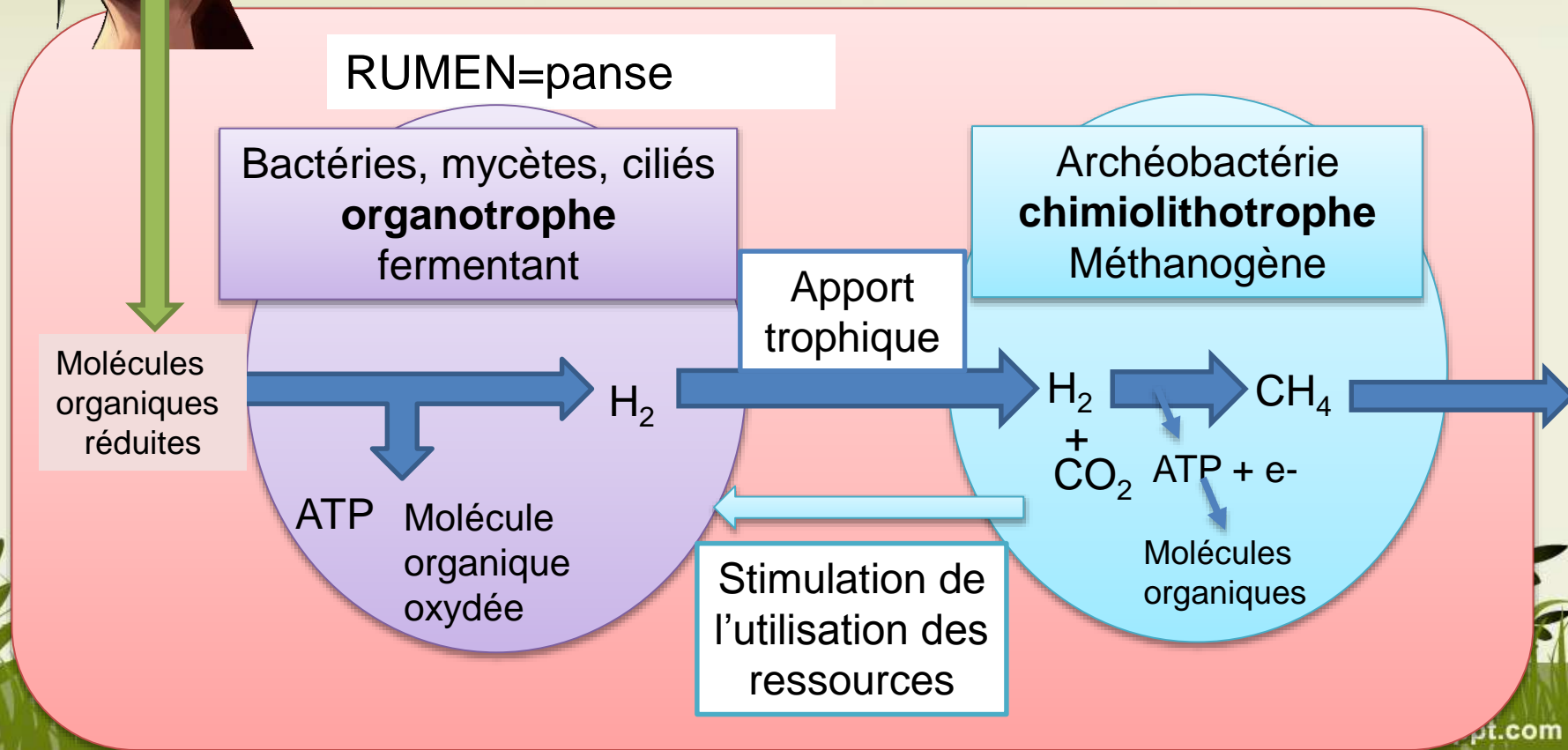


- Méthane est éliminé (gaz) -> réduction du volumes des gaz entre  $\text{CO}_2 + \text{H}_2$  et  $\text{CH}_4$  (ventres gonflés de ruminants)
- En association avec eubactéries anaérobies qui produisent  $\text{H}_2$  et  $\text{CO}_2$  ou acide acétique -> élimination  $\text{H}_2$  favorise leur fermentation

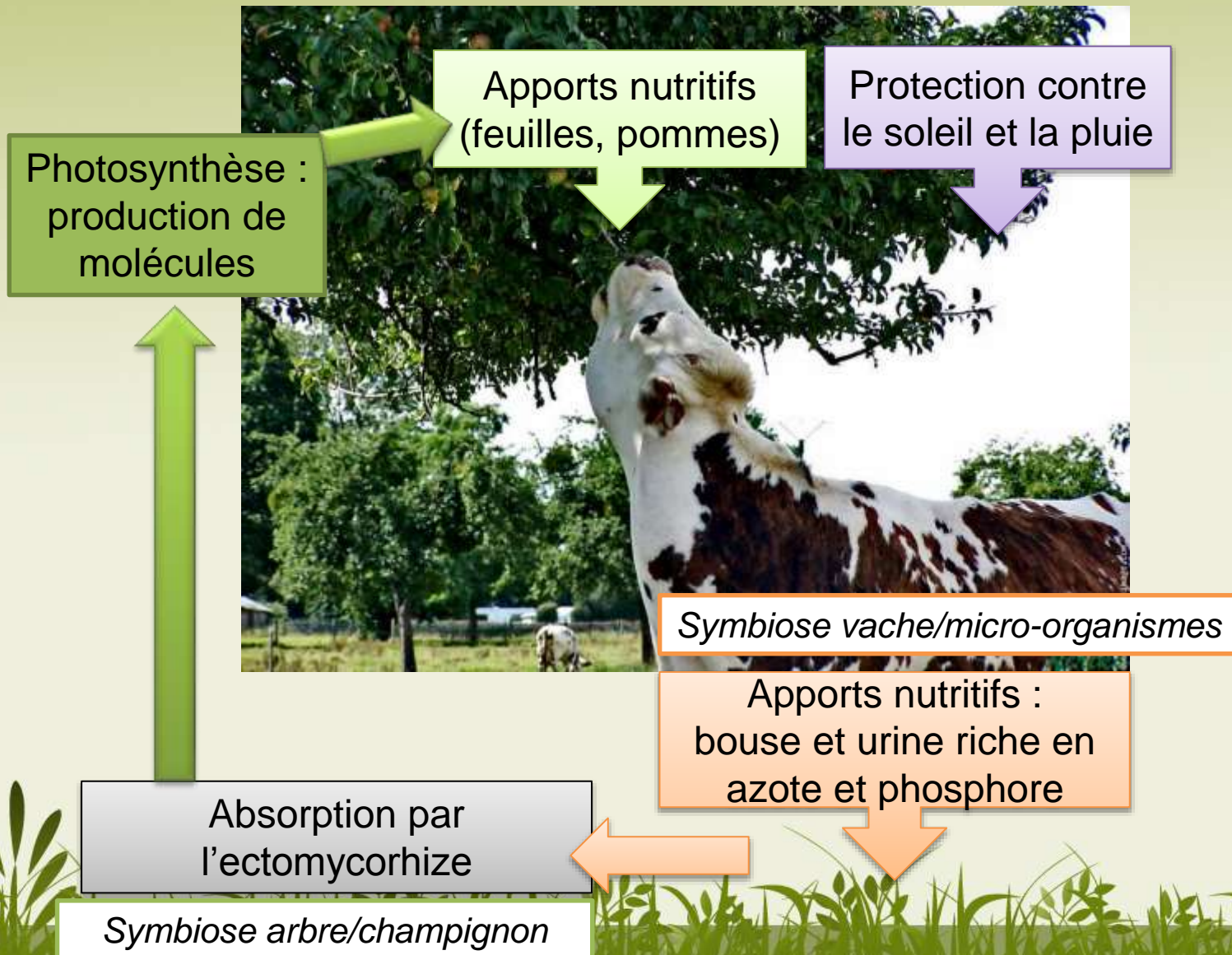
## 2) Un cas particulier de **coopération**, la syntrophie



Relation à bénéfice mutuel, dans laquelle un des partenaires **se nourrit des déchets métaboliques de l'autre**.



### 3) **Coopération vache/arbre**







**iDEE  
FORTE**

# A RETENIR

Les relations symbiotiques sont généralement spécifiques.

**Les symbioses entre un pluricellulaires et des bactéries sont très spécifiques** (Par exemple, une seule espèce de Rhizobium colonise une seule espèce de Fabacée), **mais celles avec les mycètes le sont moins.** Les symbioses mycorhiziennes sont moins spécifiques, surtout pour les endomycorhizes des herbacées de la prairie pâturée (une centaines de champignons peut s'associer avec une plante, et réciproquement).

Les coopérations sont généralement peu spécifiques,  
sauf pour la syntrophie  
et certains couples d'insectes et de leurs pollinisateurs.

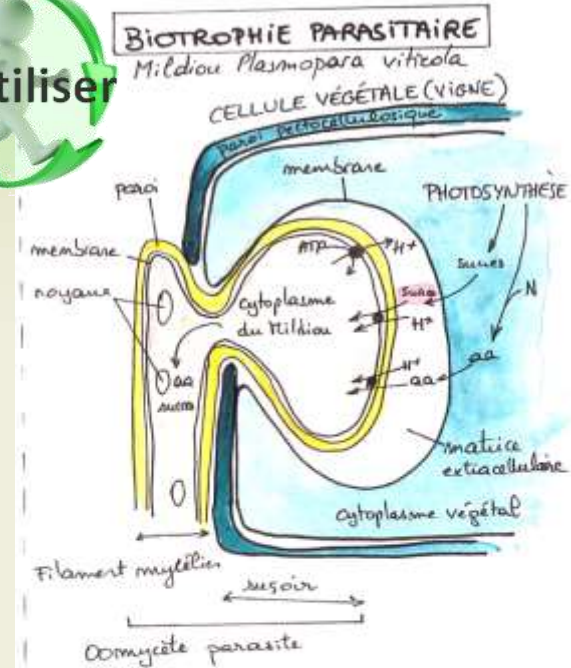
D'où vient la spécificité de  
certaines relations?  
**(A SUIVRE)**



## 211.2. Le parasitisme est positif pour le parasite et négatif pour l'hôte

**Parasitisme** : relation entre deux vivants dont l'un vit aux dépens, et rend malade ou moins fertile un autre vivant

La luzerne et le trèfle sont parasités par un mildiou -> **Réutiliser absorbotrophie**



Flux unidirectionnel  
de molécules organiques  
et minérales

Ne profite qu'à l'oomycète  
= PARASITISME

OOMYCÈTES

La relation entre un parasite et son hôte est spécifique.



Notez que ce sont pas les mêmes genres!

mildiou de la luzerne ou du trèfle (*Peronospora trifoliorum*)



mildiou de la vigne (*Plasmopara viticola*),  
originaire d'Amérique, en France dès 1878 a détruit l'ensemble du vignoble et nécessité l'importation de porte-greffes américains.



mildiou de la pomme de terre (*Phytophthora infestans*),  
originaire d'Amérique, responsable dans les années 1840 de la famine de la pomme de terre en Europe et donc de l'émigration irlandaise vers les USA.





# Particularités du parasitisme

## L'association parasite/hôte est **très spécifique**

- L'interaction hôte/parasite est **durable**
  - L'interaction est **intime**, soit à l'intérieur de l'hôte (endoparasite, comme le Mildiou), soit à sa surface (ectoparasite, comme les nématodes du sol).
  - **L'hôte est à la fois une source de nourriture et un milieu de vie.**
  - La parasite **ne tue pas l'hôte** ou pas immédiatement, contrairement au prédateur
- L'hôte parasité voit son métabolisme, son expression génétique, voire son comportement modifié.
  - La viabilité et la fertilité de l'hôte est souvent réduite.
- Le parasite a une **forte production d'éléments reproducteurs** (les spores chez le Mildiou), ce qui compense la faible probabilité de rencontre d'un nouvel hôte (les stomates d'une autre feuille). Chez les parasites de la vache, il y a des hôtes intermédiaires (dits hôte vecteur) et une **prolificité** à chaque étape du cycle de vie du parasite.

## 211.3. La prédation et la phytophagie sont positifs pour le prédateur ou le phytophage et négatif pour la proie ou le végétal

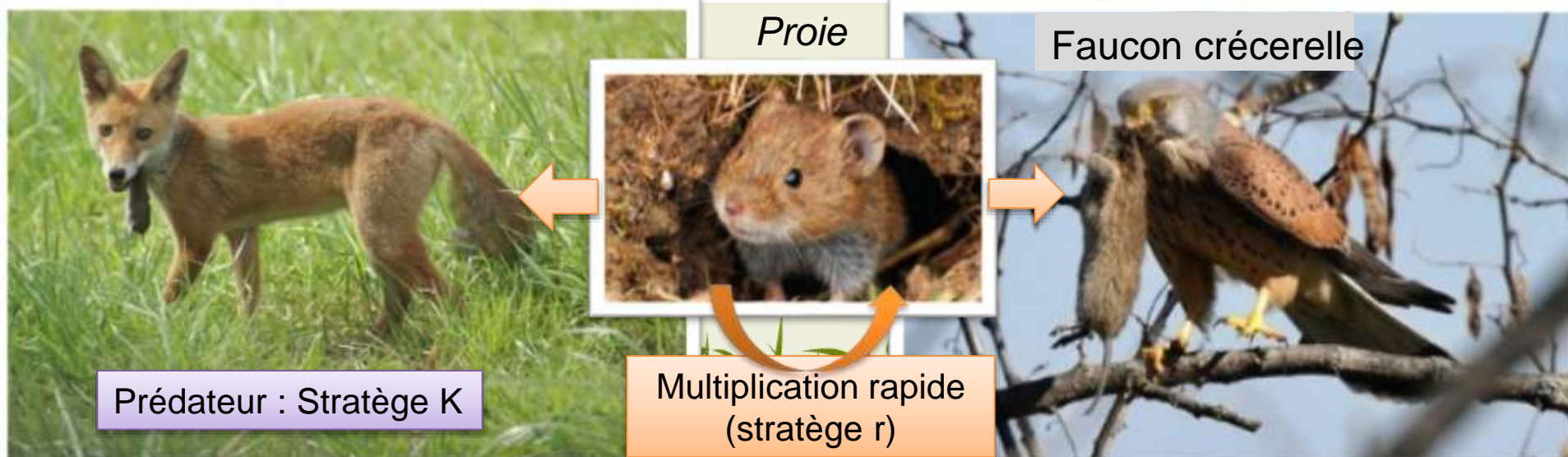
La **prédation** : le prédateur tue une autre espèce, sa proie, qu'il mange.  
Au sens large, inclut la **phytophagie** (nutrition à partir de végétaux vivants), voire le parasitisme.

*NB: le programme définit la prédation au sens strict.*

### 1) Prédation

Exemple dans les prairies : renard, fouine, belette, hermine, rapaces qui mangent des campagnols des champs (*Microtus arvalis*).

(Les campagnols sont des phytophages qui détruisent les racines de Fabacées)





Il y a des nombreuses similarités entre la symbiose et le parasitisme!

Symbiose	Parasitisme
Interaction durable et intime	
Interaction très spécifique :	
très spécifique pour les associations avec des bactéries, <b>moins spécifiques pour les mycètes</b>	Interaction très spécifique
Un des partenaires offre à la fois l'abri et des éléments nutritifs	
Chaque partenaire a un effet sur le phénotype et l'expression génétique de l'autre	
Effet <b>positif</b> sur la viabilité et la reproduction du partenaire (fitness)	Effet <b>néгатif</b> sur la viabilité et la reproduction du partenaire (fitness)
Propagation souvent <b>simultanée</b> des deux partenaires	Reproduction <b>prolifique</b> mais difficulté de rencontre avec un nouvel hôte

# Les relations peuvent évoluer au cours du temps : un modèle



Coopération transitoire

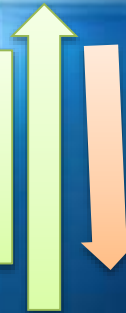


Coopération durable et plus intime



Symbiose

Disparition de la nuisance



Augmentation de « l'agressivité » d'un partenaire



Parasitisme

## Arguments :

- Les mycètes des lichens peuvent se comporter en parasite.
- Beaucoup de parasites perdent de leur virulence avec le temps d'interaction avec le même hôte (virus)

## 2) Phytophagie



### En surface

- Vache
- -> herbes (Poacées et Fabacées) et feuilles des arbres et arbustes



### Dans le sol

- Campagnols des champs
- -> racines des Fabacées





# Particularités de la phytophagie



Le phytophage généralement **ne tue pas le végétal** en en prélevant une partie.

On dit que le végétal est **tolérant** à la phytophagie.  
(il existe des exceptions : les ovins arrachent l'herbe)

- Faible apport nutritif des végétaux -> nécessité d'ingurgiter de grandes quantité -> beaucoup de temps pour prélever la biomasse végétale  
-> **risque de prédation**  
-> avantage de la rumination! (une vache passe moins de temps « à découvert » qu'un cheval)
- **La relation est peu spécifique** : une vache mange toutes les Poacées et Fabacées de la prairie, mais elle évite certaines plantes comme les renoncules, ou les chardons.  
-> **effet sur la composition floristique** de la prairie

## 211.4. Il existe des formes intermédiaires de relations trophiques



Espèce X		nuisible	neutre	bénéfique	
Espèce Y	nuisible	Compétition symétrique	Amensalisme	Prédation / Phytophagie Parasitisme	Facilitation
	neutre		Neutralisme	Commensalisme	
	bénéfique	Cherchez des exemples		Mutualisme : Symbiose ou coopération	

La **prédation** : le prédateur tue une autre espèce, sa proie. Au sens large, inclut la phytophagie.

La **compétition** : deux espèces se disputent des ressources essentielles à leur survie et leur reproduction. Cela peut aboutir à l'**exclusion compétitive**.

L'**amensalisme** est une interaction interspécifique dans laquelle une espèce inhibe le développement de l'autre, sans en retirer le moindre avantage.

**Parasitisme** : relation entre deux vivants dont l'un vit aux dépens, et rend malade ou moins fertile un autre vivant


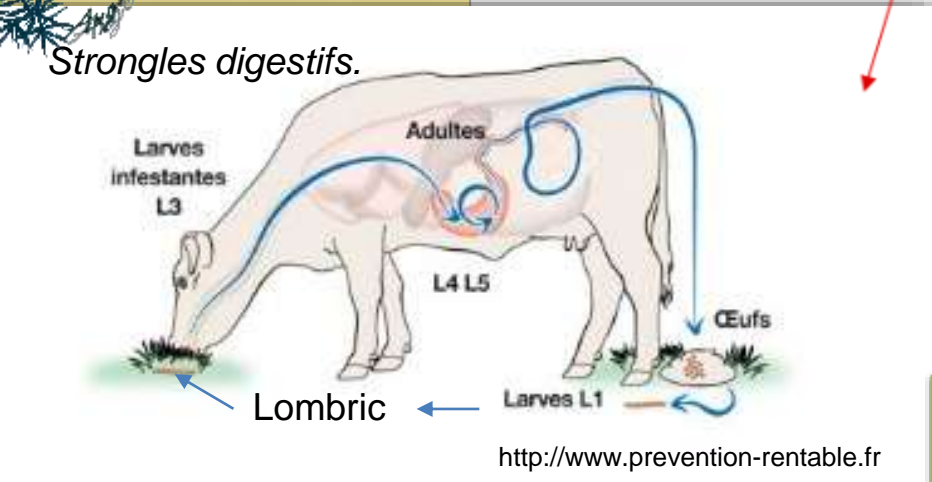
**Commensalisme** : association de deux vivants dont l'un profite de la nourriture ou de l'abri d'un autre vivant sans lui nuire ni le déranger.

**Mutualisme** : phénomène d'association bénéfique entre deux espèces vivantes. Celle-ci peut-être facultative (**coopération**), ou obligatoire, auquel cas on la dénomme **symbiose**.

**Facilitation** : une espèce favorise la survie et la reproduction d'une autre, **sans relation directe** entre eux. C'est courant chez les Végétaux, qui peuvent modifier le milieu, en favorisant l'implantation d'autres végétaux.

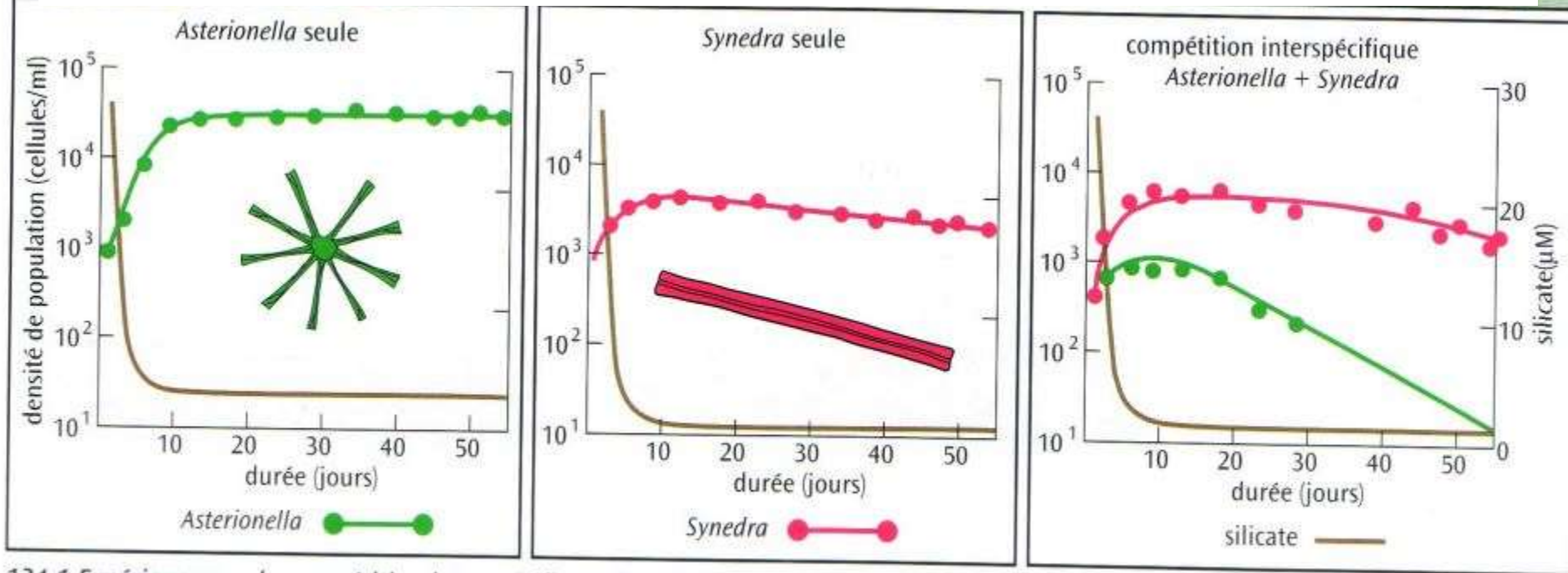
# Exemples des relations interspécifiques dans une prairie pâturée\*



	nuisible	neutre	bénéfique
nuisible	<p><b>Compétition symétrique :</b> Les Poacées sont en compétition entre elles pour la lumière, l'eau et les ions (ex: Ray Grass = Ivraie et Fétuque)</p>	<p><b>Amensalisme :</b> un arbre de la prairie inhibe par son ombre la pousse des graminées</p>	<p><b>Prédation :</b> une buse (stratège K) mange un mulot (stratège r)  <b>Phytophagie :</b> la vache broute l'herbe  <b>Parasitisme :</b> le Mildiou du trèfle et de la luzerne, Douve du Foie ou strongles digestifs et pulmonaires (nématodes) pour la vache  <b>Allélopathie :</b> la luzerne inhibe le développement du Rumex</p>
neutre		<p><b>Neutralisme :</b> la buse et la vache</p>	<p><b>Commensalisme :</b> le bousier se nourrit des bouses</p>
bénéfique		 <p><i>Strongles digestifs.</i></p> <p><a href="http://www.prevention-rentable.fr">http://www.prevention-rentable.fr</a></p>	<p><b>Mutualisme :</b>  <b>Symbiose :</b> les micro-organismes du rumen de la vache; les mycorhizes des plantes; nodosités des Fabacées  <b>Coopération :</b> les vaches s'abritent sous l'arbre et leurs bouses et urines le nourrissent; insecte et fleurs; animaux et fruits</p> <p><b>Facilitation:</b> les Fabacées facilitent le développement des autres plantes (N)</p>

## 21.2. On peut identifier le type de relation trophique qui lie deux espèces

Culture de Diatomées et mesure de la teneur en silice

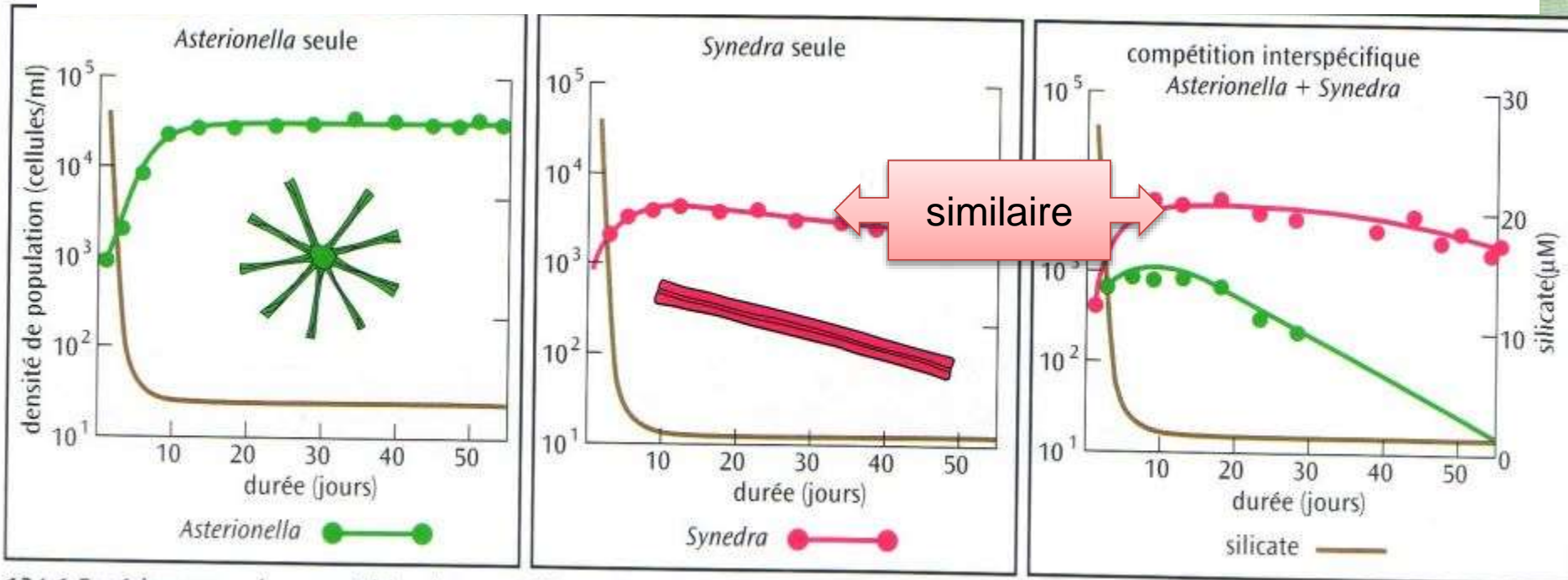


124.1 Expériences sur la compétition interspécifique chez les diatomées. A Asterionella; B Synedra

Identifiez la nature de la relation interspécifique de ces deux diatomées

# Solution

## Culture de Diatomées et mesure de la teneur en silice



124.1 Expériences sur la compétition interspécifique chez les diatomées. A Asterionella ; B Synedra

En coculture, neutre pour Synédra;  
négative pour Asterionella  
= amensalisme  
Il y a même exclusion

Espèce X		nuisible	neutre	bénéfique	
	nuisible	Compétition symétrique	Amensalisme	Prédation / Phytophagie Parasitisme	Facilitation
Espèce Y	neutre		Neutralisme	Commensalisme	
	bénéfique	Cherchez des exemples		Mutualisme : Symbiose ou coopération	

## 21.3. L'effet sur la valeur sélective (fitness) est un élément important pour définir le type de relation trophique

213.1. Dans le mutualisme, les partenaires augmentent leurs valeurs sélectives respectives

Ex dans une symbiose :

- Fétuque élevée (*Festuca arundinacea*) européenne, envahissante aux USA
- Héberge un champignon endophyte *Acremonium* = qui réalise l'essentiel de son cycle dans la plante, dans les espaces intercellulaires, sans dommages
- **Le champignon augmente la résistance au stress hydrique... et aux herbivores!**
- Mycotoxines -> Intoxication du bétail, parfois mortelle
- -> augmente sa valeur sélective
- Association rare en Europe mais très fréquente aux USA-> envahissante -> favorise aussi le champignon



## Ex dans une coopération :

- Insecte pollinisateur / Fabacée
- Insecte = relation trophique (nectar <- nectaires ; pollen)
- Fabacée : apporte la mobilité du pollen -> fécondation croisée -> limite l'homozygotie -> « vigueur hybride » car peu d'allèles délétères à l'état homozygote

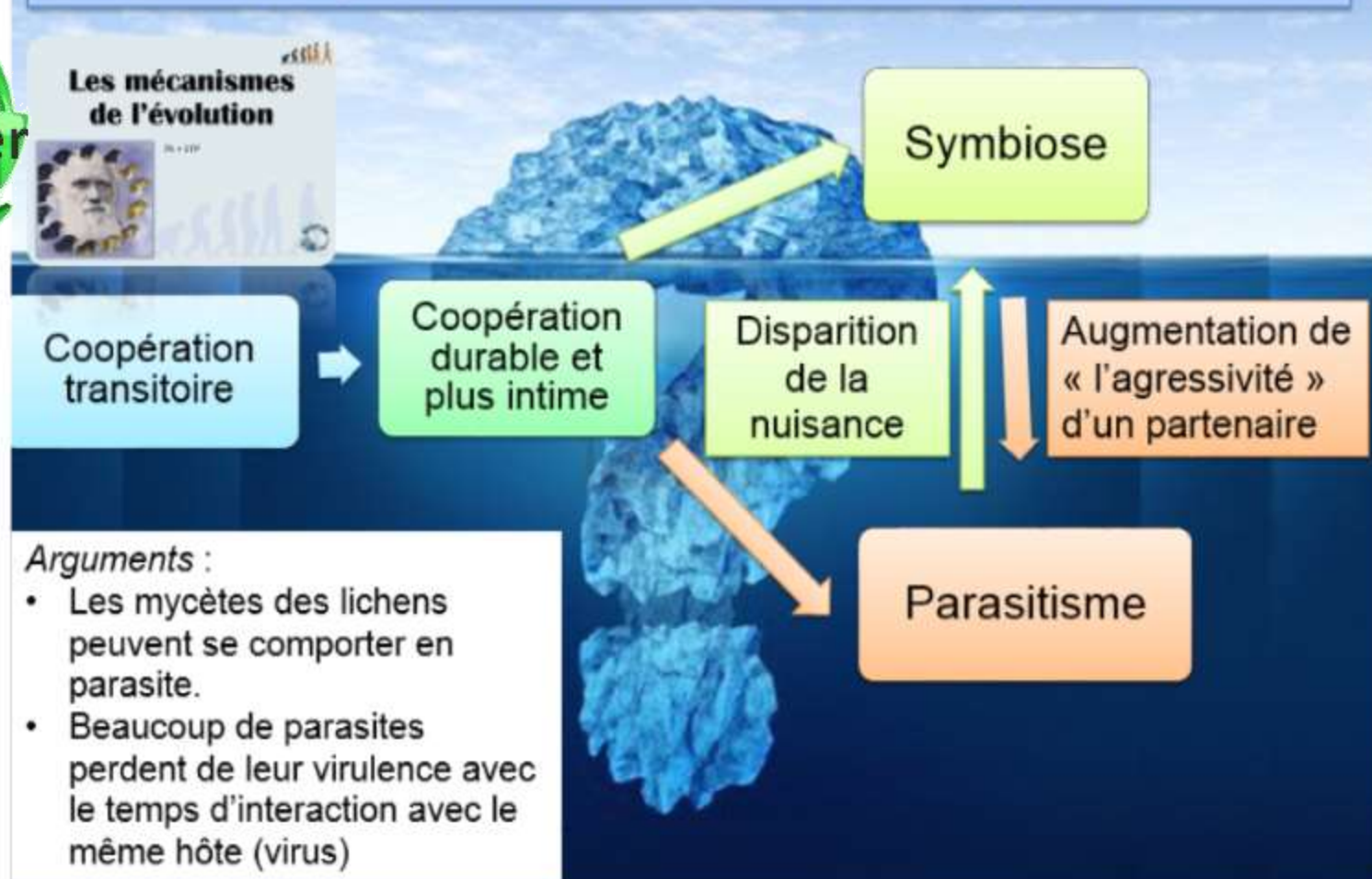


Cette augmentation des valeurs sélectives des deux partenaires d'un mutualisme a tendance à les faire évoluer vers:

- Une **élimination** par compétition des formes isolées **non symbiotiques**, qui ont une fitness relative faible,
- Une association obligatoire (**symbiose**)



Les relations peuvent évoluer au cours du temps : un modèle





213.2. Dans la prédation, la valeur sélective de la proie diminue, mais seulement si la population de proies est faible

Rappel: fitness = valeur sélective = succès reproducteur

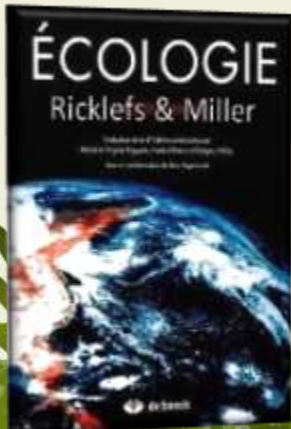
Tableau 24-2

L'effet de la phytophagie par la sauterelle *Hesperotettix viridis* sur la reproduction et la mortalité de l'arbuste *Gutierrezia microcephala* au centre du Nouveau Mexique.

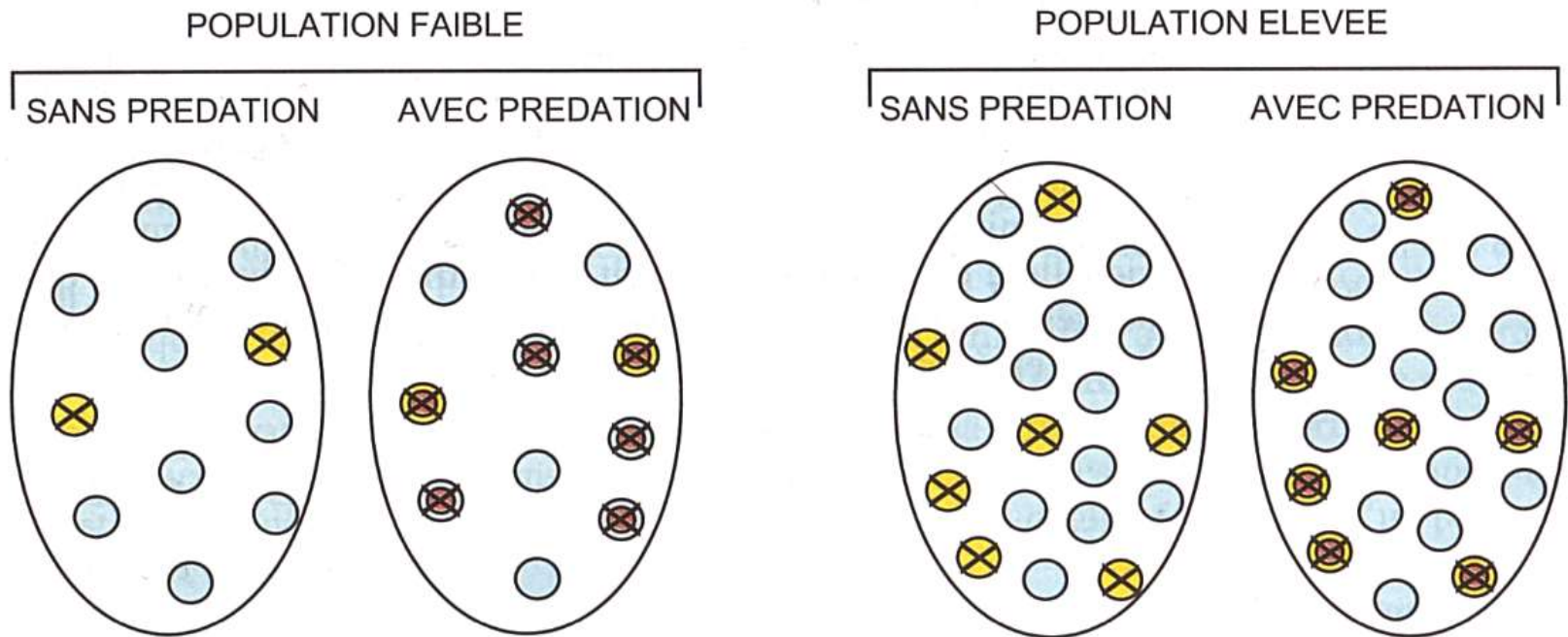
	REPRODUCTION ET MORTALITÉ			
	Plantes protégées		Plantes non protégées	
Plantes mortes en septembre 1980*				
	(%)	Nombre par groupe	(%)	Nombre par groupe
Plantes adultes	0	29	4,9	81
Plantules	6,9	29	33,3	210
Fleurs en septembre 1980*				
		Nombre par plante		Nombre par plante
Plantes adultes				
Moyenne		1,310 ± 159		3 ± 1
Gamme		352 – 2713		0 – 80

\* Le taux de mortalité des plantules non protégées est significativement plus haut que celle des autres groupes (test du rapport logarithmique de probabilité,  $p < 0,005$ )

\* Aucune plante de l'année ne fleurit en 1980.



**La prédation ne diminue pas la fitness si la population est grande,**  
car ce sont les individus jeunes, vieux ou malades  
qui sont les cibles privilégiées des prédateurs



⊗ morts naturelles (jeunes, vieux, malades)

○ survivants

⊗ ⊗ morts par prédation

**FIGURE 11.6** Représentation schématique des effets de la prédation sur une population de proies, pour deux densités de leur population.

**Biologie tout-en-un**

BCPST 1<sup>er</sup> année

UNIVERSITÉ

ÉDITIONS

DUNOD

Les prédateurs, en éliminant les individus faibles de la population de proies, garantissent sa santé... et limite sa prolifération!

L'homme classe dans les « espèces nuisibles », des espèces qui rendent des services écologiques!

Ex: limiter la population de campagnols terrestre dans les prairies, qui détruit les racines de Fabacées (renard, fouine, belette, hermine, rapaces, etc)



Hulotte



fouine



Campagnols

213.3. En cas de phytophagie régulière (pâturage),  
la valeur sélective des petites herbacées à croissance rapide augmente

			
8 cm (cheville)	10-12 cm (bas du mollet)	5 cm (talon)	15 cm (mi-mollet)
Mise a l'herbe (sortie d'hiver)	Entrée parcelle	Sortie parcelle	Destination fauche
Hauteur routine pâturage libre	Hauteurs routine pâturage tournant		



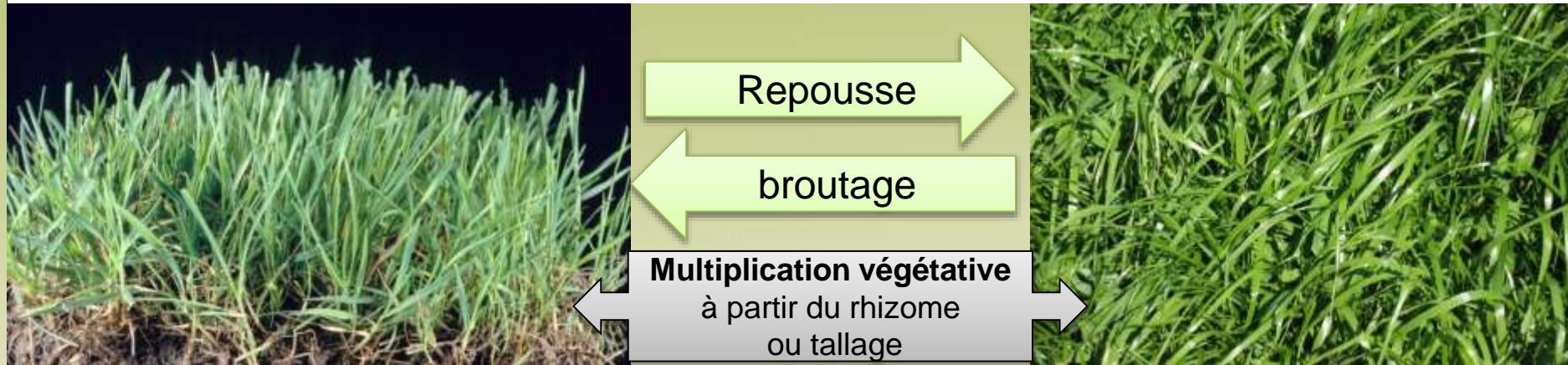
Pâturage de la parcelle



Herbomètre

Mesure de la hauteur d'herbe, avec un petit tassement qui dépend de la densité de l'herbe -> permet de quantifier les « réserves » d'herbe -> planification du pâturage tournant

L'herbe n'est pas détruite par le phytophage; elle repousse. On parle de **tolérance**.



Le tallage est une propriété de nombreuses espèces de Poacées (graminées) qui leur permet de produire de **multiples tiges à partir de la plantule initiale** assurant ainsi la formation de touffes denses. Le tallage se traduit par la formation au niveau du sol d'un « plateau de tallage » avec une série d'entre-nœuds très courts, qui émettent chacun une tige secondaire et des racines adventives. **Chaque tige secondaire est appelée une « talle »**.

**TABLEAU 11.9** MESURE DE DENSITÉ ET MASSE DE TALLES DE RAY-GRASS ANGLAIS DANS DES PRAIRIES FAUCHÉES OU PÂTURÉES.

	Hauteur de mesure	Densité talles.m <sup>-2</sup>	Masse de matière sèche des talles en g.m <sup>-2</sup>
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



Ainsi, la phytophagie stimule l'accroissement de l'effectif de la population d'herbacées, alors que la prédation s.s. conduit à limiter la dynamique de la population de proies.

**TABEAU 11.9** MESURE DE DENSITÉ ET MASSE DE TALLES DE RAY-GRASS ANGLAIS  
DANS DES PRAIRIES FAUCHÉES OU PÂTURÉES.

	Hauteur de mesure	Densité talles.m <sup>-2</sup>	Masse de matière sèche des talles en g.m <sup>-2</sup>
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

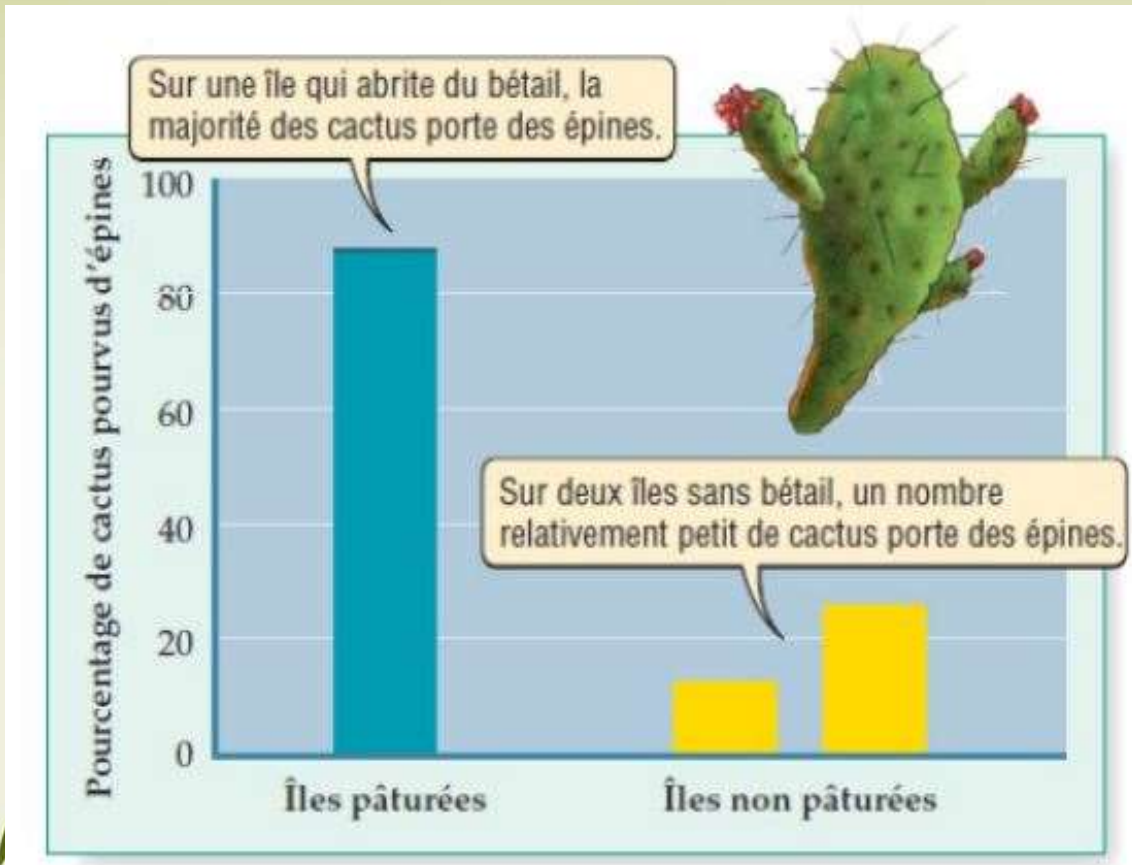


Ainsi, la phytophagie stimule l'accroissement de l'effectif de la population d'herbacées, alors que la prédation *s.s.* conduit à limiter la dynamique de la population de proies.

En cas de phytophagie régulière (pâturage), les plantes augmentent leur densité de population mais réduisent en taille

## 213.4. Dans la phytophagie, les dispositifs de défense des plantes augmentent leur fitness relative

Coévolution : des plantes ont des défenses contre les phytophages



Cette augmentation de fitness n'a lieu que si les autres plantes broutées par le même phytophage n'ont pas de dispositifs de défense aussi efficaces

Ccl : les relations évoluent avec le temps, sous l'effet de la pression de sélection, car une plante peut être délaissée. La relation devient alors neutre.

## Coévolution : les plantes ont des défenses contre les phytophages



1. **Épines** ex: Acacia, chardons
2. **Poils glanduleux urticants** (Ortie) ou trop odorants (Labiées)
3. **Limbe coriace** (houx)
4. **Les molécules peu métabolisables** : **L'oxalate** est généralement contenu en grande concentration dans le feuillage des Rumex, Amaranthes et Rhubarbe. Les bovins peuvent consommer une petite quantité d'oxalate, parce qu'il est métabolisé par les microbes du rumen. En cas d'excès, la molécule est absorbée dans la circulation sanguine. L'oxalate, en se combinant au calcium du sang, forme des cristaux d'oxalate de calcium qui peuvent obstruer les vaisseaux sanguins des reins et, à la limite entraîner la mort.



Rumex crépu

### 5. **alcaloïde** toxiques

- La renoncule âcre (*Ranunculus acris*), plus communément connue sous le nom de «bouton d'or», contient un alcaloïde qui est **irritant pour la bouche et le système digestif des bovins** lorsqu'elle est consommée à l'état frais; cette substance disparaît toutefois une fois séchée sous forme de foin. Les animaux l'évitent dans les pâturages.
- Nicotine, Strychnine, curare, belladone, etc.



*NB : La coumarine contenue dans le mélilot ou trèfle est inoffensive sauf lorsque celle-ci est récoltée dans de mauvaises conditions occasionnant la prolifération de moisissures. La dicoumarine produite par les moisissures est un puissant anticoagulant qui peut entraîner chez l'animal une hémorragie interne mortelle. Il ne s'agit pas d'une défense, c'est une contamination du foin.*





## 213.5. Dans le parasitisme, le parasite diminue la valeur sélective de l'hôte...

### 1) Spoliation : Par détournement d'une partie des ressources de l'hôte

Le Mildiou absorbe les nutriments de la cellule végétale parasitée

### 2) Action mécanique : le développement du parasite endommage des cellules de l'hôte

Le mildiou crée des lésions dans les feuilles de Luzerne

→ Le parasite réduit la viabilité de l'hôte

### 3) Toxicité

Les vers intestinaux des bovins produisent des substances toxiques pour leur hôte. Certains parasites peuvent rendre leur hôte stérile.

→ Le parasite réduit la fertilité de l'hôte



La dynamique des 2 populations est liée, et peut être modélisée comme la relation proie-prédateur

... C'est le principe de la lutte biologique

## Un ravageur des cultures pullule

Ex : pucerons

ex: Pyrale du maïs

## Introduction ou protection d'auxiliaires spécifiques prédateurs ou parasites de la cible

**Prédateur** : coccinelle (surtout au  
stade de larve)

**Parasitoïdes** : trichogrammes,  
(Hyménoptères)

## -> réduit la valeur sélective du ravageur

Réduction de la population de  
pucerons

Destruction de la pyrale avant sa  
reproduction



Spécificité, pas de nuisance pour les insectes auxiliaires, pas de pollution  
Coûteux, contraignant

# ... Mais l'hôte peut s'adapter au parasite, et limiter ainsi l'effet du parasite sur sa valeur sélective

## 1) Limitation de l'infection

Les vaches se regroupent et utilisent leur queue comme un fouet, ce qui limite les infections par les taons.



## 2) Défense contre l'infection

Après infection par un trypanosome -> hôte produit des anticorps -> le trypanosome change souvent ses glycoprotéines de surface

Il y a coévolution entre un parasite et son hôte.  
-> théorie de la Reine Rouge





# Parasitisme et symbiose sont à l'origine de mécanismes fondamentaux de l'évolution



Apparition d'une interaction entre deux espèces

parasitisme

symbiose



Modification immédiate de la valeur sélective des 2 partenaires

Réduction de la fitness de l'hôte, augmentation de celle du parasite

Augmentation de la fitness des deux partenaires



Coévolution

« course sans fin »  
entre la résistance de l'hôte et l'évitement de cette résistance par le parasite

Augmentation des échanges et de la dépendance entre les 2 partenaires





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

Espèce X		nuisible	neutre	bénéfique
Espèce Y	nuisible	<b>Compétition symétrique</b> <i>Fitness : -, -</i>	Amensalisme	<b>Prédation</b> <i>Fitness : +, -</i> <b>Phytophagie</b> <i>Fitness : +, +/!</i> (+ nb individus de graminées, - fertilité et taille) <b>Parasitisme</b> : +, -
	neutre		Neutralisme <i>Fitness : 0,0</i>	Commensalisme <i>Fitness : +,0</i>
	bénéfique			<b>Mutualisme</b> : Symbiose ou coopération <i>Fitness : +,+</i>

## Légende:

+ ou - : augmente ou réduit la valeur sélective du partenaire

La première valeur désigne l'espèce X, la 2<sup>ème</sup> Y.

**Les relations notées en gras sont à connaître et à savoir illustrer.**

Les autres relations sont nommées « **formes intermédiaires** ». Leur nom n'est pas à connaître.

# Quizz

7. Une vache qui broute une Fabacée, c'est une relation interspécifique :

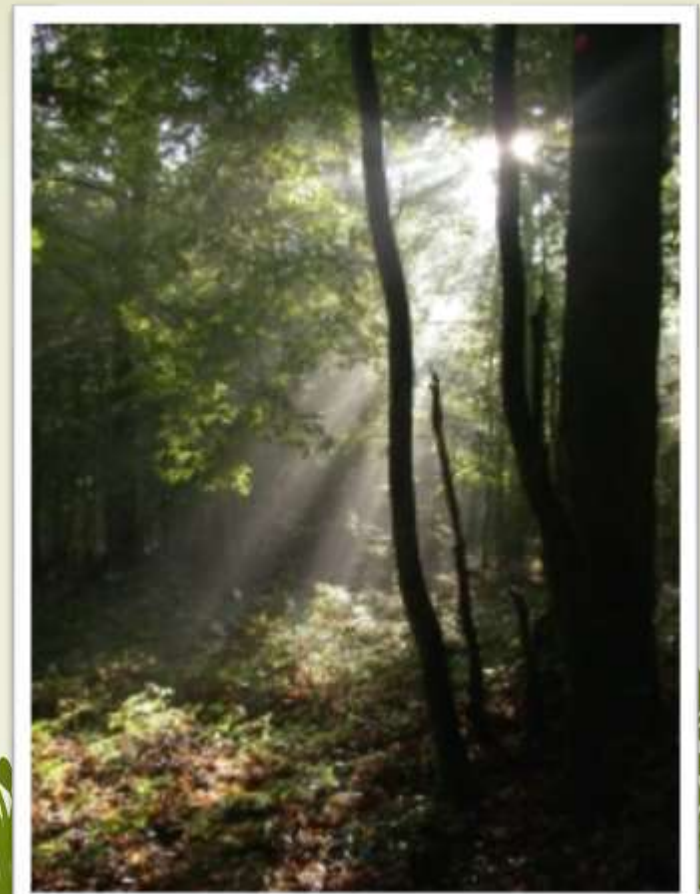
- a) de prédation
- b) qui augmente la valeur sélective de la vache
- c) qui réduit la valeur sélective de la Fabacée



## 2.2. Il peut y avoir une compétition interspécifique pour les ressources trophiques

### 22.1. Dans une forêt, les plantes sont en compétition pour la lumière

... car les frondaisons absorbent une grande partie de la lumière « utile »



## 221.1) Les feuilles font obstacle à la diffusion de la lumière

Les essences de la canopée, par la densité de leur feuillage induisent une **forte diminution de l'éclairement**.

Sous le houppier de jeunes pins, on ne retrouve que 10% de la lumière extérieure, mais 31% dans une pineraie qui a un siècle.



**Tableau 8 : éclairement relatif sous le couvert forestier pour diverses essences**

(d'après Kimmins 1987)

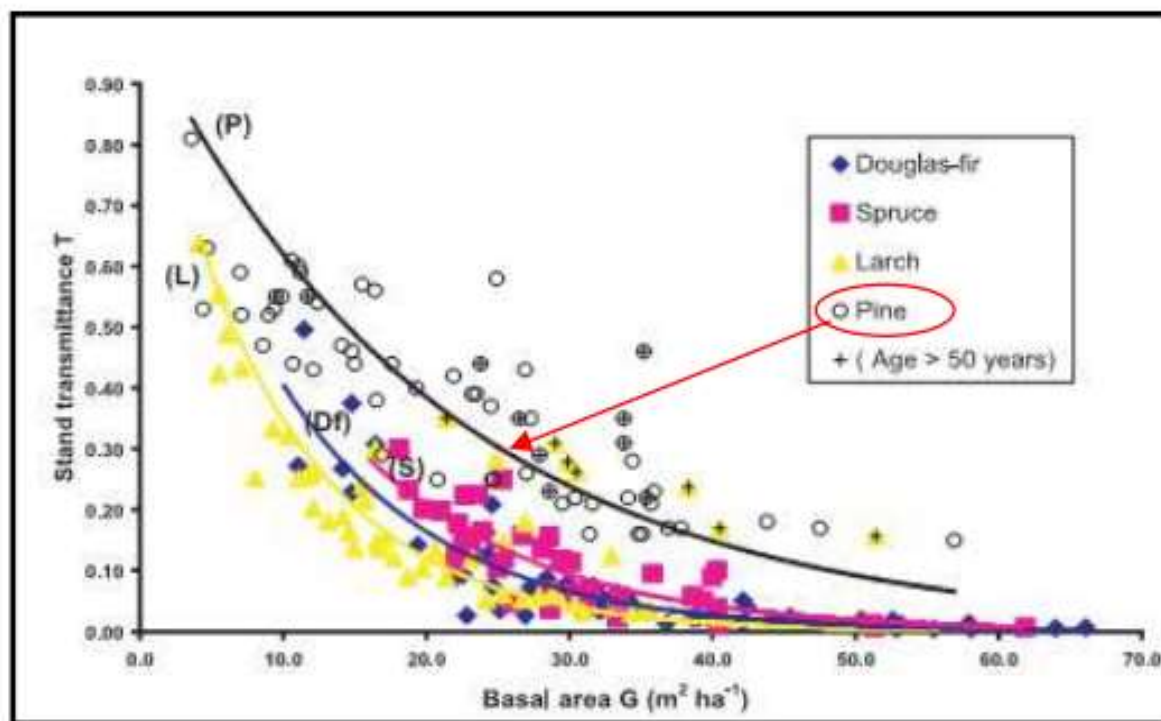
	Hiver	Été
	(%)	(%)
Hêtre	26 - 66	2 - 40
Chêne	43 - 69	3 - 35
Frêne	39 - 80	8 - 60
Bouleau	non mesuré	20 - 30
Forêts tropicales humides	0,2 - 2,0	
Pin		11 - 13
Épicéa		2 - 3
Sapin		2 - 20



On étudie le pourcentage de lumière transmise (*transmittance*) à travers la frondaison d'un arbre adulte, en fonction de la taille cette frondaison. *La frondaison en botanique désigne l'ensemble des feuilles d'un arbre (mais attention en littérature c'est le moment où les feuilles apparaissent)*. Commentez et interprétez ce graphique dans le cas du Pin sylvestre, puis généralisez.

Figure 19. Relation entre la transmittance T du peuplement et sa surface terrière G pour des peuplements adultes de Douglas, épicéa, mélèze et pin sylvestre (Sonohat et al. 2004).

1/absorbance



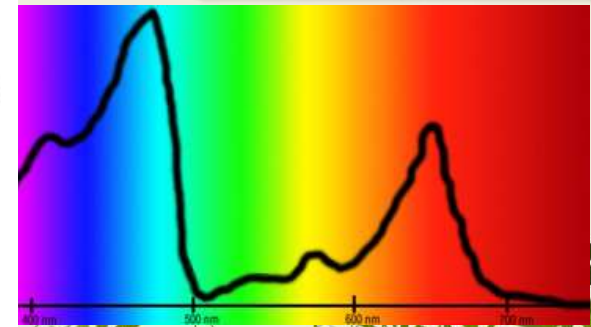
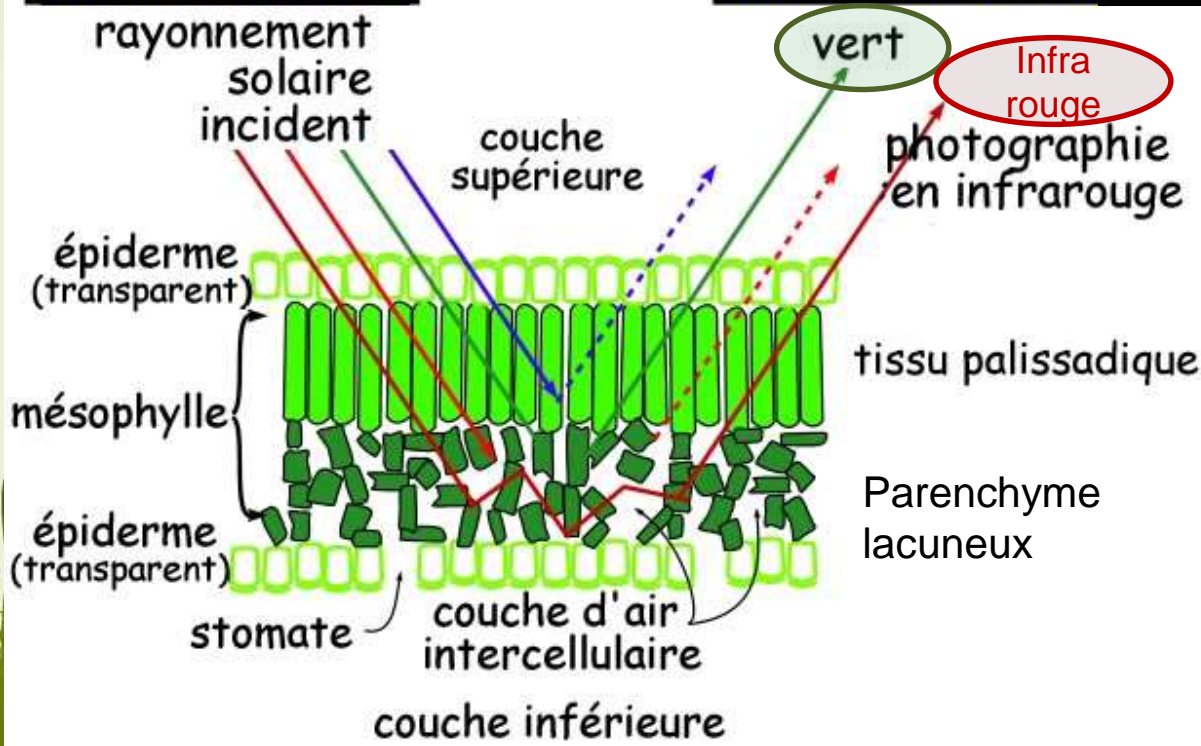
Surface de la frondaison projetée sur le sol

## 221.2) Les feuilles supérieures absorbent une grande partie des longueurs d'ondes utilisables pour la photosynthèse



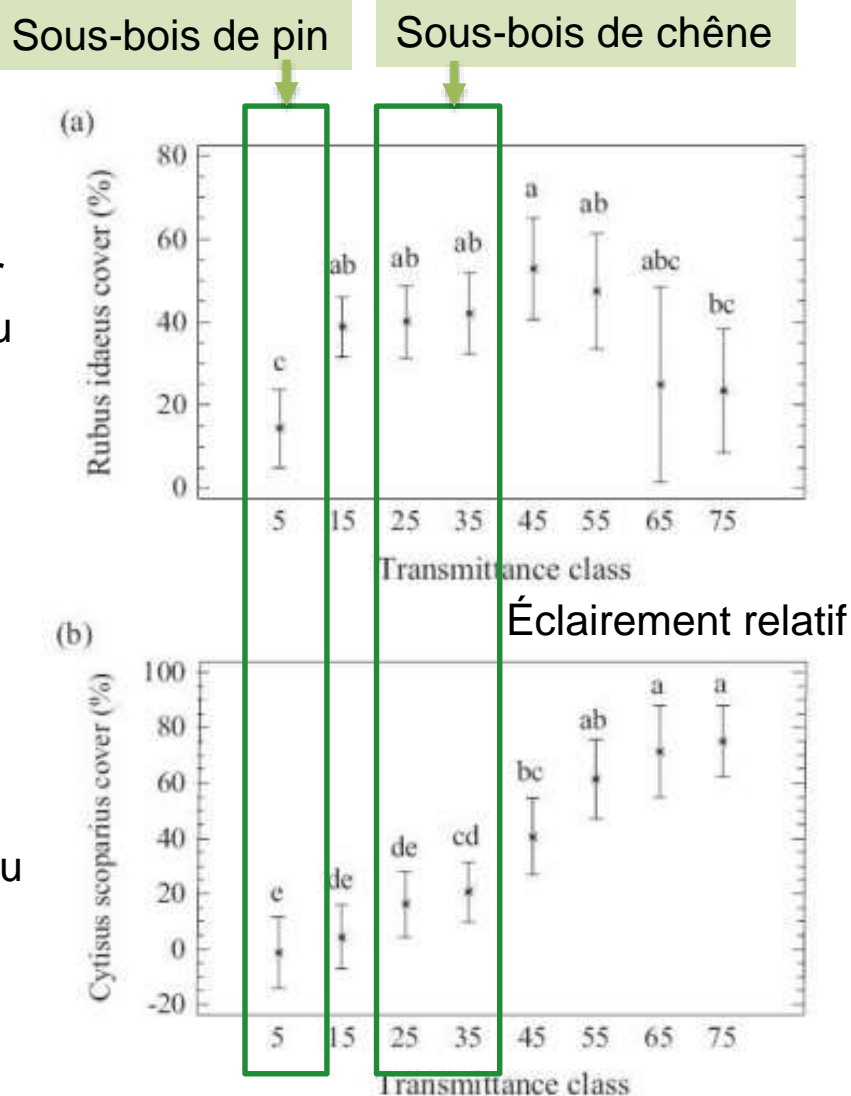
Par temps couvert, dans un peuplement clair de pin, seul 30% du rayonnement reçu correspond à des longueurs d'ondes utilisables pour la photosynthèse; **2 à 13% dans un peuplement de chêne.**

[écologie forestière de Hans-Jürgen Otto]



## 221.3) La compétition pour la lumière limite la croissance des espèces héliophiles en sous-bois

Figure 1. Evolution du taux de recouvrement (%) du framboisier (a) et du genêt (b) en fonction de l'éclairement disponible en sous-bois (divisé en classes de 10%, la valeur médiane de l'intervalle étant indiquée sur l'axe des abscisses) (Gaudio et al. 2008).



Framboisier  
Couverture du  
sol en %

Genêt  
Couverture du  
sol en %

### Définitions :

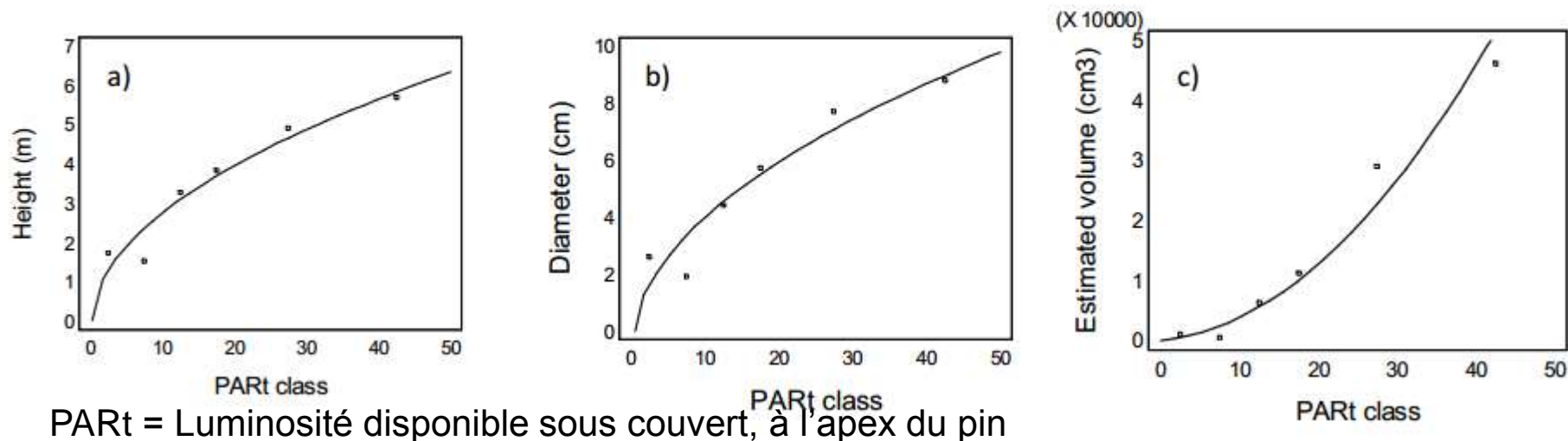
Les végétaux dits **héliophiles** sont ceux qui ne poussent de manière optimale qu'en pleine lumière.

Une espèce **sciaphile** se développe mieux à l'ombre qu'au soleil.

Déterminez si le framboisier et le genêt sont des espèces héliophiles, ou sciaphiles ou indifférentes.

## 221.4) La compétition pour la lumière limite la croissance des jeunes pins sous un couvert de chênes

**Figure 2:** Relationships between 90% quantiles for Scots pine height (a), diameter (b) and estimated volume (height\*diameter<sup>2</sup>, c) in relation to the light availability in the understory (PART class)



Quel autre facteur pourrait déterminer la taille des pins?

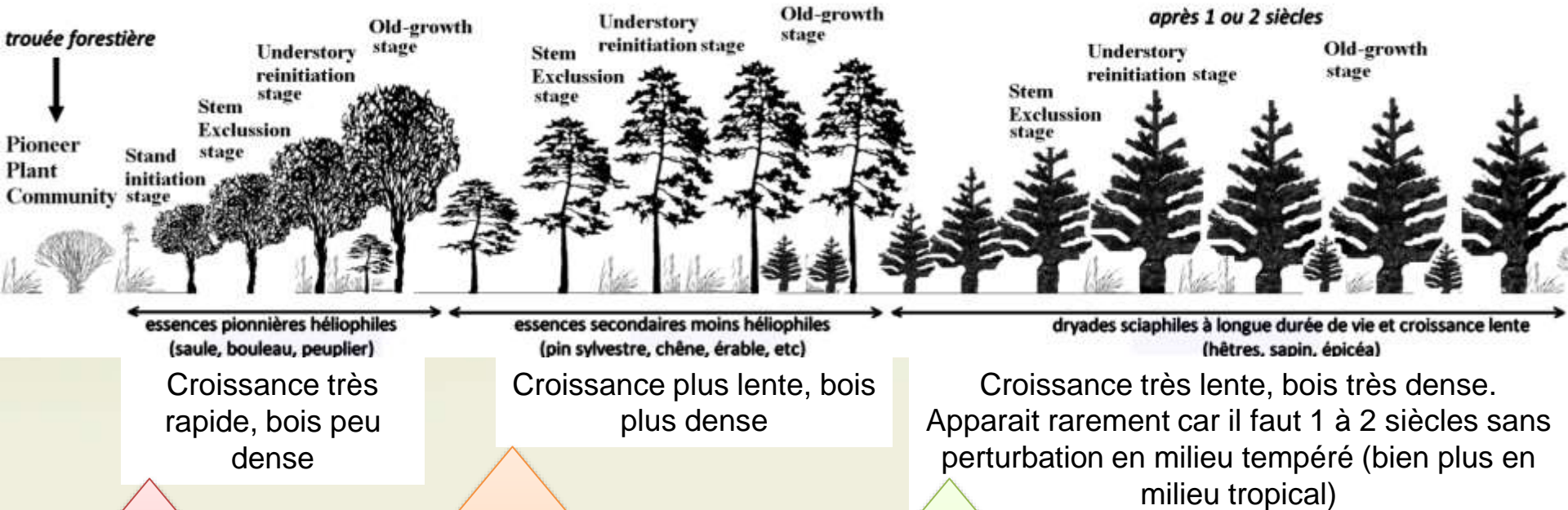


Limites

Montrez que le pin sylvestre est une plante héliophile, dont la croissance est limitée par l'ombre des chênes



## 221.5) La compétition pour la lumière détermine les successions végétales forestières



L'essence pionnière **héliophile** ne se développe que si le couvert forestier est détruit (incendie, déforestation)

L'essence secondaire moyennement héliophile peut pousser sous le couvert de l'essence pionnière héliophile, mais **l'héliophile ne peut plus se régénérer**

La dryade sciaphile peut pousser sous le couvert de l'essence secondaire, mais **l'essence secondaire ne peut plus se régénérer**

## 22.2. Les micro-organismes entrent en compétition par antibiose

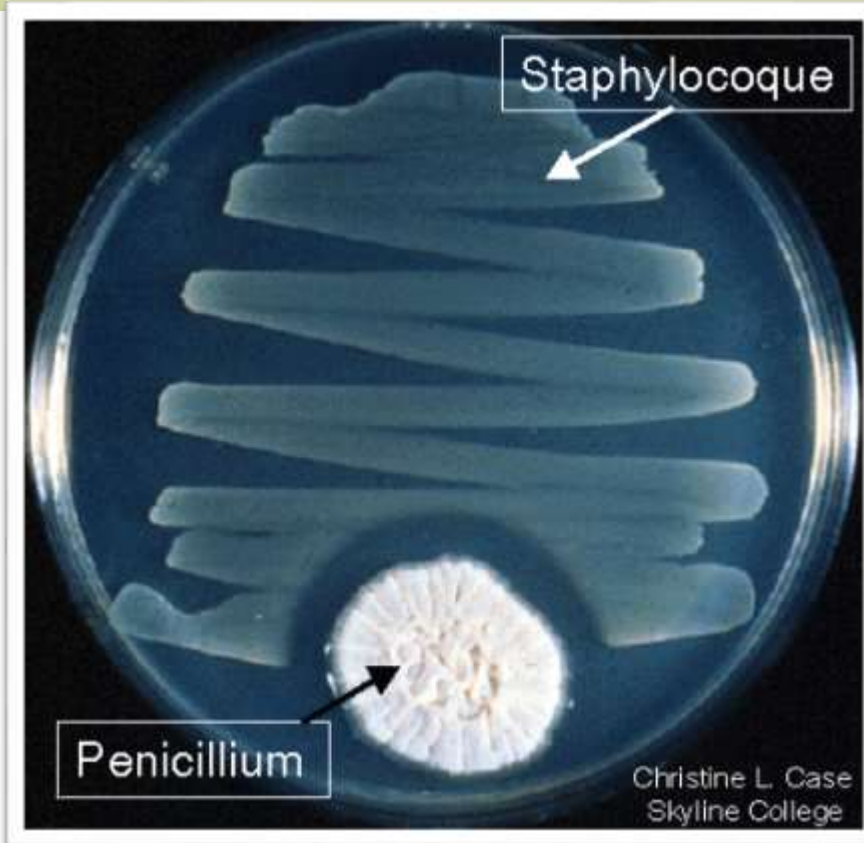
### La découverte accidentelle du premier antibiotique

En 1928, le docteur Alexander Fleming, 47 ans, de retour de vacances, retrouve son laboratoire, à Londres. Il constate que les boîtes de Petri, où il faisait pousser des staphylocoques, ont été envahies par des colonies cotonneuses d'un blanc verdâtre. C'est qu'elles ont été contaminées par les souches d'un champignon microscopique, le *Penicillium notatum*, qu'utilise son voisin de pailleasse!

Avant de les jeter, Fleming y jette un coup d'oeil et s'aperçoit qu'autour des colonies, le staphylocoque ne pousse pas ! Il émet alors l'hypothèse qu'une substance sécrétée par le champignon en est responsable. Il l'appelle aussitôt «**pénicilline**», mais il ne pense pas à l'utiliser en médecine.

Howard Walter Florey découvre ses propriétés médicales en **1940**, et elle commence à être produite aux USA en grande quantité durant la seconde guerre mondiale, selon le procédé du chimiste Ernst Chain.

Les trois hommes ont eu le prix Nobel en 1945.

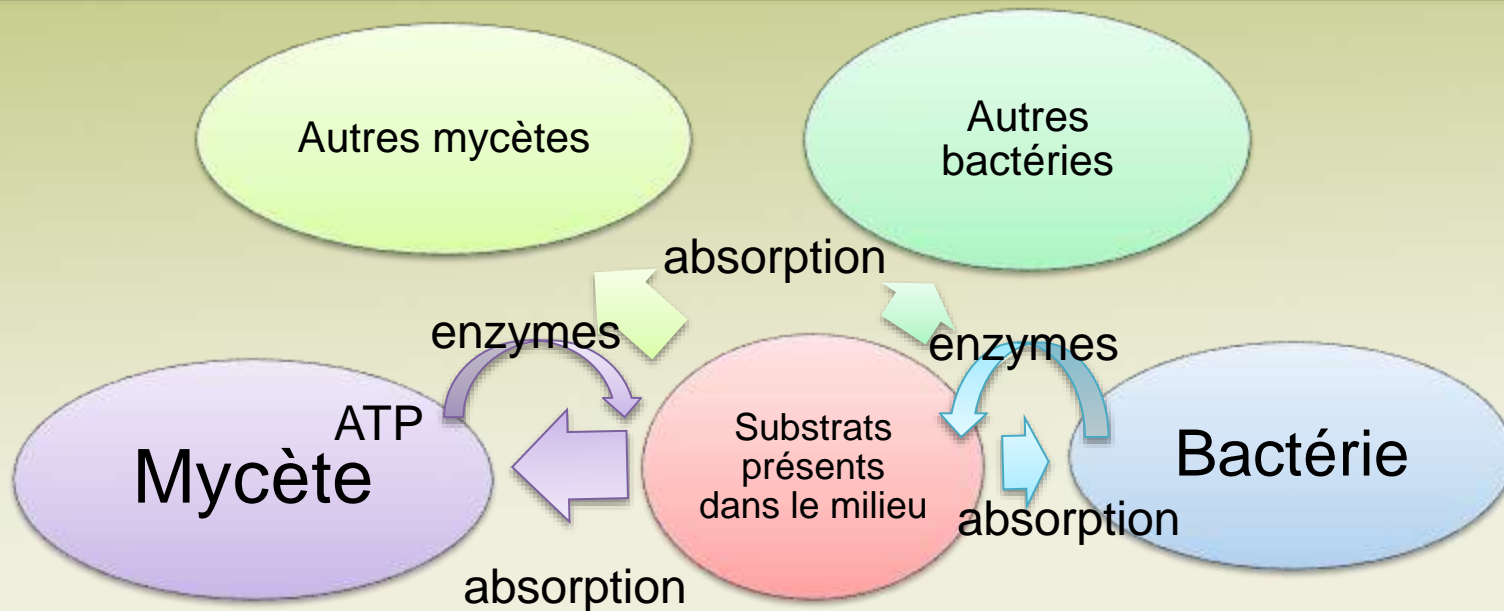


Toute l'histoire en détail: <http://www.myco-haut-rhin.com/dossiers2.htm>

L'antibiose est une action négative d'un micro-organisme sur un autre par émission de substances toxiques.

Espèce X		nuisible	neutre	bénéfique
Espèce Y	nuisible	Compétition symétrique	Amensalisme	Prédation / Phytophagie Parasitisme <b>Antibiose</b> <b>Allélopathie</b> (entre plantes)
	neutre		Neutralisme	Commensalisme
	bénéfique			<i>Mutualisme</i> : Symbiose ou coopération

En absence d'antibiose, un micro-organisme qui réalise une exodigestion peut être spolié des produits de cette digestion

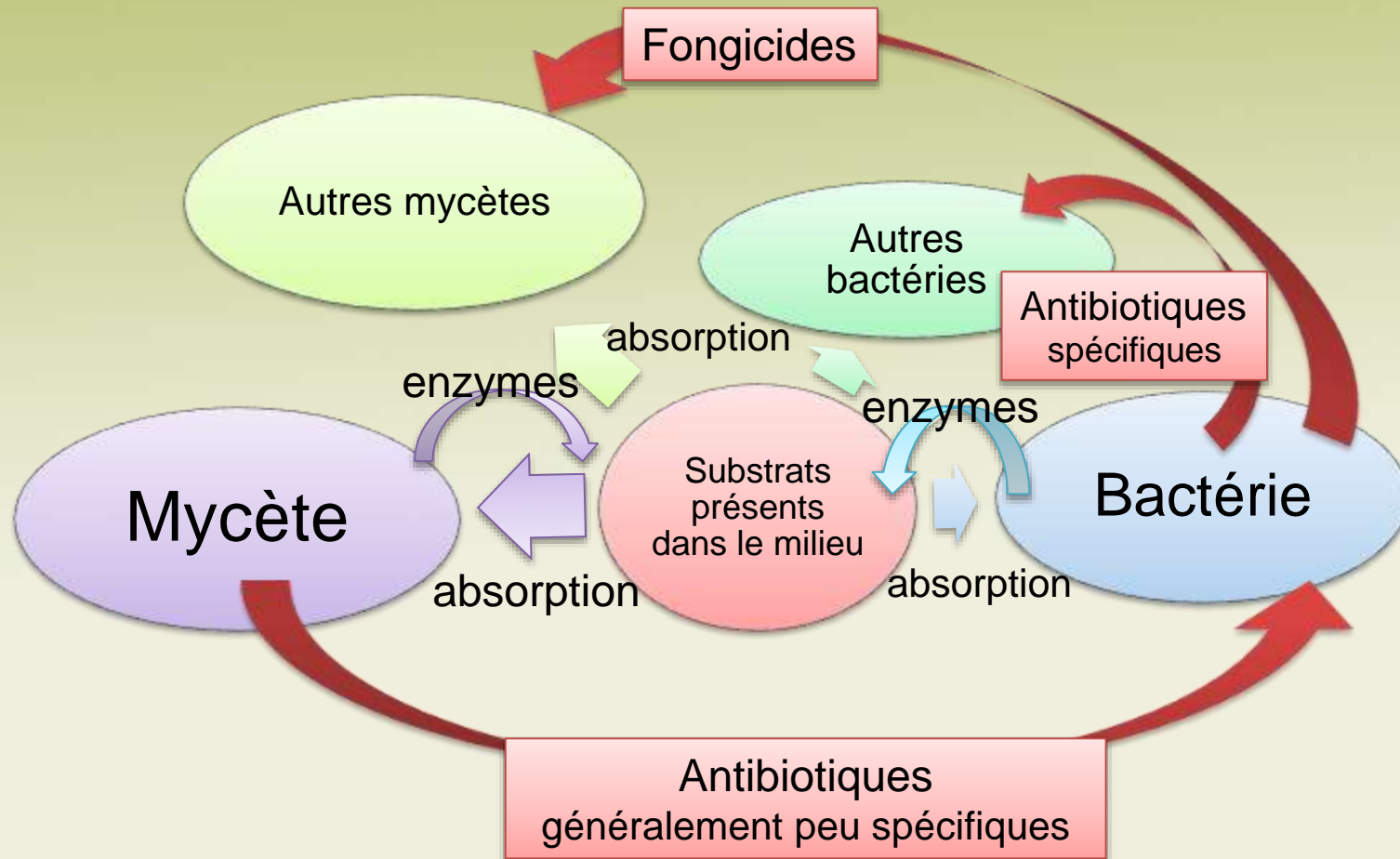


En absence d'antibiose, les substrats sont « partagés » entre plusieurs consommateurs, y compris ceux qui n'ont pas libéré d'exo-enzymes (ce qui a un coût énergétique)

-> La compétition interspécifique pour les substrats est déterminée par l'affinité des transporteurs membranaires pour les substrats



# L'antibiose est un avantage sélectif majeur pour des absorbotrophes



## L'antibiose permet de réduire la population de concurrents pour l'absorption.

Les mycètes (eucaryotes) produisent des antibiotiques qui inhibent des protéines bactériennes de l'expression génétique ou de synthèse de la paroi. Les antibiotiques produit par des bactéries sont plus spécifiques, et n'agissent que sur une autre catégorie de bactérie (par ex, cible un transporteur).



# A RETENIR

Dans un écosystème, plusieurs espèces peuvent être en compétition pour la même ressource trophique.

Il en résulte une **évolution** des deux espèces en compétition, qui peut modifier :

- Leur **vitesse de croissance** (arbres pionniers comme le peuplier ou le bouleau à croissance très rapide, alors que les arbres suivants comme le chêne ont une vitesse de croissance plus lente)
- La **forme** de l'organisme (les pins forestiers perdent leurs branches basses et forment rapidement un long tronc. Ce n'est pas le cas à la lumière.)
- Leur **métabolisme** (les plantes sciaphiles et héliophiles n'ont pas les mêmes feuilles, ni la même teneur en pigments)

La compétition trophique peut être

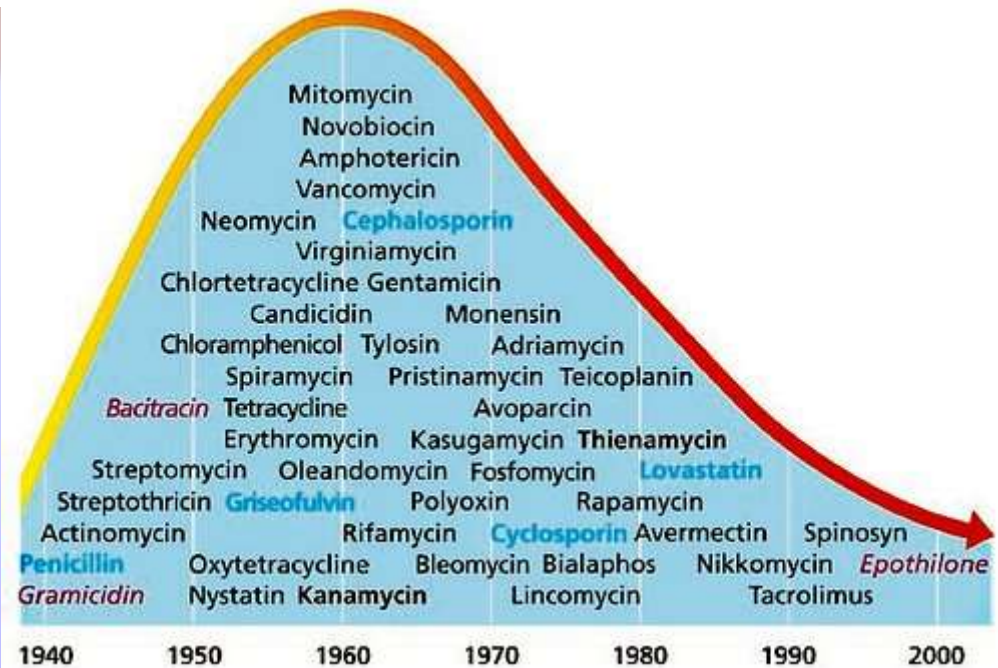
- **Directe** : c'est le cas des plantes de forêt, qui font de l'ombre aux plantes plus petites
- **Indirecte** : c'est **l'antibiose**, qui par la production de molécules toxiques élimine les concurrents. L'antibiose est très fréquente dans le sol, et dans tous les milieux riches en matière organique consommée par des micro-organismes absorbotrophes.

Nous utilisons le résultat de l'évolution des micro-organismes compétiteurs pour produire la quasi-totalité de nos antibiotiques

Problème 1 : actuellement **très peu de recherche** sur la mise au point de nouveaux antibiotiques, qui sont peu rentables.

Seulement de l'extraction et modification de molécules naturelles. Or, **leur apparition a demandé des millions d'années d'évolution!** -> il n'en apparaîtra pas de nouvelles à l'échelle de temps humaine -> recherche de nouveaux micro-organismes.

- 1940-1970 : 13 nouvelles classes d'antibiotiques avec des mécanismes d'actions différents ont été découvertes,
- depuis 1970 uniquement deux.
- Actuellement, seulement 1.6% des nouvelles molécules développées par les 15 plus grandes compagnies pharmaceutiques étaient des antibiotiques.



## Problème 2 : de plus en plus de bactéries résistantes aux antibiotiques

- soit à cause de la sélection par les antibiotiques utilisés dans l'élevage animal intensif,
- soit par contamination à partir de souches multirésistantes présentes à l'hôpital (infection nosocomiale).



Parmi les souches les plus préoccupantes, il y a une bactérie multirésistante provoquant la tuberculose et qui se propage en Russie et en Ukraine, et le Staphylocoque doré résistant à la méthicilline (SARM).

Mise sur le marché		Découverte de la résistance	
Pénicilline G	1942	Staphylocoque doré	1943
Méticilline G	1961	Staphylocoque doré	1962
Ampicilline G	1962	Entérobactéries	1964
Céphalosporines	1980	Entérobactéries	1981



# Quiz

8. L'antibiose c'est

- a) la production d'antibiotique par les mycètes
- b) un mécanisme de compétition trophique entre micro-organismes



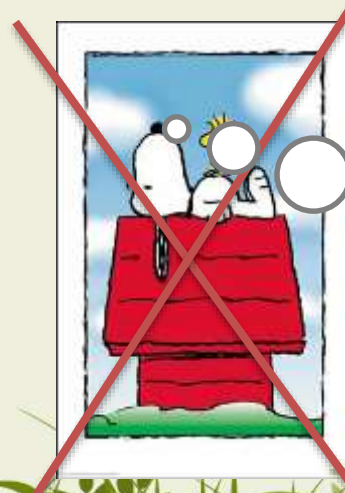
## 2.3. Les relations interspécifiques restreignent la niche écologique potentielle en une niche réalisée

### 23.1. Une niche écologique est l'utilisation globale qu'une espèce fait des ressources biotiques et abiotiques de son milieu

Analogie d'Eugène Odum : l'habitat d'une espèce représente son « adresse », sa niche est sa « **profession** ».

La niche est une propriété de l'espèce, ce n'est pas le biotope!

Ex: Les Fabacées et les Graminées de la prairie vivent dans le même biotope, mais ne l'utilisent pas de la même manière (azote) -> Elles n'ont pas la même niche.



Ma niche écologique est ma **façon** d'utiliser cet espace, pas le bâtiment!

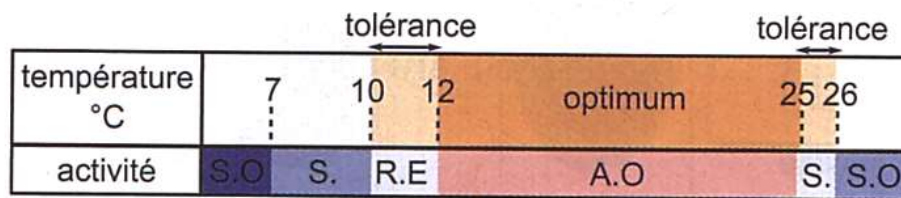
La description d'une telle « *niche* » se fait sur la base de deux types de paramètres :

1. des paramètres **physico-chimiques** caractérisant les milieux où évolue l'organisme (et parfois significativement modifiés par cet organisme).

2. des paramètres **biologiques**, incluant :

- les relations avec les espèces avoisinantes;
- la modification de l'habitat par l'organisme et la communauté d'espèces dans laquelle il s'inscrit (**interactions durables**).

(a)



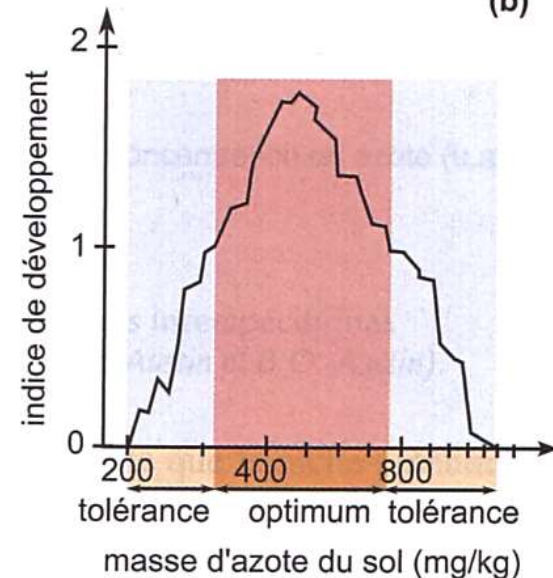
S.O : sommeil dans la coquille operculée

S : sommeil

R.E : repos éveillé

A.O : activité optimale

(b)



**FIGURE 11.10** Influence de paramètres abiotiques sur la physiologie de deux êtres vivants de la prairie.

(a) Influence de la température sur l'activité de l'escargot ; (b) influence de la teneur en azote du sol sur l'alysson blanc, brassicacée (D'après Tilman).



G.E. Hutchinson (1957) définit une **niche écologique** comme un **hyper volume** où chaque dimension de l'espace représente une ressource ou une condition de l'environnement.

La quantité de ressources varie dans l'espace et dans le temps en fonction de l'activité de l'espèce. Les conditions et les ressources sont des conditions **limitantes** qu'on peut hiérarchiser pour étudier la **vulnérabilité** de l'espèce dans l'environnement

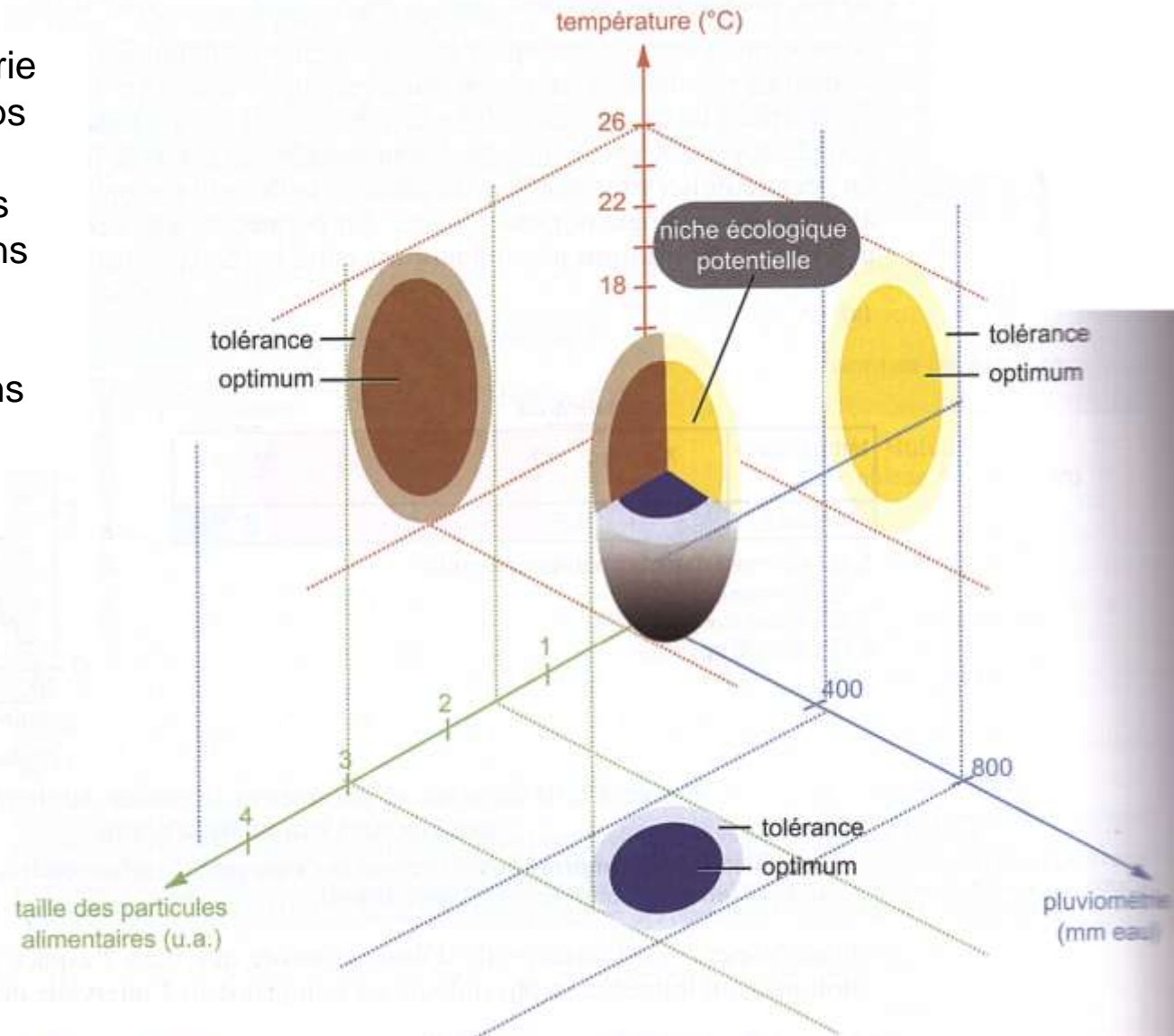


FIGURE 11.11 Représentation schématique de la niche écologique potentielle d'une espèce.







Niche à veau (sic!)

Quelle est la niche  
d'un bovin dans un  
pâturage?

# Niche écologique de la vache au pâturage

## Facteurs biotiques

### Ressources trophiques :

- Poacées (cellulose)
  - Fabacées (protéines)
- 40-75 kg/j

### Autres :

- un milieu pas trop infesté par les parasites internes (douve, strongles) et externes (poux, teignes, etc)




## Facteurs abiotiques

- Température -20 à +40 °C
- Eau 60-120L/j
- Sel 60g/j
- Sol porteur pas trop humide (maladies des sabots)
- Abri l'hiver et pour la reproduction



## 23.2. L'espèce occupe la niche réalisée car elle est exclue d'une partie de sa niche potentielle par des compétiteurs

### Niche potentielle, niche réalisée et compétition\*\*\*



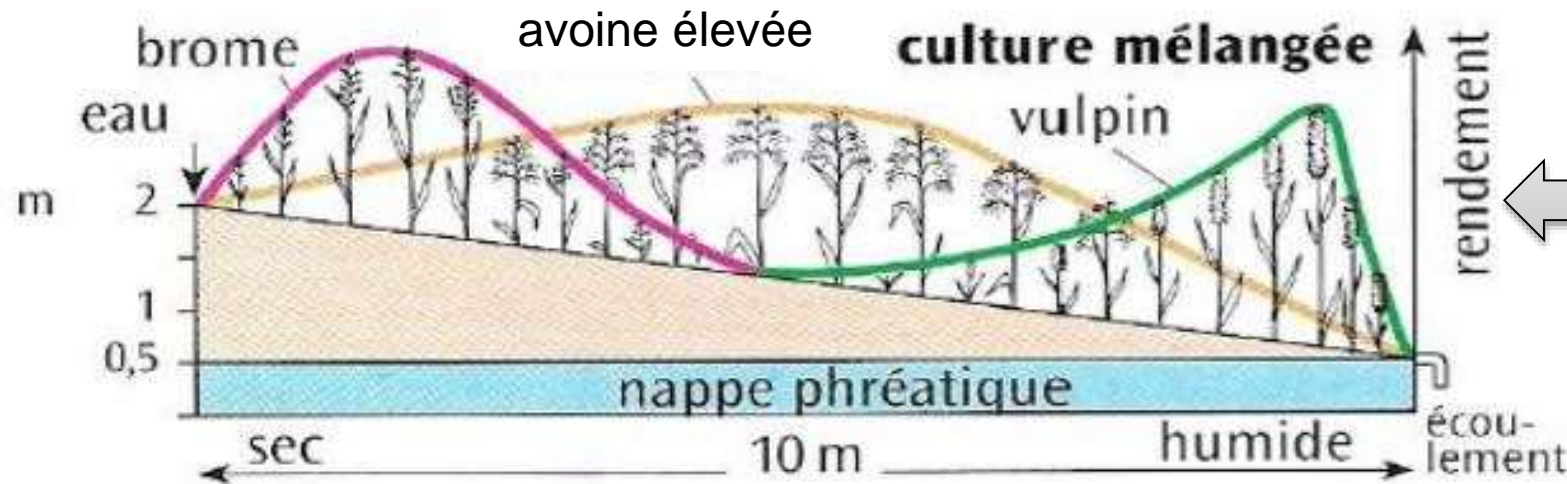
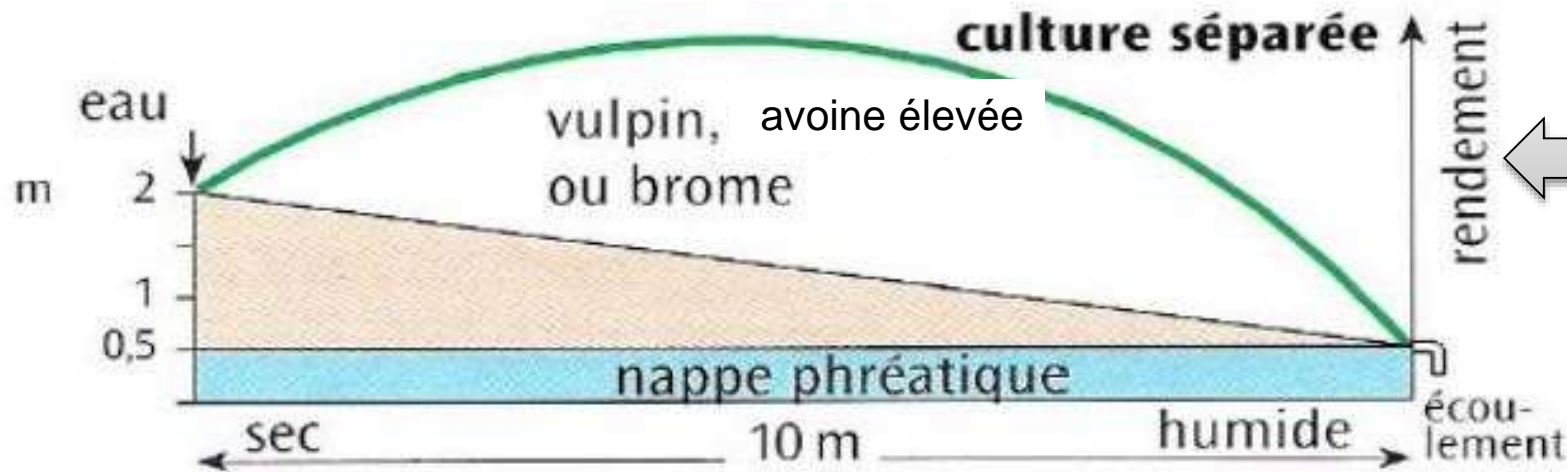
Niche **potentielle** ou **fondamentale** : zone incluse entre les **valeurs limites** des conditions biotiques et abiotiques où l'espèce peut exister de façon pérenne.



Niche **réalisée** : niche **réellement occupée par l'espèce**, qui est plus restreinte que la niche potentielle, car l'espèce est **exclue d'une partie de sa niche potentielle par des compétiteurs d'autres espèces**.

**Exclusion de niche** : l'espèce a été exclue de l'accès à une partie de la niche (= des ressources) car celle-ci est occupée par une autre espèce

# La compétition entre Graminées détermine leur répartition dans l'agrosystème



Niches potentielles

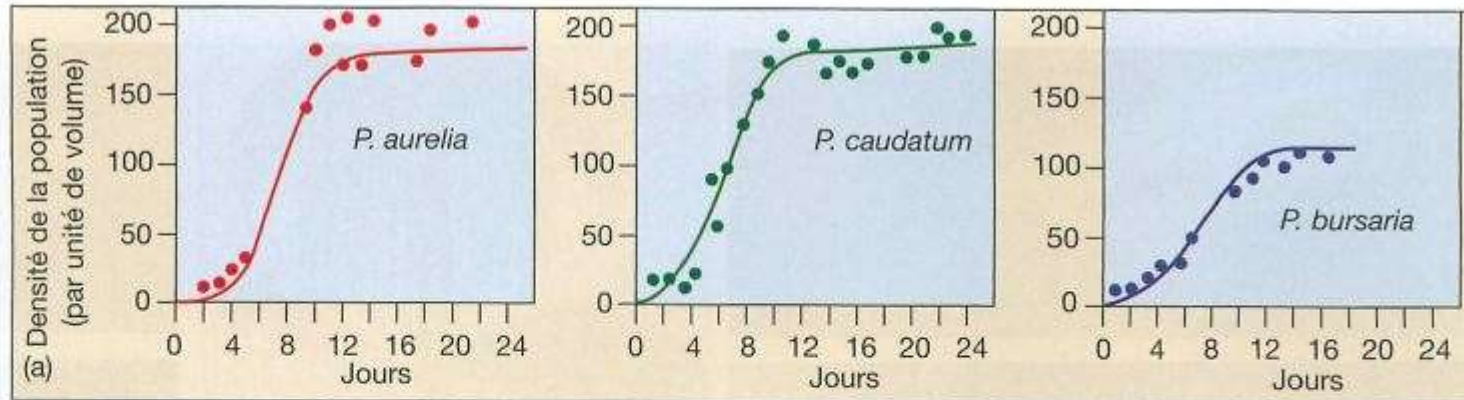
Niches réalisées

Exclusion de niche pour brome et vulpin

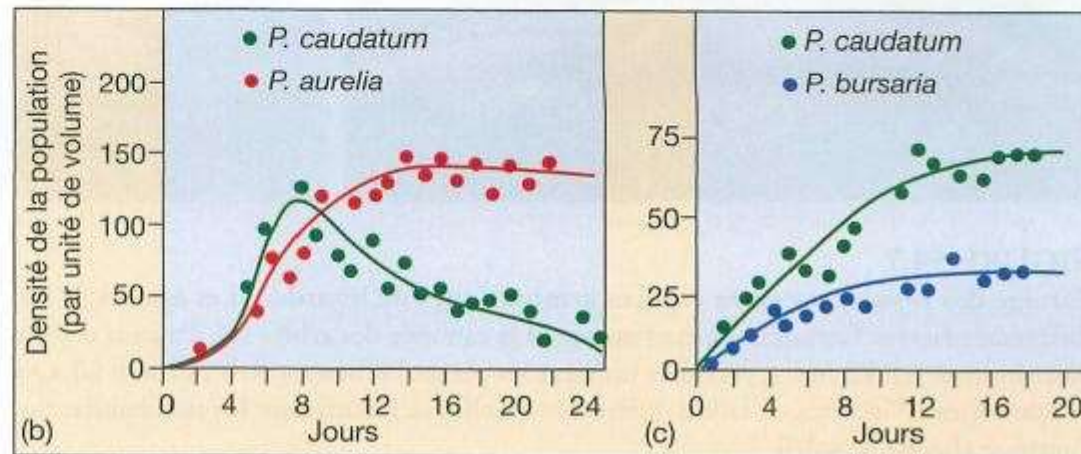
# 232.1. Deux espèces ayant la même niche ne peuvent coexister dans l'écosystème, c'est l'exclusion compétitive

## Expérience de Gause (1934)

FIGURE 54.6



Interprétez, sachant que ces paramécies ne sont PAS des prédateurs les unes des autres.



# Un argument en faveur du principe de Gause



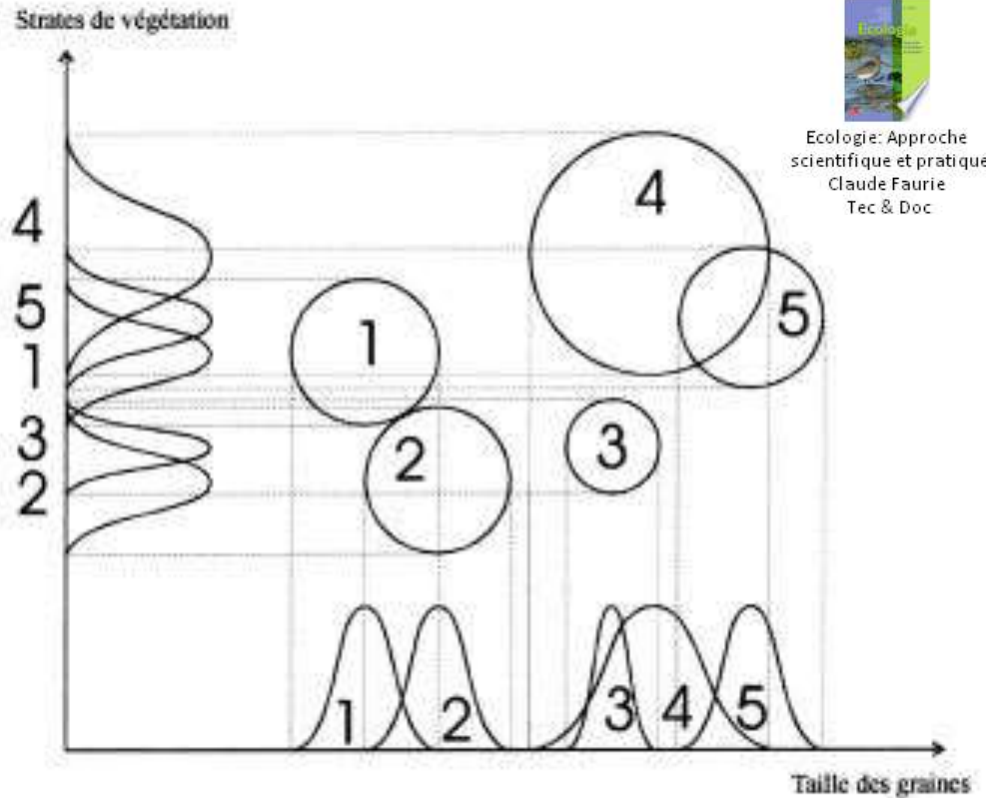
## Principe de Gause

Deux espèces ayant strictement la même niche ne peuvent coexister dans le même écosystème.



Notez que si on prend – par erreur- la niche pour l’habitat, le principe ne s’applique plus!

La niche est la façon d’utiliser toutes les ressources.



  
Ecologie: Approche scientifique et pratique  
Claude Faurie  
Tec & Doc

1, 2, 3, 4, 5... différentes espèces d'Oiseaux granivores

Figure 26 ■ Cohabitation des espèces de l'avifaune dans une futaie (inspiré de Blondel et Frochot).

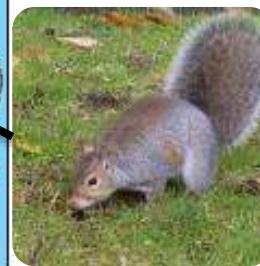
# Un exemple d'exclusion de niche

## Remplacement de l'écureuil roux par l'écureuil gris

*Sciurus vulgaris*

*Sciurus carolinensis*

introduction à partir des USA : fin du XIX<sup>e</sup> 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



## 232.2. Les stratégies K ont des niches étroites, les r une niche large



### Rappel

### Caractéristiques des espèces à stratégie r :

- Taille réduite et durée de vie courte
- Croissance rapide
- Maturité précoce
- **Forte descendance**
- **Énergie majoritairement dédiée à la reproduction**
- Peu ou pas de soins parentaux -> faible proba de survie des descendants
- Une seule reproduction (sémelparité) (ex: saumons)
  
- Régime alimentaire large (limite la compétition)
- **Importantes fluctuations de populations**
- **Populations non ou faiblement régulées par la densité**
- **Faible compétition**
- Communautés saturées



r élevé  
Faible croissance  
et forte  
reproduction

Campagnols



Herbacées



Sélection par le milieu  
et pas par la densité

#### Condition d'apparition :

- Très fréquent chez espèces soumises à forte prédation
- Forte compétition pour l'espace (plantes)







# Rappel

## 1.3.2.2. La stratégie K, issue d'une sélection dépendante de la densité, est une forte croissance et faible reproduction



### Stratégies « K »

- Grande taille.
- Productivité faible.
- Période d'immaturité sexuelle longue.
- Mortalité faible.
- Espérance de vie longue.
- Économie de l'utilisation d'énergie.
- Espèces de type « spécialistes ».
- Densité de population très dépendante des variations du milieu.
- Régulation démographique liée à la densité de la population.
- Espèces inféodées au climax.
- Faibles fluctuations des effectifs.

- Animaux ou plantes de grande taille
- Plusieurs reproduction (itéroparité) avec parfois des couples stables (oiseaux)
- Peu de descendants avec forte espérance de vie
- Soins parentaux aux jeunes, ce qui a un coût énergétique pour les parents et réduit leur espérance de vie



Campbell



(b) Certaines espèces végétales, comme le noyer d'Amazonie (à droite), produisent un petit nombre de graines volumineuses insérées dans une gousse (ci-dessus). De grandes quantités d'albumen fournissent des nutriments à l'embryon, une adaptation qui favorise le succès d'une proportion.

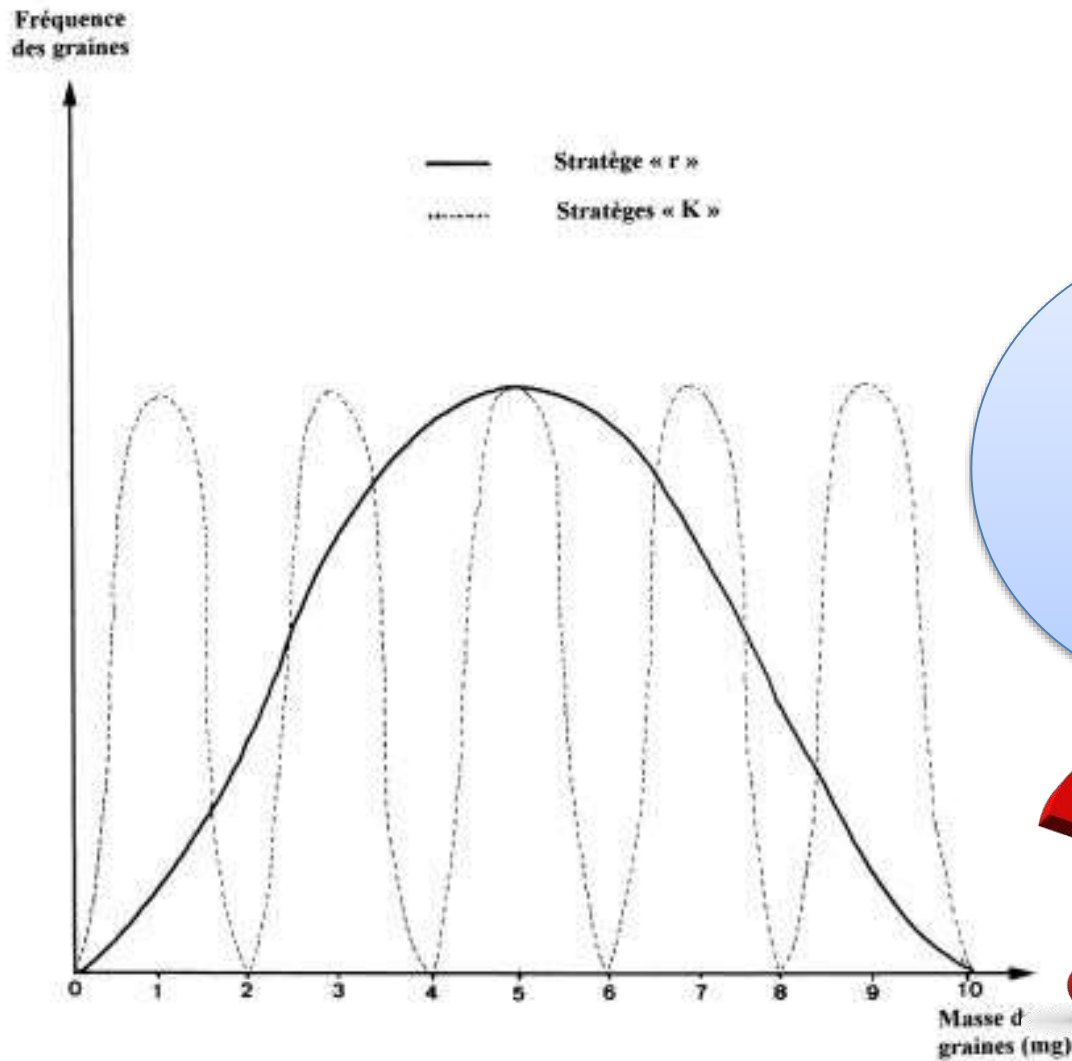
Noyer d'Amazonie (*Bertholletia excelsa*), ou noyer de milieu tempéré : graines avec beaucoup d'albumen

### Condition d'apparition :

- Avantage dans un milieu stable
- Milieu avec forte compétition entre adultes pour les ressources (milieu proche de K)

Les plantes pérennes sont à la fois K et r (très nombreux fruits) ex: chêne





Proposez une hypothèse permettant d'expliquer la faible taille des niches des stratégies K



Ecologie: Approche scientifique et pratique  
 Claude Faurie  
 Tec & Doc

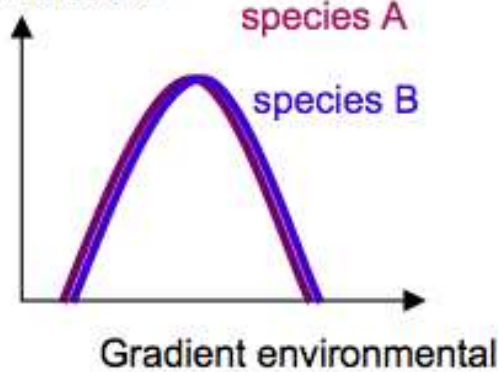
Figure 24 ■ Diagramme montrant la fréquence des graines consommées selon leur masse par un Oiseau granivore stratégie « r » et par des granivores stratégies « K » (d'après Blondel et Frochet in Blondel 1979, *Biogéographie et écologie*, Masson, Paris).

# Les mécanismes de l'évolution

Réutiliser



Valeur sélective  
« Fitness »

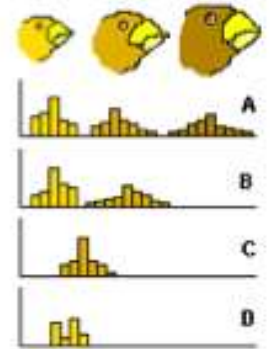
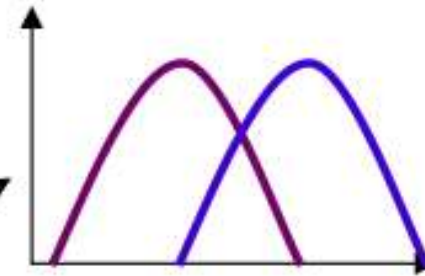


Evolution

2 stratégies K en compétition évoluent vers une séparation de leurs niches

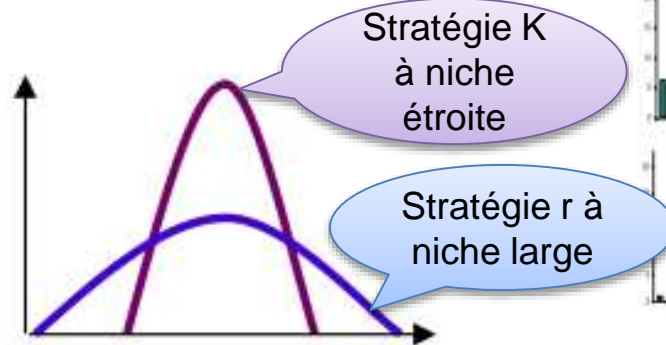
Déplacement de phénotype

*différentes positions de niche*



Variation de largeur de niche

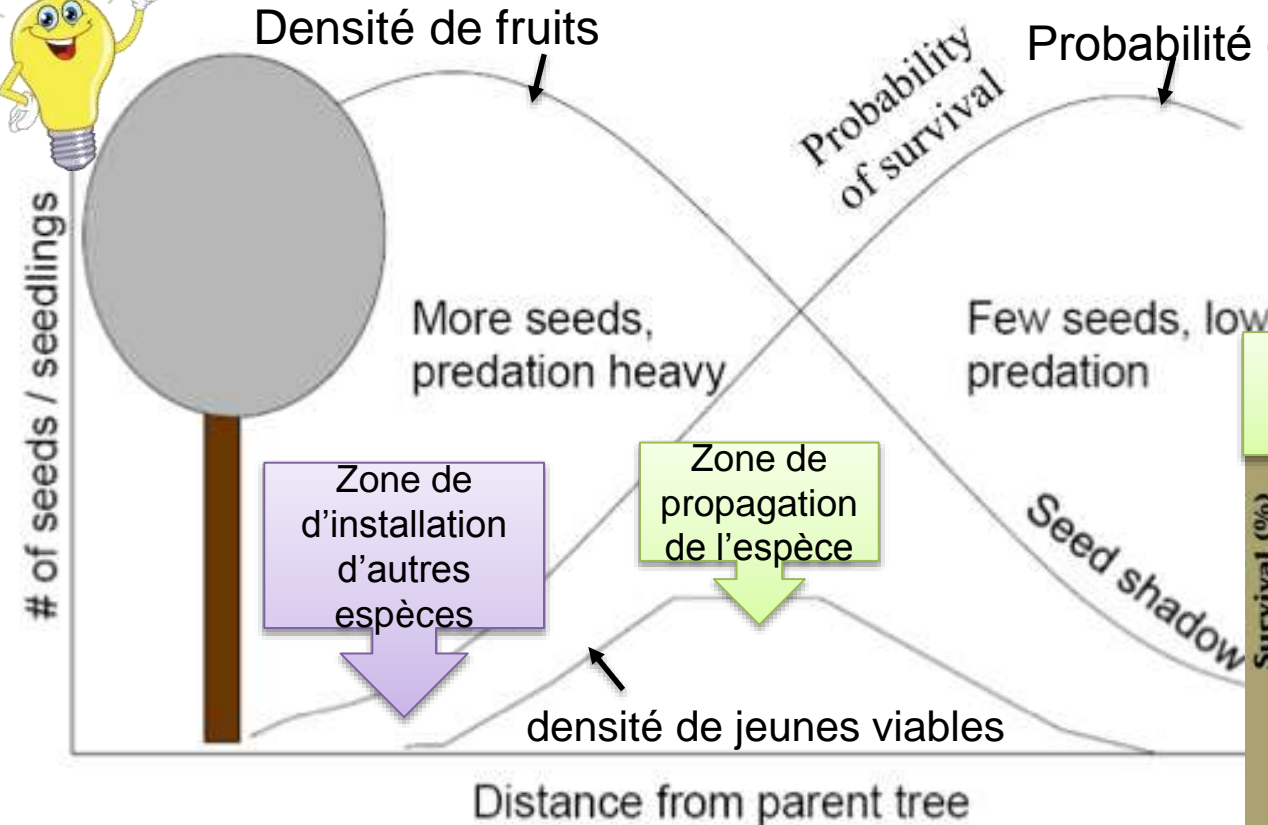
*différentes stratégies de niche*



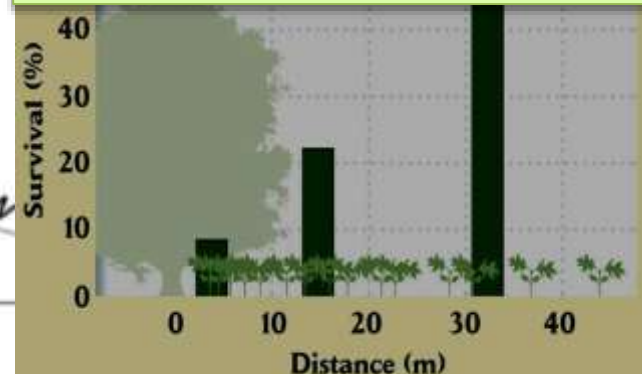
Un stratège « r » exploite mal le milieu mais a plus de souplesse, et peut éviter la compétition avec un K

## 23.3. La niche est aussi délimitée par des rétroactions négatives faisant intervenir des relations trophiques inter-espèces

**L'effet Janzen-Connell (1970):** Les plants adultes inhibent, **via des interactions interspécifiques négatives**, le développement de jeunes plants d'une espèce à proximité d'eux. Ils attirent des phytophages, des parasites et des pathogènes spécifiques de l'espèce. **Autour de ces adultes, d'autres espèces peuvent s'installer, ce qui contribue à la biodiversité!**



Démonstré en forêt tropicale et pour le pin d'Alep (2011)



**Est-ce que l'effet Janzen-Connell existe dans une prairie tempérée?**  
Hypothèse : une plante adulte limite l'installation de jeunes plants de même espèce via des interactions interspécifiques dans le sol

## Exercice concours

Savoir analyser un protocole

### Protocole

- Des monocultures de 24 espèces prairiales ont été cultivées en plein champ dans le même sol durant 3 ans (en suisse). Ces espèces forment 3 groupes fonctionnels: les Poacées/Graminées, les Fabacées/légumineuses, les autres herbacées
- On prélève ces sols pour des culture en serre
- Une espèce est cultivée dans deux conditions : (1) en monoculture, (2) en association avec deux autres espèces prairiales appartenant aux deux autres groupes fonctionnels. -> **but?**
- Ces cultures de font soit sur le sol d'origine, soit sur un sol étranger qui a servi pour la monoculture d'une autre espèce. -> **but?**
- Après 8 semaines de culture en serre, les plantes sont récoltées et on pèse la matière sèche. On calcule pour chaque plante le logarithme de la du rapport biomasse sur sol d'origine/ biomasse sur sol étranger. -> **que signifie une valeur négative?**



En quoi ce protocole permet-il (ou pas) de répondre à la question ?

Analysez ce graphique

# Exercice concours

## Protocole

- Avant installation des plantes, on a fait subir au sol plusieurs traitements -> **but?**

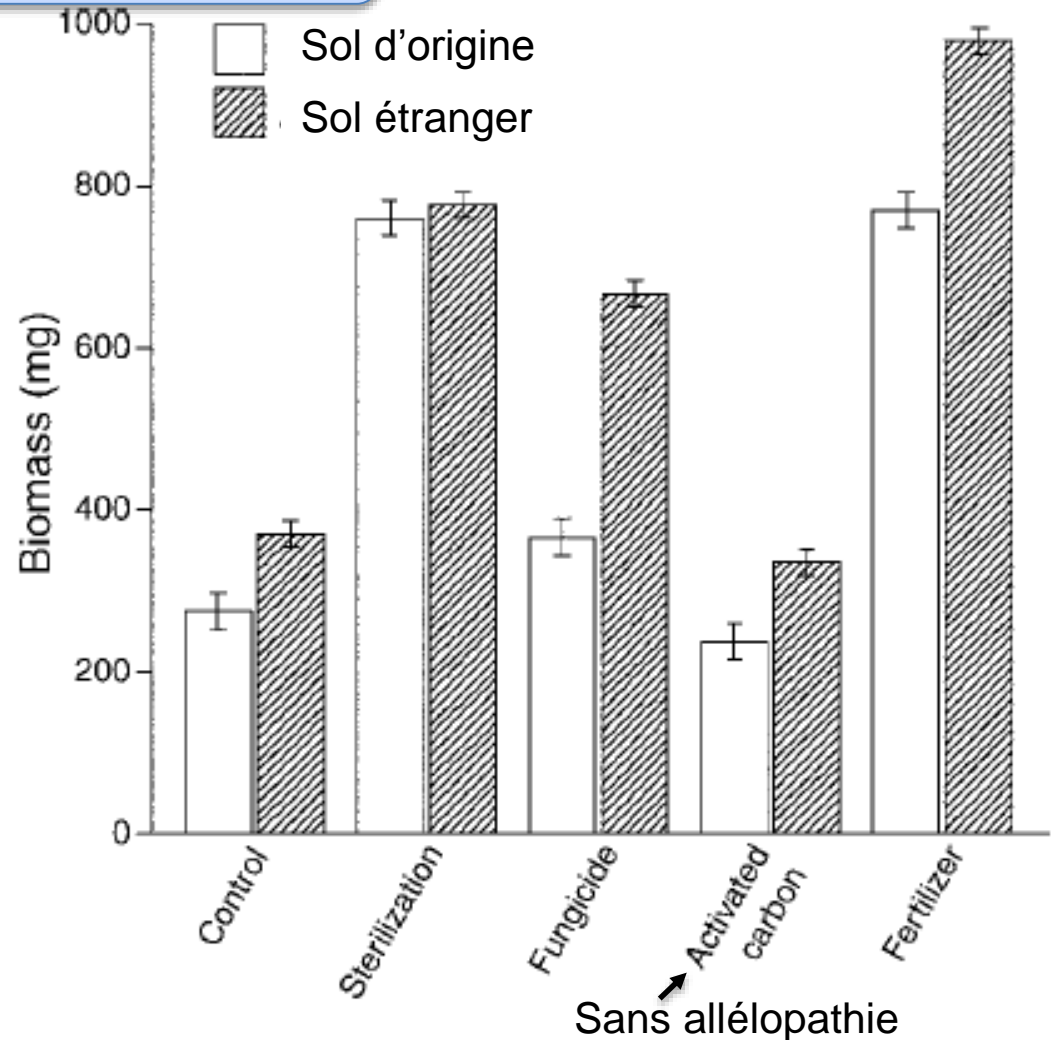


FIG. 1. Absolute biomass per plant individual (mean  $\pm$  SE) on home soils (open bars) and away soils (hatched bars) for controls and the four soil treatments; data are from monocultures and three-species competition treatments combined. Only soil sterilization eliminates the disadvantage of growing on home soils.

# Solution

ce n'est pas une compétition intraspécifique directe, puisque l'effet disparaît quand le sol est stérilisé -> intervention d'autres organismes

**Plante adulte -> effet négatif via les bactéries et les eucaryotes autres que les Mycètes du sol -> limite la germination ou la croissance des jeunes plants de même espèce -?-> espace disponible pour d'autres espèces? (effet Janzen-Connell)**

Bilan: Certaines plantes limitent leur réinstallation les années suivantes sur le même sol, à cause de relations trophiques **interspécifiques** dans le sol, mais qui ne concernent pas les Eumycètes.



## SOLS NON TRAITES

## SOLS STERILISES

Culture avec 2 autres espèces

Monocultures

Culture avec 2 autres espèces

Monoculture

Log (Biomasse sur sol d'origine/biomasse sur un autre sol)

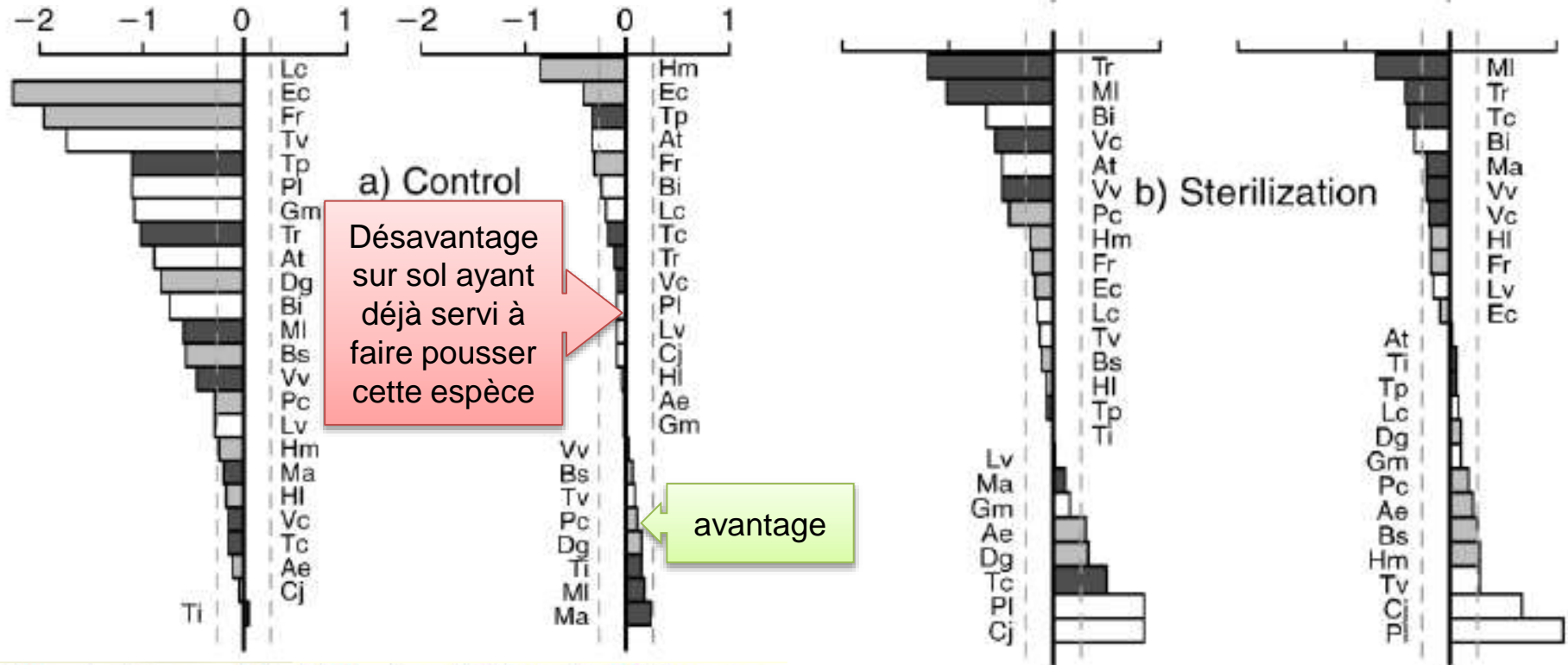


FIG. 2. Mean soil feedbacks for all 24 species of European grassland plants: biomass of individual plants on home soils was divided by biomass of individuals on away soils for each species, then log-transformed. Negative values correspond to a net disadvantage on home soils (negative feedback); positive values to a benefit on home soils (positive feedback). The left-hand column shows plants grown with competition from other functional groups; the right-hand column shows monocultures. Dashed lines show  $\pm$ SE around zero. Forbs are represented by white bars, grasses by light gray bars, and legumes by dark gray bars. Abbreviations: At, *Arctium tomentosum*; Ae, *Arrhenaterum elatius*; Bi, *Berteroa incana*; Bs, *Bromus sterilis*; Cj, *Centaurea jacea*; Dg, *Dactylis glomerata*; Ec, *Echinochloa crus-galli*; Fr, *Festuca rubra*; Gm, *Galium mollugo*; Hl, *Holcus lanatus*; Hm, *Hordeum murinum*; Lc, *Lepidium campestre*; Lv, *Leucanthemum vulgare*; MI, *Medicago lupulina*; Ma, *Melilotus albus*; Pc, *Panicum capillare*; Pl, *Plantago lanceolata*; Tv, *Tanacetum vulgare*; Tc, *Trifolium campestre*; Ti, *T. incarnatum*; Tp, *T. pratense*; Tr, *T. repens*; Vc, *Vicia cracca*; Vv, *V. villosa* (Lauber and Wagner 1996). Lc indicates the control (outlier excluded).



# SOLS NON TRAITES

# Solution

# SOLS STERILISES

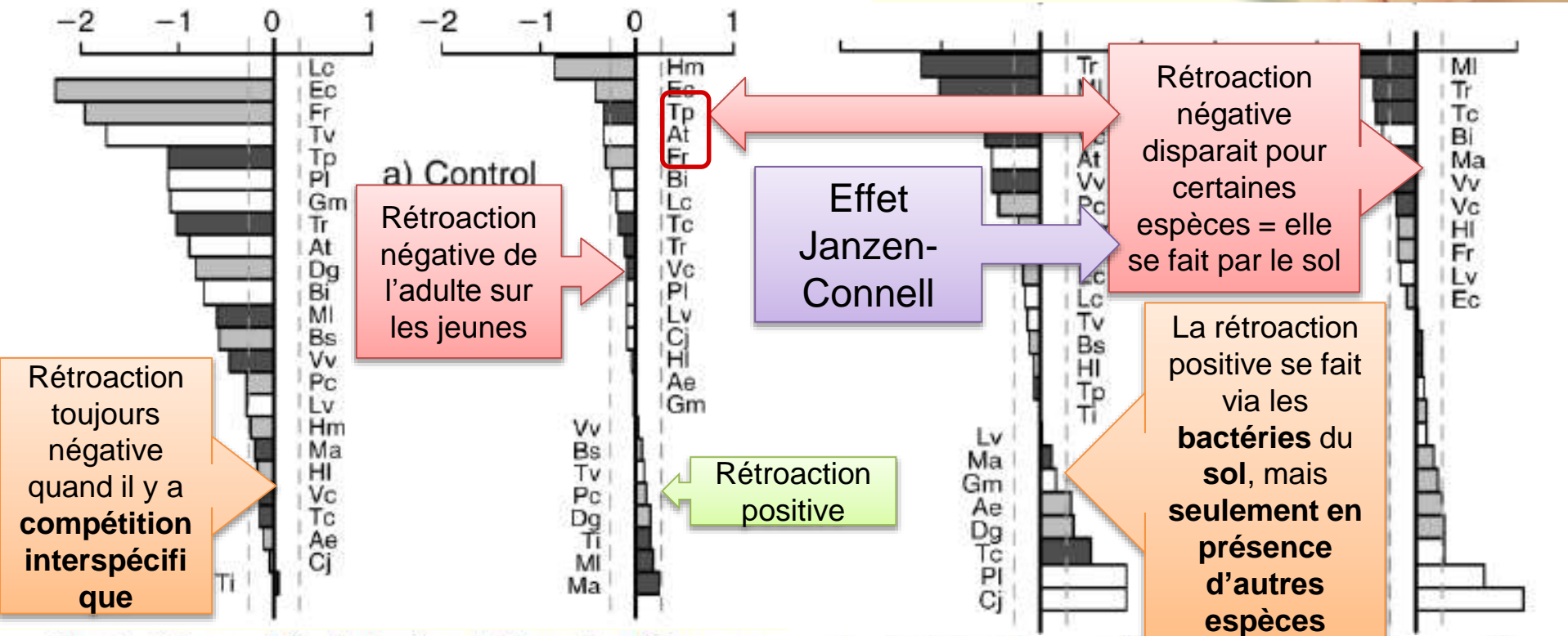
Culture avec 2 autres espèces

Monocultures

Culture avec 2 autres espèces

Monoculture

Log (Biomasse sur sol « home »/ biomasse sur un autre sol)



En situation de compétition, la croissance des plantes est toujours réduite ici (à part le trèfle violet Ti qui est envahissant)

es of European grassland plants: biomass of individual plants on home soils was  
ils for each species, then log-transformed. Negative values correspond to a net  
); positive values to a benefit on home soils (positive feedback). The left-hand  
om other functional groups; the right-hand column shows monocultures. Dashed  
ented by white bars, grasses by light gray bars, and legumes by dark gray bars.  
*henaterum elatius*; Bi, *Berteroa incana*; Bs, *Bromus sterilis*; Cj, *Centaurea jacea*; Dg,  
*Dactylis glomerata*; Ec, *Echinochloa crus-galli*; Fr, *Festuca rubra*; Gm, *Galium mollugo*; Hl, *Holcus lanatus*; Hm, *Hordeum murinum*;  
Lc, *Lepidium campestre*; Lv, *Leucanthemum vulgare*; Ml, *Medicago lupulina*; Ma, *Melilotus albus*; Pc, *Panicum capillare*; Pl,  
*Plantago lanceolata*; Tv, *Tanacetum vulgare*; Tc, *Trifolium campestre*; Ti, *T. incarnatum*; Tp, *T. pratense*; Tr, *T. repens*; Vc, *Vicia*  
*cracca*; Vv, *V. villosa* (Lauber and Wagner 1996). Lc indicates the control (outlier excluded).

# SOLS NON TRAITES

# SOLS STERILISES

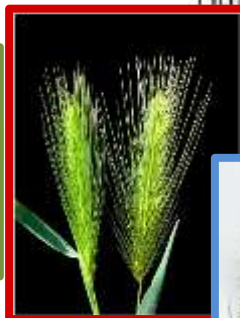
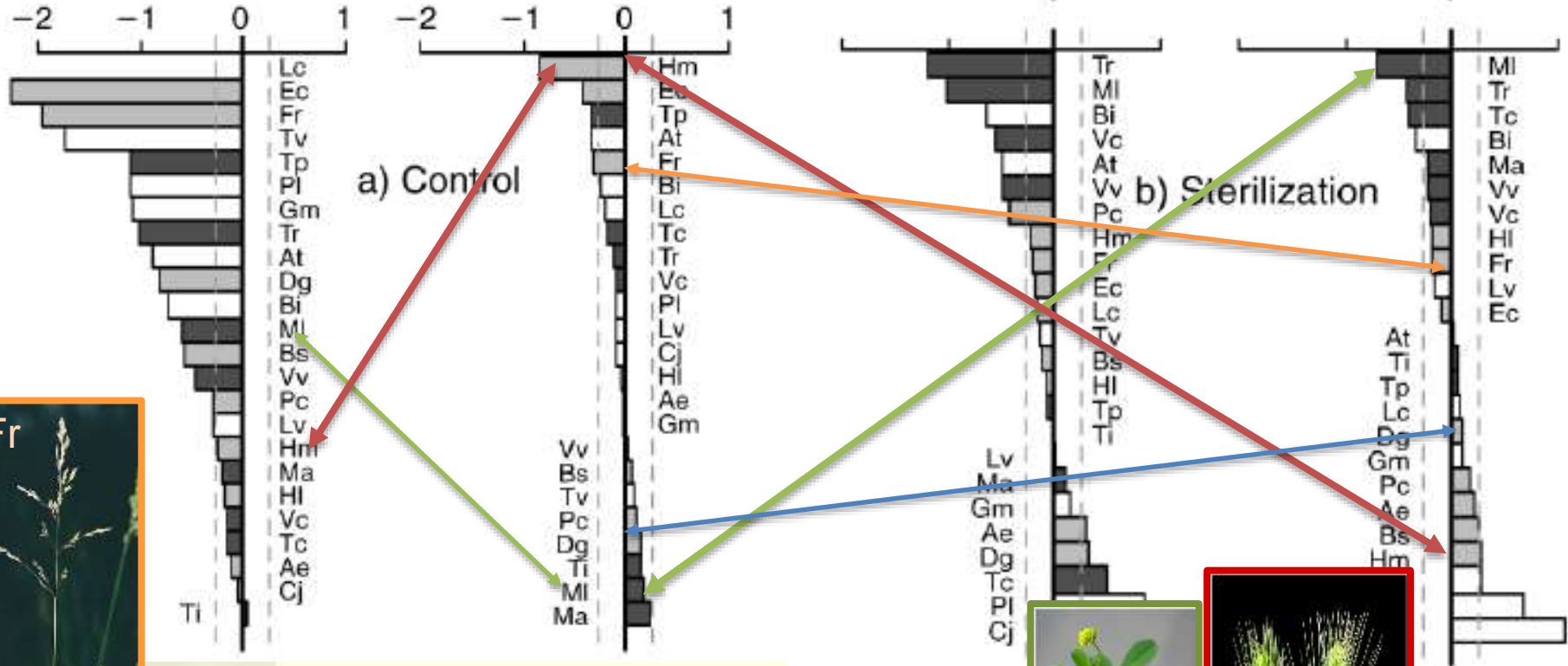
Culture avec 2 autres espèces

Monocultures

Culture avec 2 autres espèces

Monoculture

Log (Biomasse sur sol « home »/ biomasse sur un autre sol)



## Analysez 4 espèces :

MI = *Medicago lupulina* = le lupin, fabacée fourragère

Hm = *Hordeum murinum* = orge des rats, poacée sauvage

Dg = *Dactylis glomerata* = dactyle aggloméré, poacée sauvage

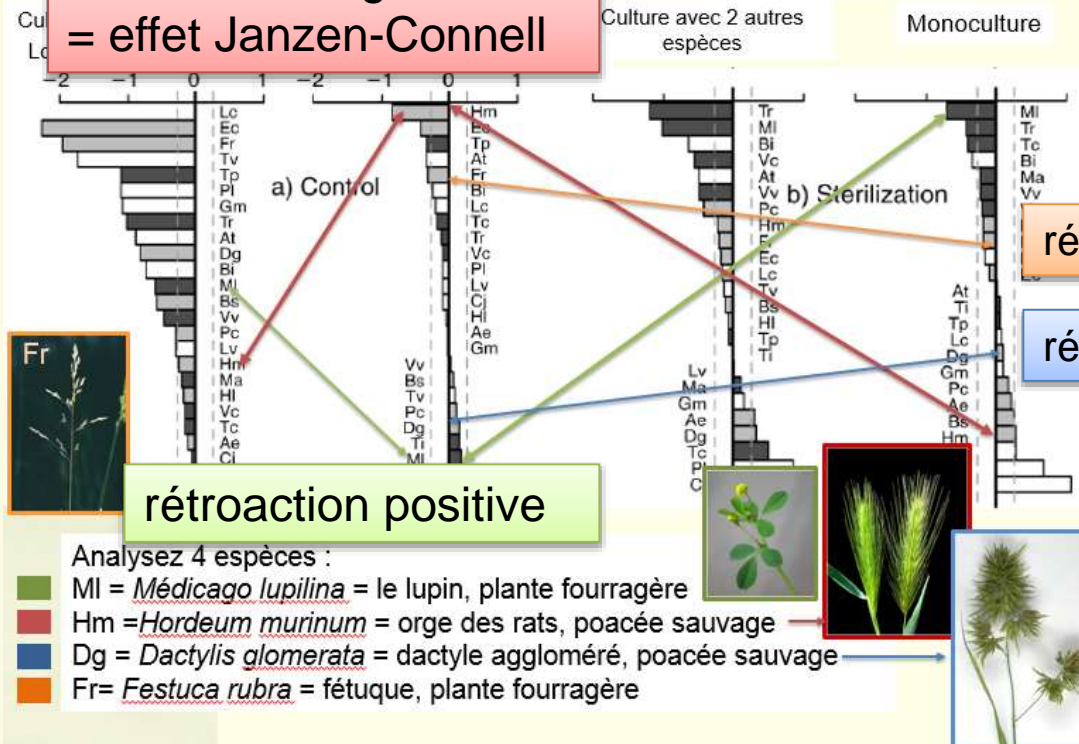
Fr = *Festuca rubra* = fétuque, graminée fourragère

rétroaction négative  
= effet Janzen-Connell

SOLS STERILISES

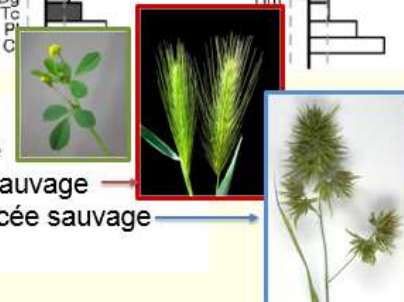
Culture avec 2 autres espèces

Monoculture



rétroaction négative indépendante du sol

rétroaction positive indépendante du sol

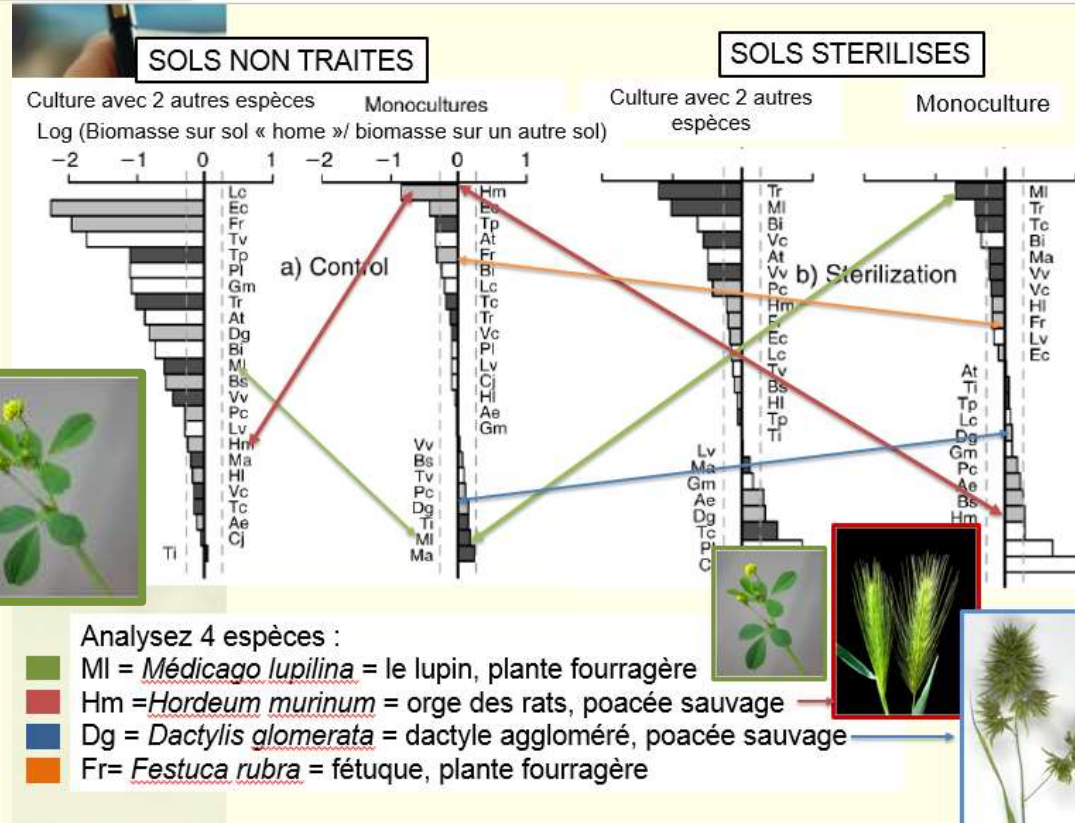


- En monoculture, il y a 3 cas, correspondant à 3 processus différents :
1. Effet positif sur sa réinstallation qui est inversé par stérilisation : *Medicago lupulina* -> **l'adulte attire des micro-organismes du sol spécifiques qui favorisent l'implantation des jeunes plants de son espèce** (rétroaction positive = effet inverse de Janzen-Connell). **Pour les Fabacées, il s'agit du Rhizobium de leur espèce.**
  2. Effet négatif sur sa réinstallation qui est inversé par stérilisation : *Hordeum murinum* -> **l'adulte attire des micro-organismes du sol spécifiques qui inhibent l'implantation des jeunes plants de son espèce** (rétroaction négative = effet Janzen-Connell)
  3. Pas d'effet de la stérilisation : *Dactylis glomerata* + *Festuca rubra* -> **l'effet positif (Dg) ou négatif (Fr) ne s'explique pas par les micro-organismes du sol.** Il pourrait s'agir de la libération de molécules organiques.

# Solution

En situation de compétition interspécifique,

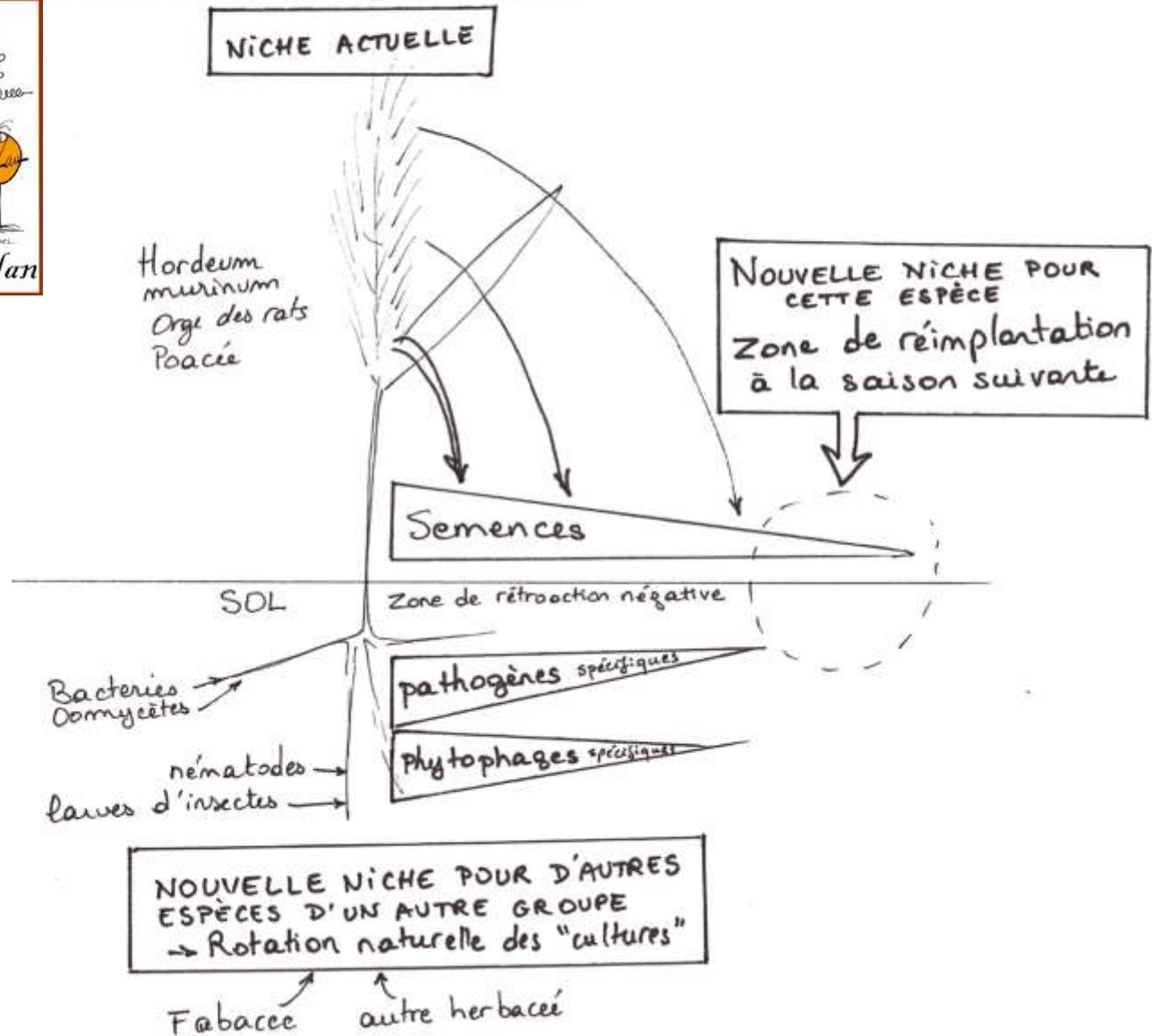
la rétroaction positive de *Medicago lupulina* n'est plus visible -> cette espèce n'est pas une bonne compétitrice et l'augmentation de fitness par la rétroaction positive ne suffit pas à combler l'écart de fitness avec d'autres espèces -> élimination à long terme de la Fabacée (très classique dans une prairie et problématique)



En situation de compétition, la rétroaction négative de *Hordeum murinum* est moins visible -> cette espèce est une bonne compétitrice, ce qui compense un peu cette rétroaction négative.

# Les relations interspécifiques délimitent la niche écologique réalisée de façon dynamique, par des rétroactions

la niche  
Exemple de l'effet Janzen-Connell dans la prairie



L'effet Janzen-Connell dans la prairie induit une rotation annuelle naturelle des types de plantes en un lieu

-> explique

- (1) l'efficacité de l'assolement triennal utilisé jusqu'à la révolution verte;
- (2) les pathologies des sols en monoculture

# L'effet Janzen-Connell pourrait expliquer le maintien de la biodiversité des prairies (modèle mathématique)

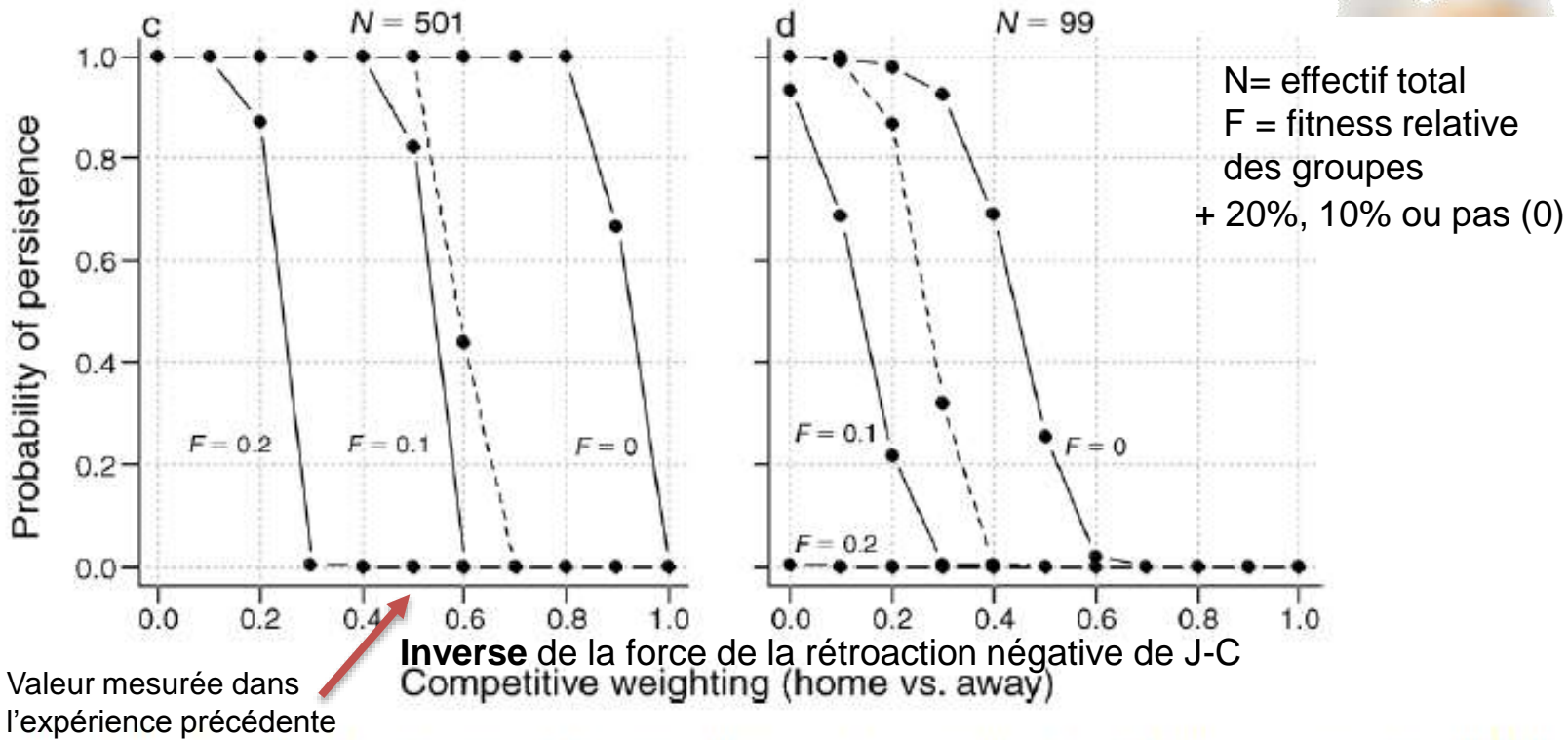


FIG. 3. Community dynamics with and without negative soil feedbacks: in a community of fixed total size ( $N$ ), the probability of all three functional groups persisting for 10 000 years decreases as the competitive weighting (home vs. away) increases, and as fitness differences ( $F$ ) between functional groups increase from zero ( $F=0$ ) to 10% ( $F=0.1$ ) and 20% ( $F=0.2$ ). As the community size decreases from  $\sim 5000$  to  $\sim 100$  (a–d) a lower weighting (home vs. away) is needed to ensure persistence. Fitness differences are incorporated as differences in death rates. Model simulations using observed fitness differences between functional groups (average death rates over the summer) are also shown (dashed line). The competitive weighting (home vs. away) estimated in this experiment is 0.5.

Avec un fort effectif, si les fitness des 3 espèces sont proches, une très faible rétroaction négative de Janzen-Connell est suffisante pour maintenir la biodiversité



# A RETENIR

Une niche écologique est l'utilisation globale qu'une espèce fait des ressources biotiques et abiotiques de son milieu. C'est donc une propriété de l'espèce, mais dans la réalité la niche réalisée est réduite par rapport à la niche potentielle à cause des interactions interspécifiques directes (compétition) ou indirectes (effet Janzen-Connell).

- Les compétitions entre espèces aboutissent à court terme à des **exclusions** de niche, si bien que dans un écosystème **deux espèces ne peuvent jamais occuper la même niche écologique**.
- À long terme, ces exclusions tendent à faire **évoluer** les niches des stratégies **K, qui se spécialisent**. Cela peut aboutir à l'apparition de nouvelles espèces quand la séparation des niches est totale. (on parle ici d'espèce au sens écologique).
- Les **stratégies r ont une niche large non spécialisée**.
- Il peut exister des **rétroactions** (positives ou négatives) qui contribuent aussi à délimiter la niche réalisée d'une espèce. La rétroaction la plus connue est celle de **Janzen-Connell**. Son mode d'action est bien identifié en ce qui concerne les arbres tropicaux dont les fruits sont comestibles, mais il n'est pas connu dans la prairie. Il semble contribuer au maintien de la biodiversité, via un effet sur le sol.

## 9. Une niche écologique

- a) c'est l'habitat d'une espèce, ainsi que le climat
- b) est délimitée par les compétitions avec les autres espèces

## 11. L'effet Janzen-Connell c'est

- a) L'effet négatif d'une plante sur une autre de son espèce, par sa toxicité
- b) un recrutement de pathogènes et de phytophages du sol par une plante annuelle, ce qui l'empêche de se réimplanter au même endroit



## 2.4. Les relations interspécifiques structurent les biocénoses

### 24.1. Les espèces dominantes sont les plus abondantes

#### 1- dominante par son abondance (nombre ou biomasse)

##### Étude de cas :

- 1910 Châtaigner d'Amérique *Castanea dentata* = 40% des forêts d'Amérique du Nord
- Introduction accidentelle de la brûlure du châtaigner à New York (champignon ascomycète)
- De 1910 à 1950 mort de presque tous les châtaigniers de l'est des USA et Canada ( 4 milliards d'arbres)
- Remplacement par des chênes et de hêtres, et érables rouges
- Pas d'effet observé sur faune sauf disparition de 7 espèces de papillons.
- Solution 1 : Des croisements se font également avec des châtaigniers asiatiques
- Solution 2 : OGM pour les rendre résistants à l'acide oxalique (produit par le champignon) qui attaque l'arbre



wikipedia

Une espèce dominante peut être remplacée par une autre, sans dommage important pour l'écosystème

## **24.2. Les bovins sont l'espèce « clef de voûte » qui entretient un stade intermédiaire dans les successions végétales de la prairie**

Espèce clé (ou clé de voûte) : qui a un rôle central dans la dynamique de la communauté. Sa disparition bouleverse complètement l'écosystème et induit la disparition de nombreuses autres espèces.

Les bovins sont à la fois une espèce clé et une espèce architecte, mais toutes les espèces ingénieurs ne sont pas forcément des espèces clé de voûte (ex: castor)

**La succession écologique** décrit le processus naturel d'évolution et développement de l'écosystème d'un stade initial à un stade théorique dit climacique (le climax).

(Les successions écologiques ne sont pas à connaître.)

Sans pâturage (l'action de brouter), une prairie évolue spontanément vers une forêt.

Le pâturage maintient l'écosystème au stade de prairie fermée.

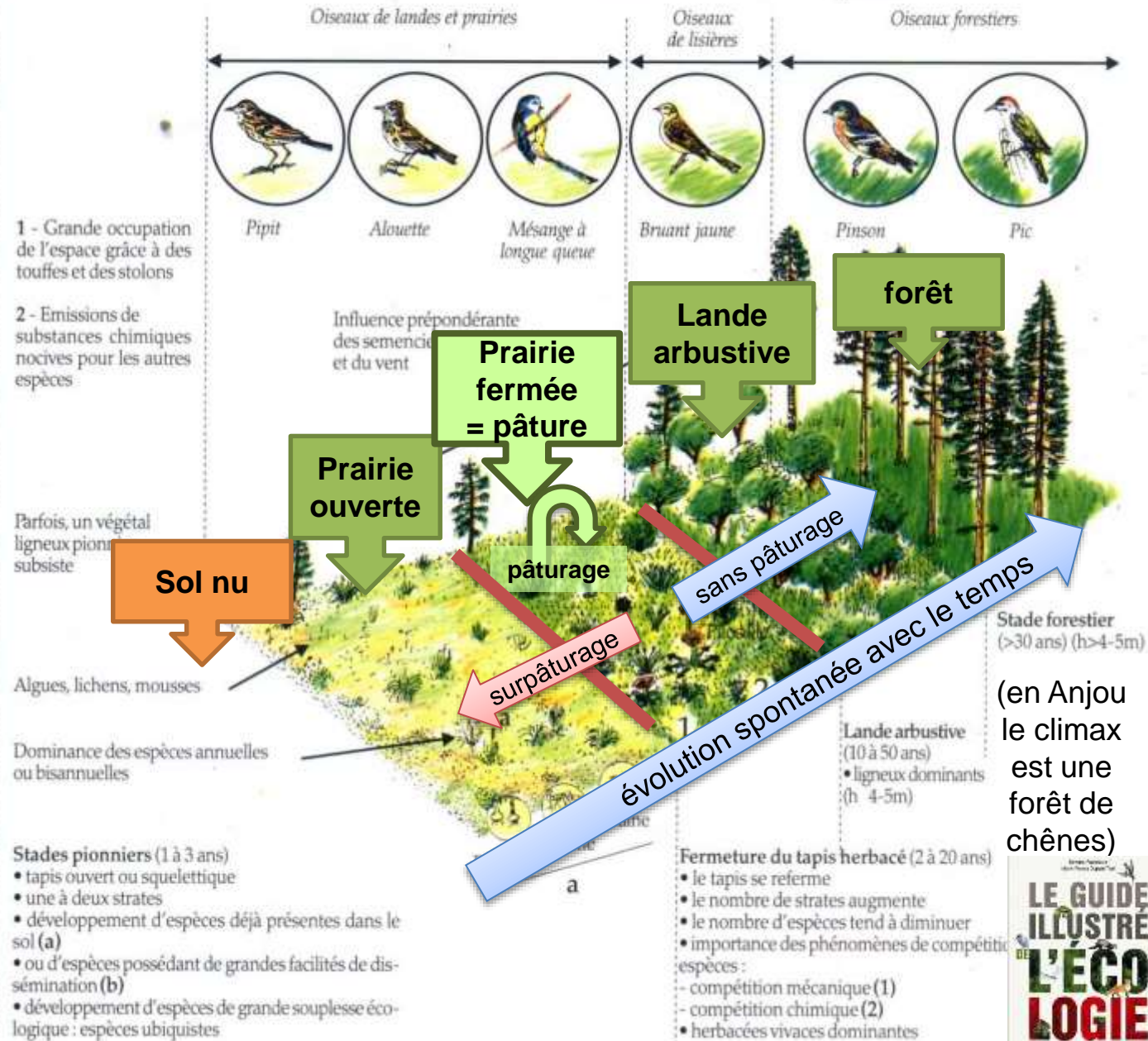


Pâturage désigne à la fois la prairie pâturée (lang. courant) et l'action de brouter. (écologie)

# Les séries progressives

## LES SUCCESSIONS PRIMAIRES

L'évolution de la faune suit celle de la végétation



(en Anjou le climax est une forêt de chênes)



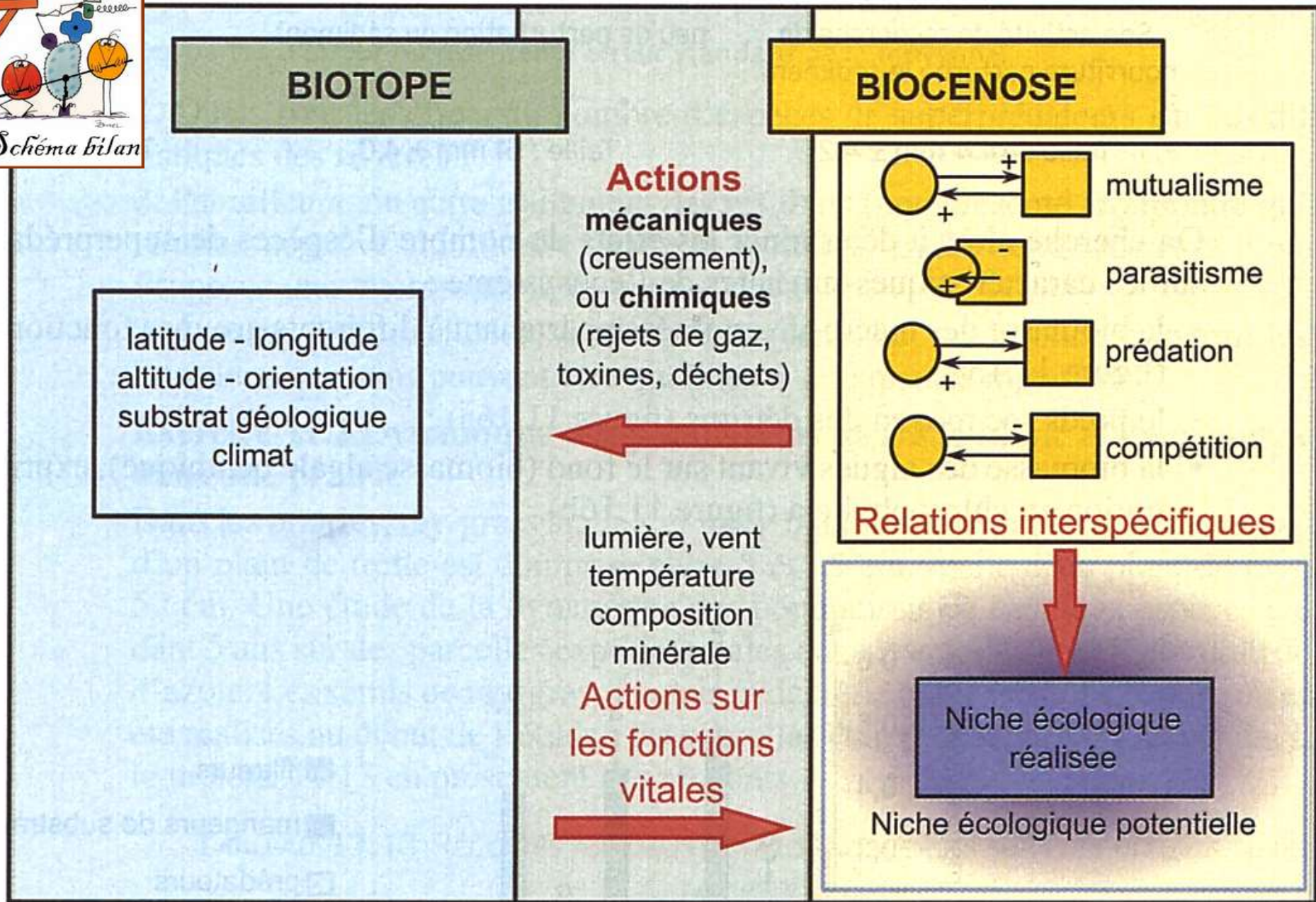


# A RETENIR

Une espèce clé (ou clé de voûte) a un rôle central dans la dynamique de la communauté. Sa disparition bouleverse complètement l'écosystème.

C'est le cas la vache, car si une prairie n'est plus pâturée, elle se transforme rapidement en lande, puis en forêt.

- L'espèce dominante est la plus abondante.
- Ce n'est pas forcément une espèce clé, car elle peut parfois être remplacée sans grand dommage pour l'écosystème.



**FIGURE DE SYNTHÈSE** Les relations au sein d'un écosystème.



10. Associez un mot et sa définition

(1) une espèce architecte

(2) une espèce clé

(3) une espèce dominante

a) est la plus abondante de l'écosystème

b) façonne l'écosystème en le modifiant profondément

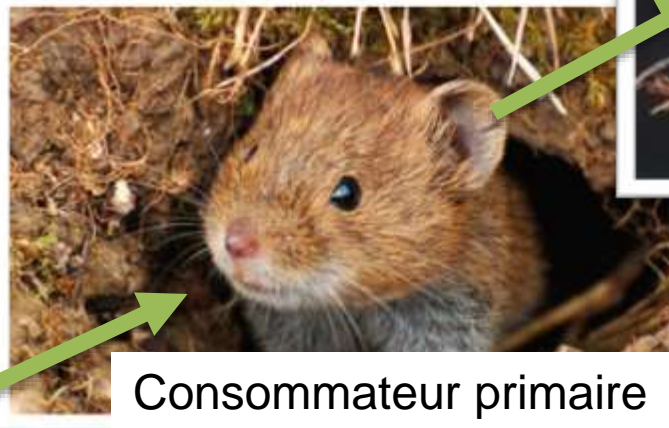
c) est essentielle à la pérennité de l'écosystème

### 3. LES INTERACTIONS TROPHIQUES PEUVENT ÊTRE REPRÉSENTÉES SOUS FORME DE CHAINES ET PYRAMIDES TROPHIQUES

3.1. Une chaîne trophique est une succession d'êtres vivants qui consomment les organismes du niveau trophique inférieur

Un niveau trophique désigne la **position** occupée par un organisme dans une chaîne alimentaire.

Consommateur secondaire  
= prédateur



Consommateur primaire  
= phytophage

Producteur primaire

## 31.1. Il existe 3 types de chaînes alimentaires : de prédateurs, de détritivores, de parasites

1. Les **producteurs primaires** (les végétaux chlorophylliens) -> à l'origine de toutes les chaînes
2. Les **consommateurs** (les animaux)
  1. les phytophages = consommateurs primaires
  2. les carnivores primaires qui se nourrissent des herbivores = consommateurs secondaires (prédateur)
  3. les carnivores secondaires qui se nourrissent des carnivores primaires = consommateurs tertiaires

**(1) -> chaîne de consommateurs, ou de prédateurs**

3. Les **décomposeurs** (animaux détritivores, bactéries, champignons)

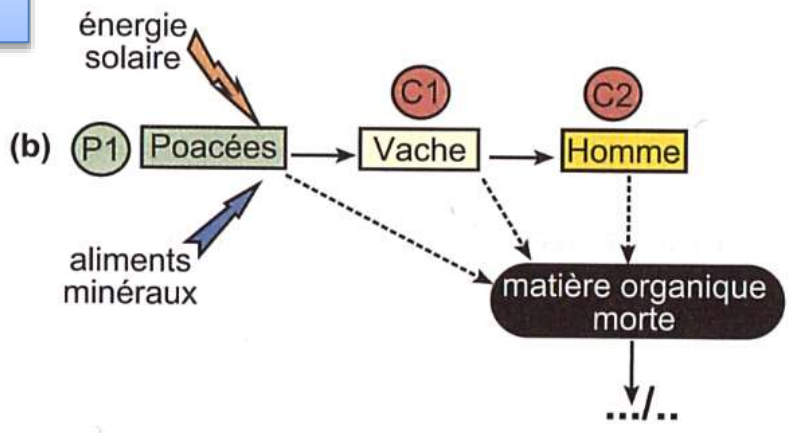
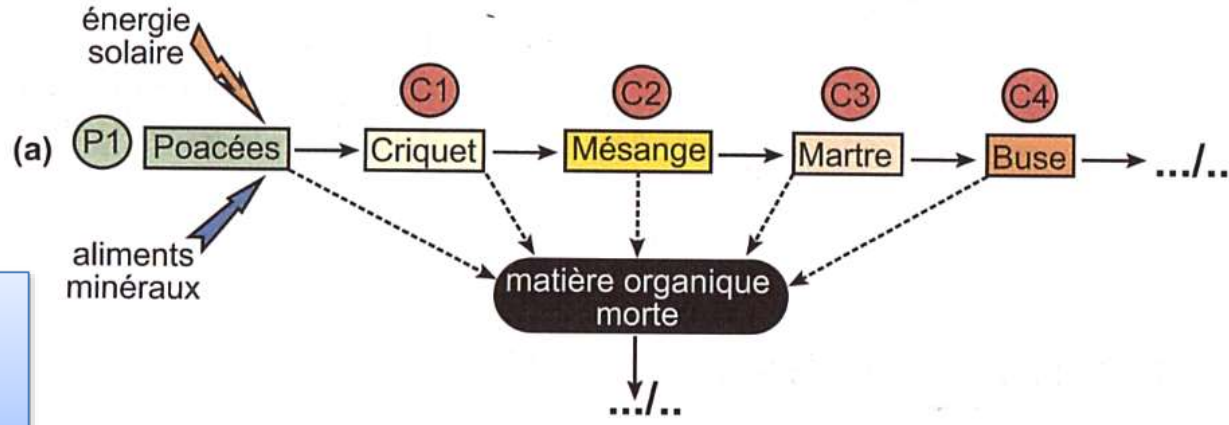
**(2) -> chaîne de détritivores ou saprophagiques**

4. Les **parasites**

**(3) -> chaînes de parasites**

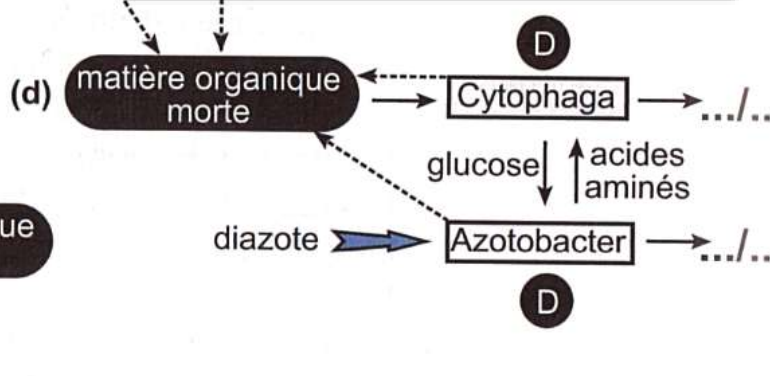
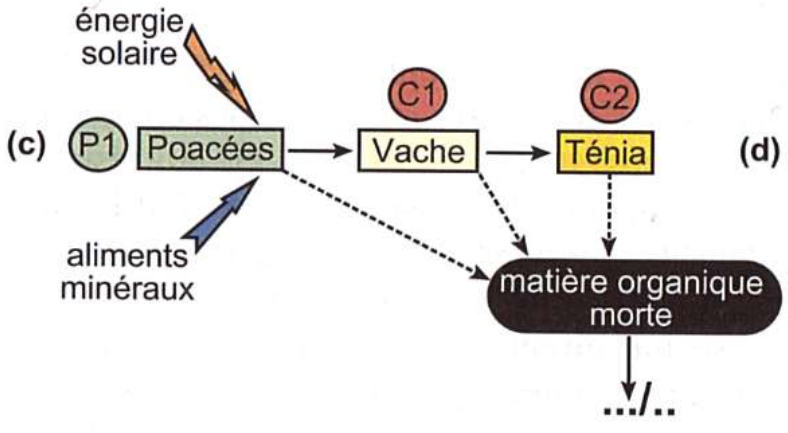


**(1) -> chaine de consommateurs, ou de prédateurs**



→ « mangé par »  
 (P1) producteur primaire  
 (Cn) consommateur de rang n  
 (D) décomposeur  
 - - - - - dépôt de matière

**(2) -> chaine de détritivores ou saprophagiques**



**(3) -> chaînes de parasites**



**FIGURE 12.1** Quelques chaînes trophiques au sein d'une prairie pâturée. (a) et (b) Chaînes de consommateurs ; (c) chaîne de parasites ; (d) chaîne de détritivores.

## 31.2. Le niveau trophique est le rang qu'occupe un être vivant dans une chaîne trophique

Le niveau trophique est le **rang** qu'occupe un être vivant dans une chaîne trophique.

Au-dessus du niveau de la production primaire, chaque maillon (ou étage) d'une chaîne alimentaire correspond à un niveau trophique.



Producteur primaire

Consommateur primaire  
= phytophage

## 3.2. Chaque niveau trophique est caractérisé par ses prélèvements et rejets de matière, et la production de biomasse

### 32.1. Les producteurs primaires sont des autotrophes : photolithotrophes ou des chimiolithotrophes

**Production = synthèse de matière organique**

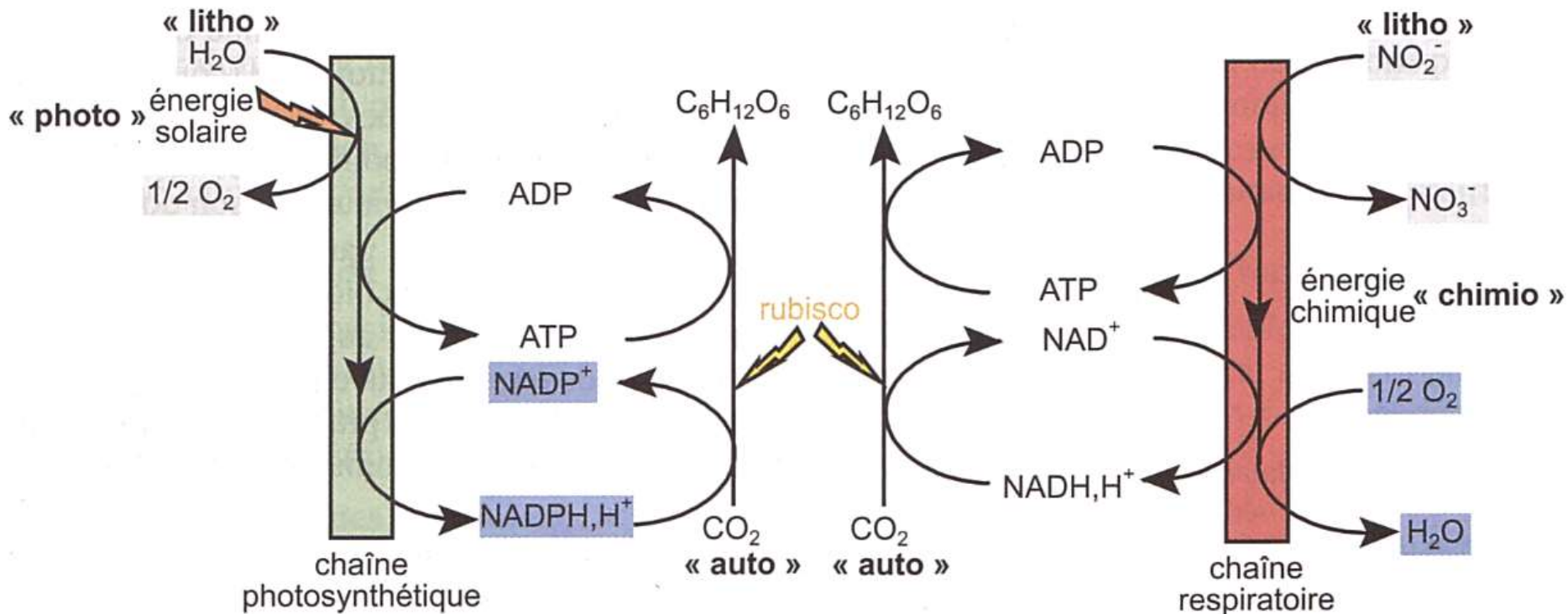
**Production du 1<sup>er</sup> niveau trophique = production primaire**

Dans la prairie, les producteurs primaires sont les plantes = **photolithotrophes** (C, N, S, P sont absorbés sous forme minérale et transformés grâce à l'énergie lumineuse)

Dans le sol, il y a des bactéries **chimiolithotrophes** qui transforment l'azote (oxydation  $\text{NH}_4^+$  et réduction du  $\text{CO}_2$ )



# Le principe de la production primaire par les photolithotrophes & chimiolithotrophes



Photolithoautotrophie

Plantes de la prairie

Chimiolithoautotrophie

Nitrobacter (sol)

12.2 Processus globaux impliqués dans la photolithotrophie et la chimiolithotrophie.

Facilitation (fournit des nitrates)

## Définitions

- Biomasse = quantité de matière vivante (dans un écosystème, ou un niveau trophique) à un moment donné. On la mesure en masse, ou nombre d'individus, ou volume... rapporté à une surface ou à un nombre d'individus
- production = quantité de matière sèche synthétisée **par unité de temps** pour une biomasse donnée. C'est un **flux!** (t/an)
- Production primaire brute = production des producteurs primaires (autotrophes)



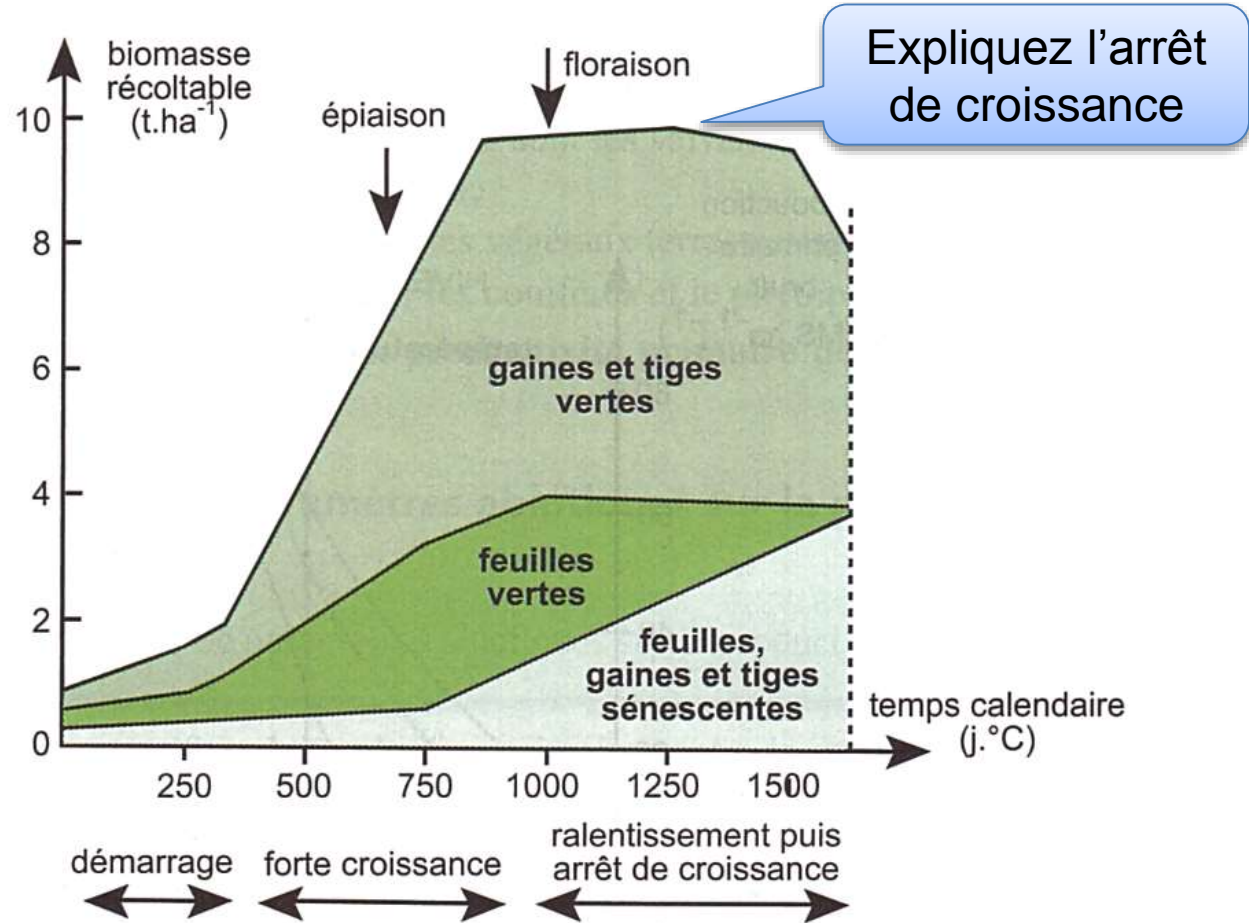
Productivité = **production/biomasse**

- Taux de renouvellement de la biomasse (turnover) =  $1/\text{productivité}$

Temps de séjour

# L'essentiel de la production de la biomasse dans la prairie pâturée se fait par les Poacées/Graminées

- leur croissance est très rapide
- phénomène de tallage = production de nouvelles tiges avec des racines adventives à l'aisselle des feuilles.



Expliquez l'arrêt de croissance

**FIGURE 12.4** Croissance d'une prairie permanente au cours de son premier cycle ; les flèches noires figurent les stades d'épiaison et de floraison du dactyle (D'après Gibon A.). L'abscisse comporte le cumul jour après jour de températures calculées de façon de quantifier la chaleur qui conditionne la durée d'un développement. Les valeurs journalières sont établies ainsi :  $[(T^{\circ}\text{max} - T^{\circ}\text{min})/2] - T^{\circ}\text{base}$ , où  $T^{\circ}\text{max}$  et  $T^{\circ}\text{min}$  sont les températures extrêmes de la journée et  $T^{\circ}\text{base}$  une température de référence, choisie en fonction du développement étudié. Elle est de 0 °C pour la fétuque, 4 à 5 °C pour le dactyle, 6 °C pour le ray-grass.



### 5.4.2. *Agriculture et fonctionnement des écosystèmes*

Dans le domaine agricole l'Homme recherche une production nette maximale. C'est pourquoi il sélectionne des espèces en les manipulant pour qu'elles présentent un caractère « r » le plus marqué possible. Ceci implique :

- une production nette donc une productivité extrêmement importante ;
- parallèlement un gaspillage de matière et d'énergie considérable, caractéristique des stratégies « r » ;
- la nécessité de leur apporter des engrais et de l'eau dans des conditions non naturelles. Cet apport d'engrais est d'autant plus indispensable que contrairement à ce qui se passe dans le milieu naturel, la biomasse ne se décompose pas sur place, elle est exportée dans les récoltes et ne permet pas la reminéralisation du sol.

**Ecologie:  
Approche  
scientifique et  
pratique**  
Par Claude  
Faurie

La production primaire **brute** est quantité de matière produite par unité de temps, mais une partie est détruite par le catabolisme. Le reste est la production primaire **nette**.

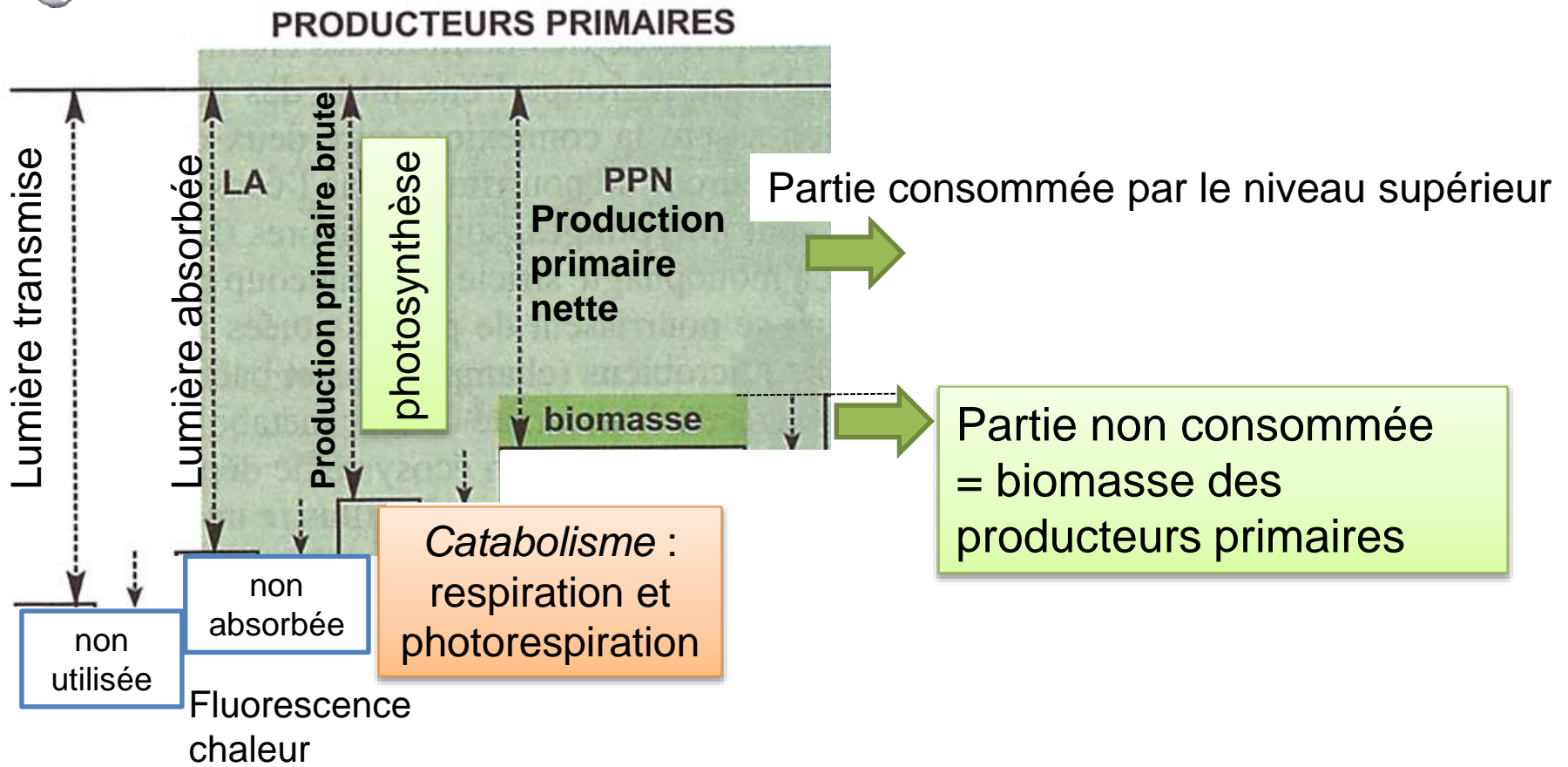


FIGURE 12.8 Transferts d'énergie et de matière dans une chaîne trophique.



## 32.2. Les consommateurs sont des chimioorganotrophes qui consomment la matière organique vivante de l'écosystème

Les consommateurs sont :

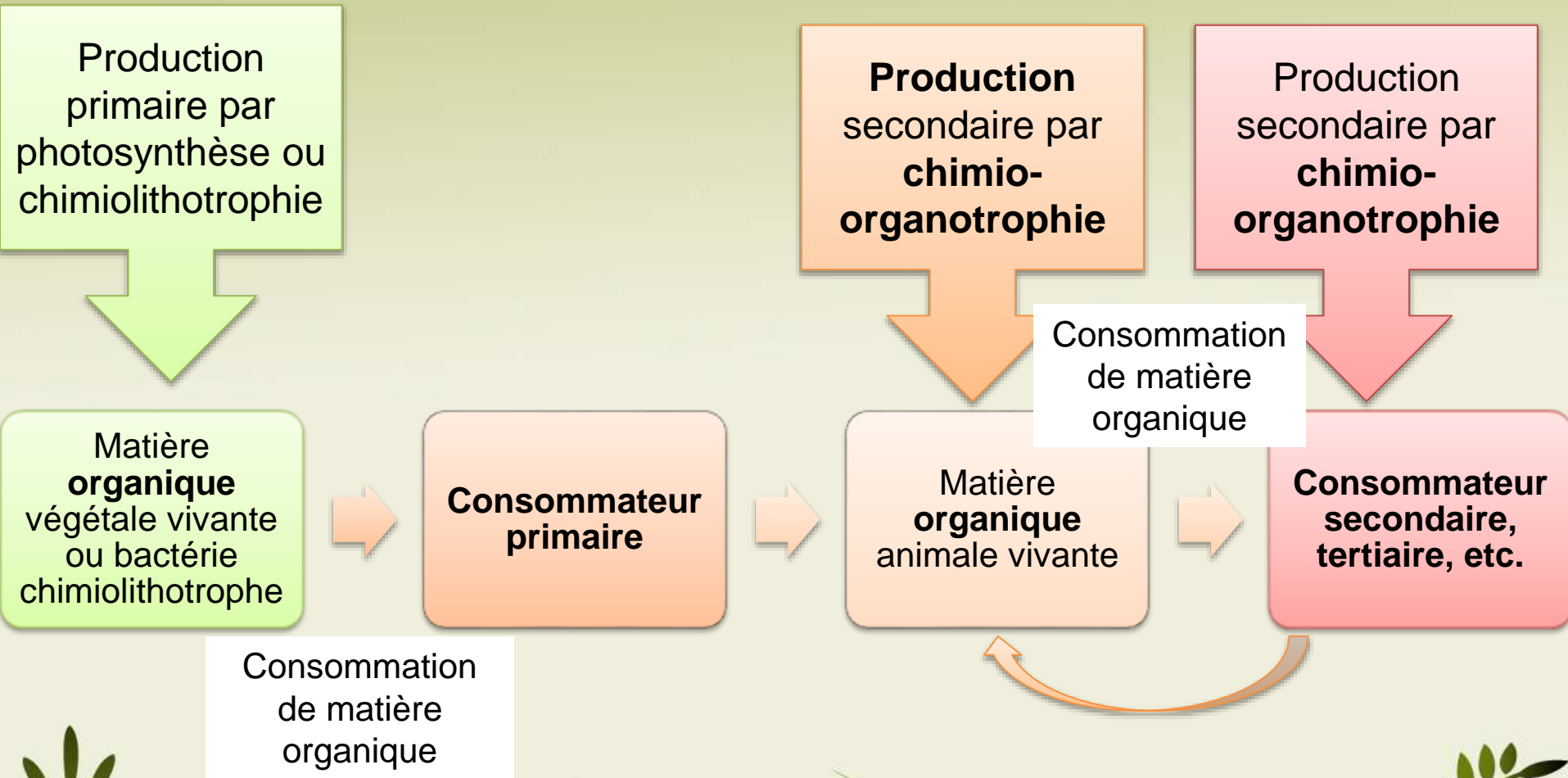
- **hétérotrophes** pour le C et l'azote
- Se nourrissent de matière organique **vivante** (= ce ne sont pas des décomposeurs)
- Selon leur niveau trophique on les qualifie de consommateur primaire, secondaire ou tertiaire

- Un consommateur primaire est un phytophage (pour la vache un herbivore)
- Un consommateur secondaire est un prédateur
- Un consommateur tertiaire est un super-prédateur

Les **parasites** sont aussi des consommateurs,

- primaires s'ils parasitent les plantes,
- secondaires s'ils parasitent les animaux.

Les consommateurs sont hétérotrophes  
car ils se nourrissent de matière organique, qu'ils transforment



12. La production d'un niveau trophique c'est

(votez pour une ou plusieurs solutions)

a) la biomasse produite pour un niveau trophique donné

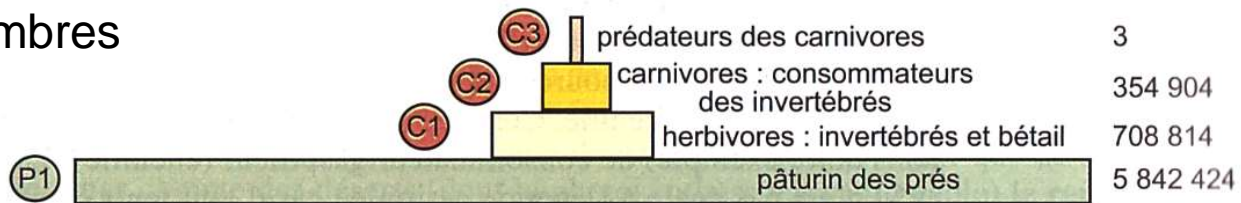
b) la biomasse produite par unité de temps pour un niveau trophique donné

c) la biomasse produite par unité de temps pour un niveau trophique donné, divisé par la biomasse de ce niveau

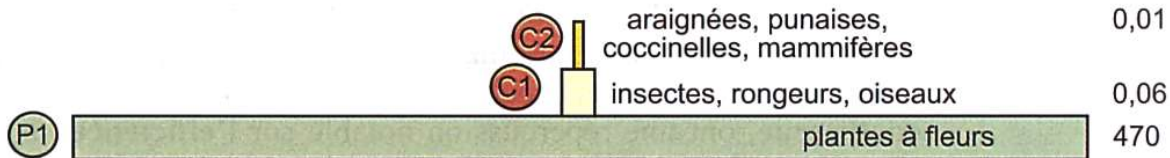
### 3.3. Les pyramides écologiques s'expliquent par les pertes énergétiques entre niveaux trophiques

#### 33.1. Les pyramides écologiques représentent l'importance relative de chaque niveau trophique d'une chaîne trophique

##### Pyramide des nombres



##### Pyramide des biomasses g/m<sup>2</sup>/an



##### Pyramide des énergies

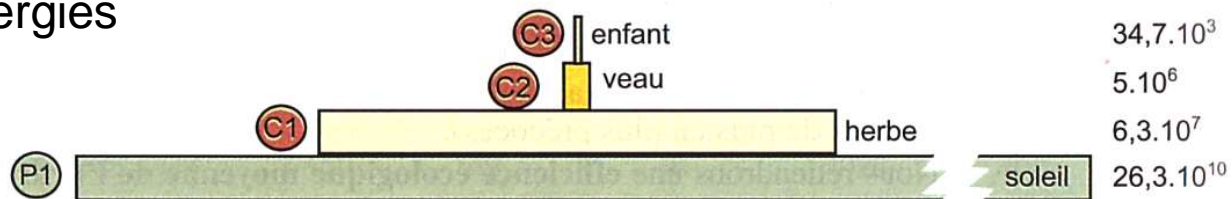


FIGURE 12.17 Exemples de pyramides écologiques (D'après Odum 1976 et 1971).

(a) Pyramide des nombres dans une prairie nord-américaine à *Poa pratensis* (le nombre de producteurs correspond à celui de pieds de pâturin) ; (b) pyramides des biomasses dans un champ abandonné de Géorgie (en g.m<sup>-2</sup>.an<sup>-1</sup>) ; (c) pyramides des énergies « herbe-veau-enfant » en kJ.an<sup>-1</sup> et pour une surface de 10 acres américains (soit 40 470 m<sup>2</sup>).

## 33.1. Chaque niveau trophique n'assimile qu'une partie ingérée et en perd par son catabolisme

### Chaque niveau trophique présente de grandes pertes d'énergie:

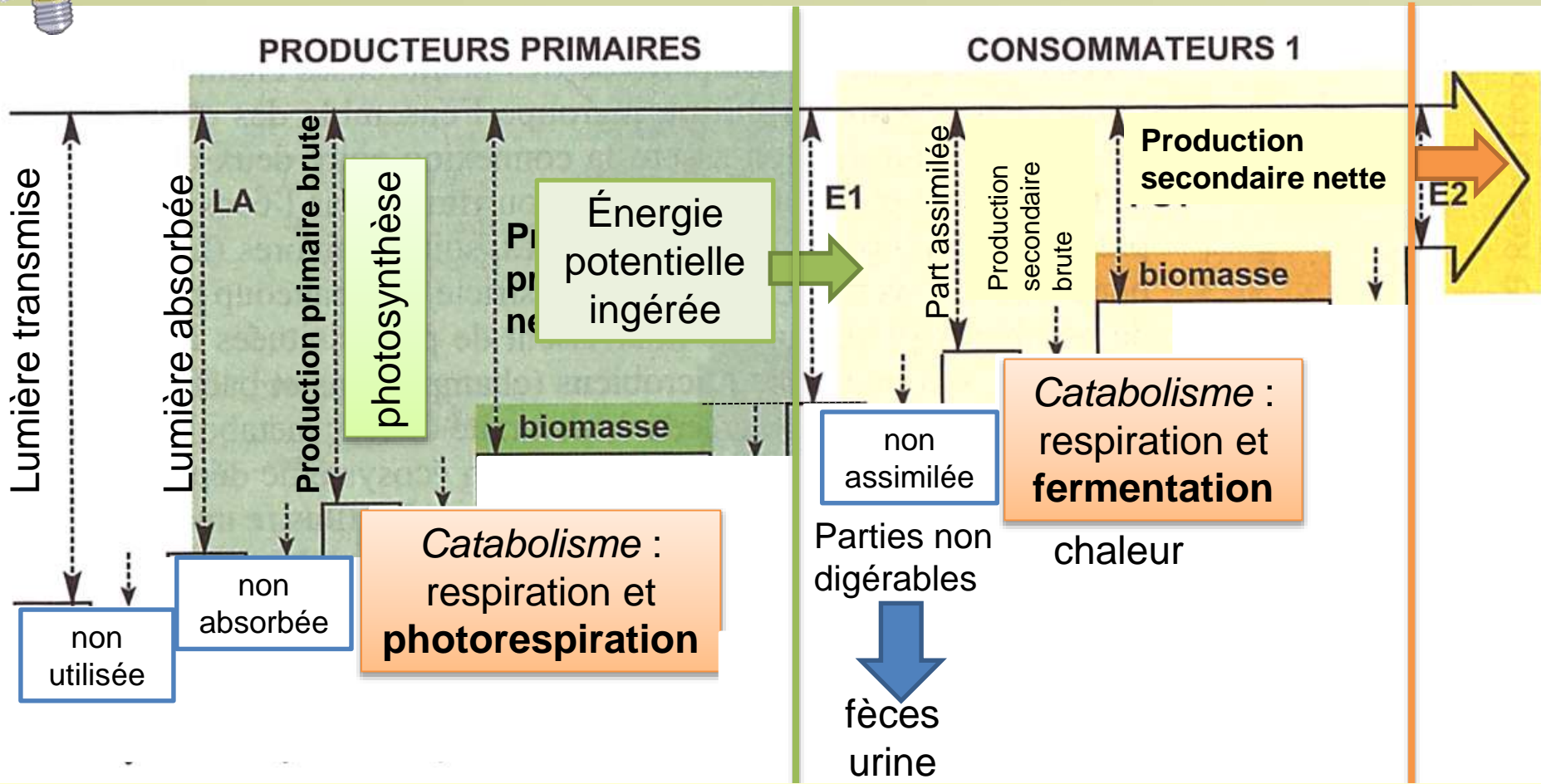
- Part non utilisée
- Part non assimilée
- Catabolisme
- Rendements  $< 100\%$  : le rendement de la respiration est de  $70\%$ . reste  $\rightarrow$  chaleur
- Lutte contre l'entropie : entretien des molécules et des cellules

L'énergie lumineuse qui est absorbée par le producteur primaire sera au final entièrement dissipée dans l'environnement sous forme de chaleur.

Une chaîne trophique s'interrompt lorsque l'énergie du dernier niveau est insuffisante pour entretenir un niveau trophique de plus.



Pour chaque niveau trophique, on définit une production primaire **brute** dont une partie est détruite par le catabolisme. Le reste est la production primaire **nette**. Pour obtenir la **productivité (brute ou nette)**, on divise la production (brute ou nette) par la biomasse.



Notez que les mécanismes de formation et destruction de la matière organique (catabolisme et anabolisme) sont différents entre producteurs primaires et consommateurs. Le seul point commun est la présence de glycolyse et respiration.

### 33.3. Le rendement écologique mesure l'efficacité de l'utilisation de l'énergie entre 2 niveaux trophiques successifs (environ 10%)

Le **rendement** ou efficacité **écologique** (ou biologique) mesure l'efficacité de l'utilisation de l'énergie entre 2 niveaux trophiques successifs ( $n+1/n$ )

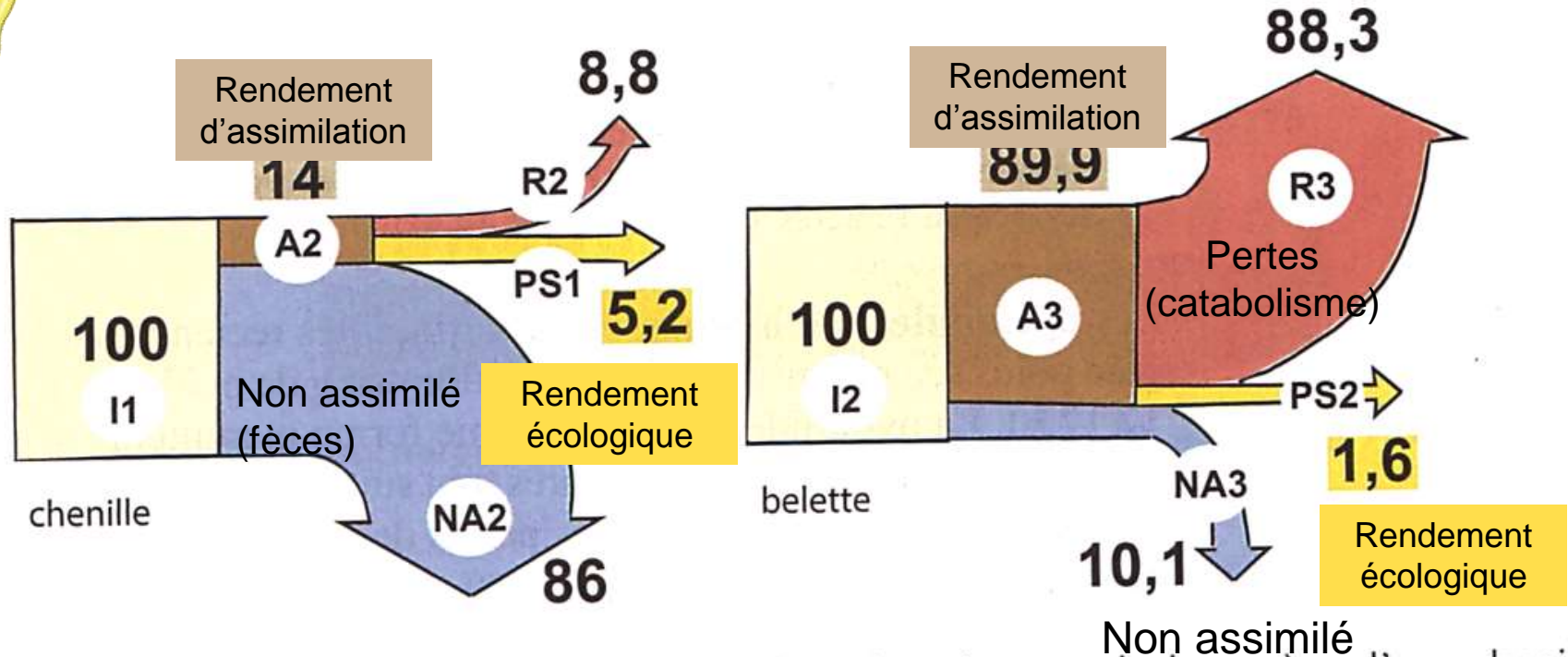
**Rendement écologique = rapport des deux productions nettes x 100**

production = quantité de matière sèche synthétisée par unité de temps pour une biomasse donnée. C'est un flux! (t/an)

**333.1. Le rendement écologique dépend du niveau trophique, de l'endothermie et de l'âge**



**Rendement d'assimilation = énergie assimilée/ ingérée x100**



**FIGURE 12.16** Rendements écologiques d'une belette (carnivore endotherme) et d'une chenille (herbivore ectotherme) (D'après Barbault).

Les valeurs encadrées en marron et en jaune représentent respectivement les rendements d'assimilation et écologique. Les indices affectant les abréviations prennent en compte les niveaux trophiques. C1 pour la chenille et C2 choisi par exemple pour la belette.

Un **phytophage a un mauvais rendement d'assimilation**, car la lignine et la cellulose se digèrent très difficilement, et sont pauvres en azote et énergie libre. Au contraire, un **carnivore a un bon rendement d'assimilation** (il transforme de la viande... en viande)  
Un endotherme = **homéotherme a une forte dépense énergétique**, mais une activité locomotrice indépendante de la température, sauf hibernation.



# Le rendement écologique dépend :

## 1) Du niveau trophique

- Un autotrophe a un rendement écologique très faible (0,1 à 0,5%) à cause des pertes de chaleur liées à la transpiration et du catabolisme
- un phytophage a un rendement écologique faible car les matières végétales sont peu nutritives (5 à 10%),
- un consommateur ectotherme a un bon rendement (insecte prédateur d'insectes)

## 2) De l'ectothermie ou endo/homéo –thermie

Les endothermes dissipent 20% de leur énergie sous forme de chaleur, avec parfois des tissus spécialisés dans la production de chaleur, comme le tissu adipeux bruns des Mammifères hivernant (=mitochondrie sans synthèse d'ATP où le retour des H<sup>+</sup> ne produit que de la chaleur)

## 3) De l'âge

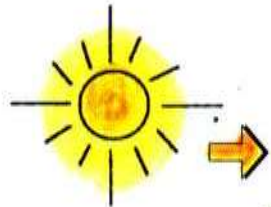
Un bovin qui ne croît plus a une production nette nulle (l'énergie assimilée sert à l'entretien) -> Il est plus rentable d'exploiter une biomasse jeune

-> Les vaches laitières sont réformées après 1 à 5 ans de production laitière (qui commencera avec le premier veau en général vers 3 ans).

les vaches allaitantes sont réformées vers 7 à 10 ans suivant les races.



## 333.2. Le rendement écologique est en moyenne seulement de 10%



Energie solaire  
(100%)



1 à 3% est fixée par assimilation chlorophyllienne.



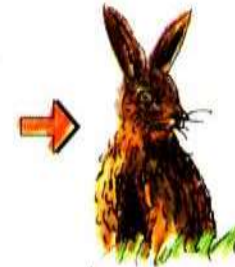
La respiration détruit 80 à 90% des glucides formés si bien que ne restent disponibles que 0,1 à 0,5% d'énergie solaire.



69% est transformée en chaleur ou utilisée pour l'évaporation de l'eau.



Un carnivore, en mangeant cet herbivore, n'utilise que 5 à 10% de l'énergie qu'il lui fournit sous forme de nourriture pour fabriquer ses propres tissus.



De cette énergie mise en conserve, un herbivore utilise 5 à 10% pour fabriquer ses tissus.

- 35 kg d'herbe fraîche à un bœuf pour que celui-ci grossisse d'un kilogramme, soit un rendement de 2,87%
- pour qu'un brochet prenne un kilo de poids, il suffit de lui donner 5 kg de viande, soit un rendement de 20%.

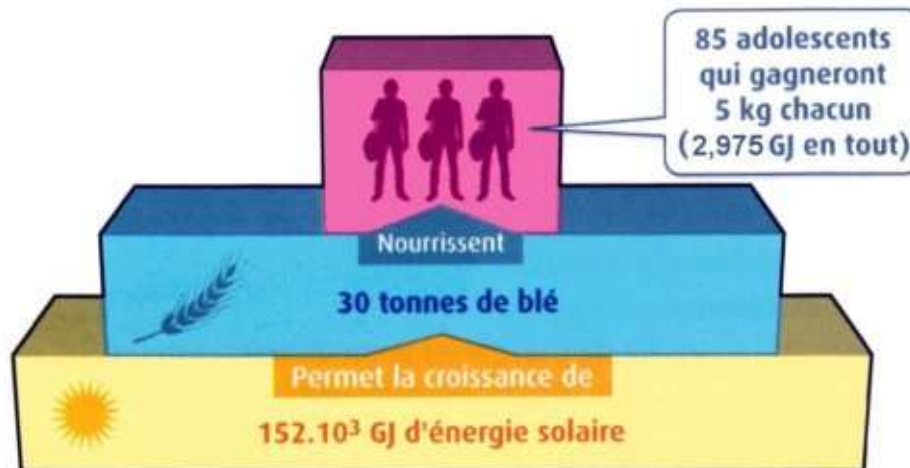


# Rendements comparés d'une alimentation végétarienne et carnée

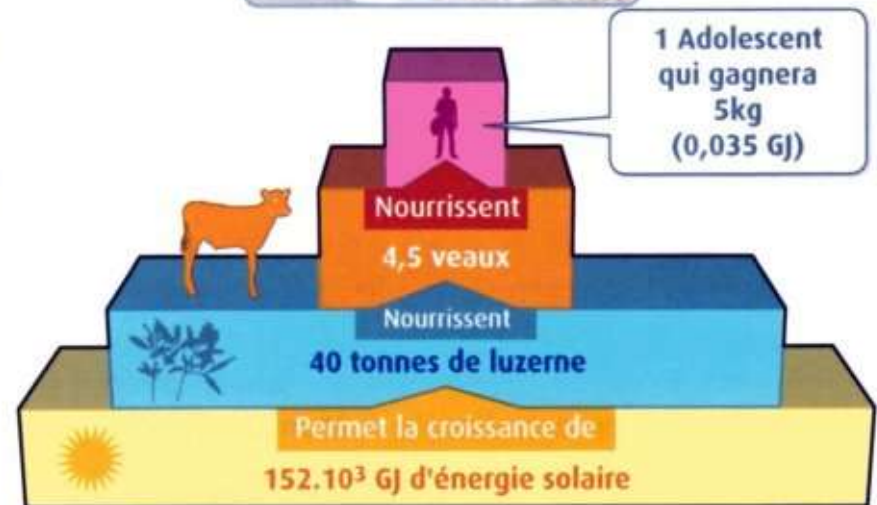


Pourquoi les rendements sont-ils différents?

Alimentation «100% blé»

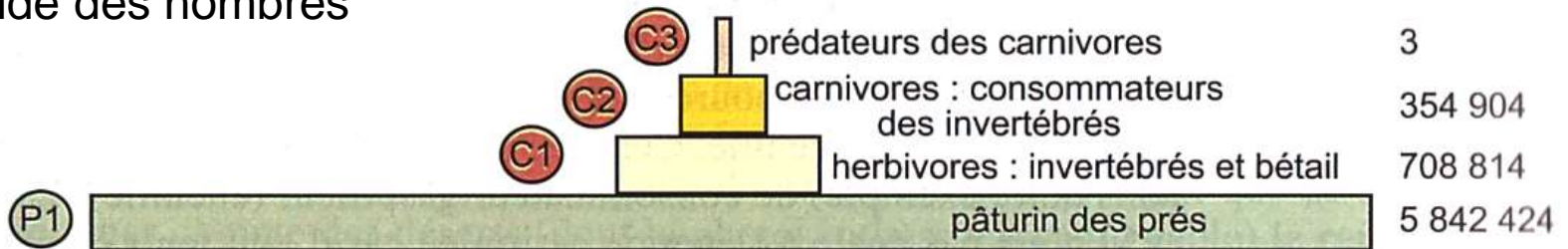


Alimentation «100% veau»

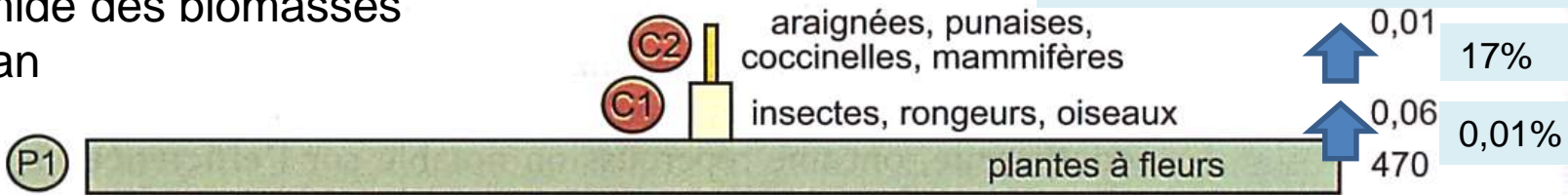


### 33.4. La valeur du rendement écologique détermine la forme de la pyramide trophique des biomasses

Pyramide des nombres



Pyramide des biomasses  
g/m<sup>2</sup>/an



Pyramide des énergies

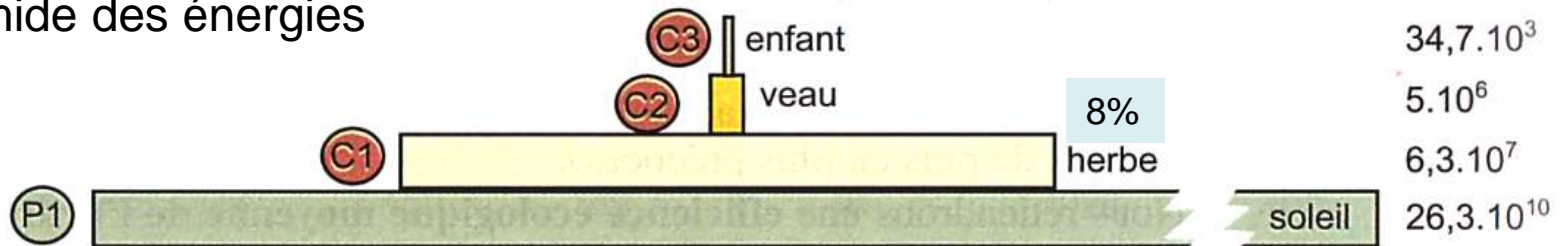


FIGURE 12.17 Exemples de pyramides écologiques (D'après Odum 1976 et 1971).

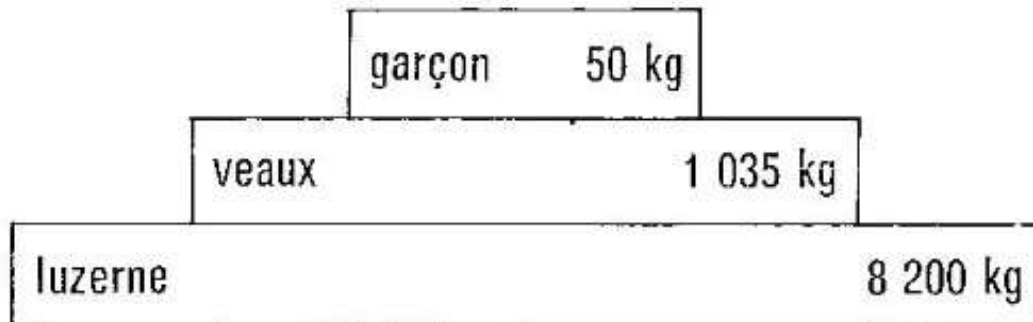
(a) Pyramide des nombres dans une prairie nord-américaine à *Poa pratensis* (le nombre de producteurs correspond à celui de pieds de pâturin) ; (b) pyramides des biomasses dans un champ abandonné de Géorgie (en g.m<sup>-2</sup>.an<sup>-1</sup>) ; (c) pyramides des énergies « herbe-veau-enfant » en kJ.an<sup>-1</sup> et pour une surface de 10 acres américains (soit 40 470 m<sup>2</sup>).

## 3.4. La symbiose modifie le couplage entre les niveaux trophiques et son rendement

### 34.1. La présence de ruminant ne rend pas les pyramides anormales....

Calculez le rendement écologique entre le bovin et la Fabacée.  
Que constatez-vous?  
Est-ce normal d'après vos connaissances?

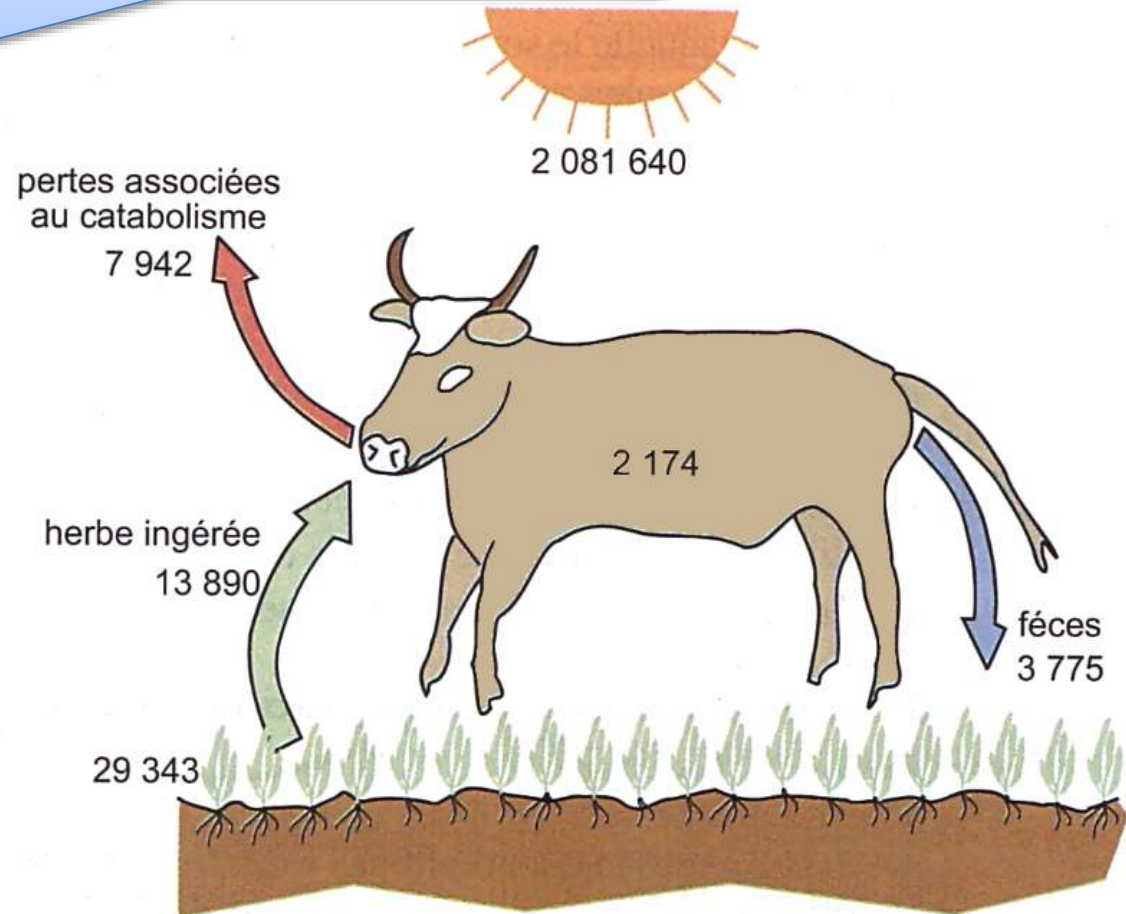
#### pyramide des masses



# Exercice concours

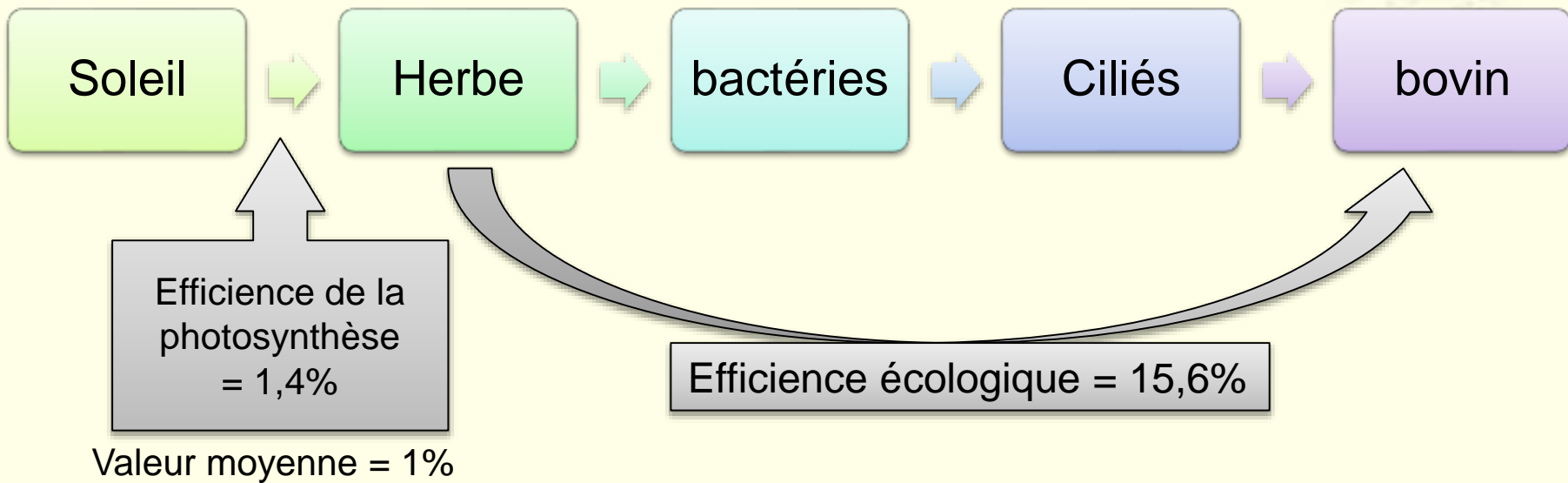
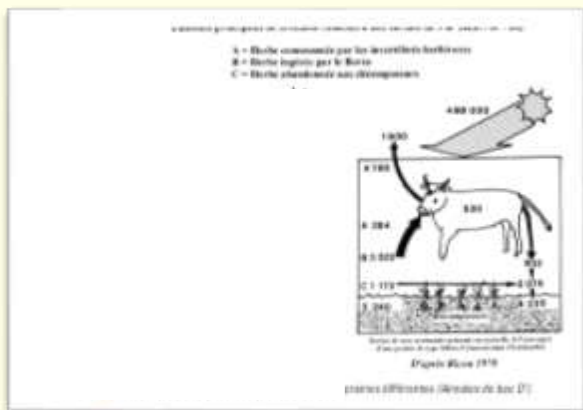
Calculez le rendement écologique et l'efficacité de la photosynthèse. Commentez les valeurs obtenues.

L'efficacité moyenne de la photosynthèse est de 1%



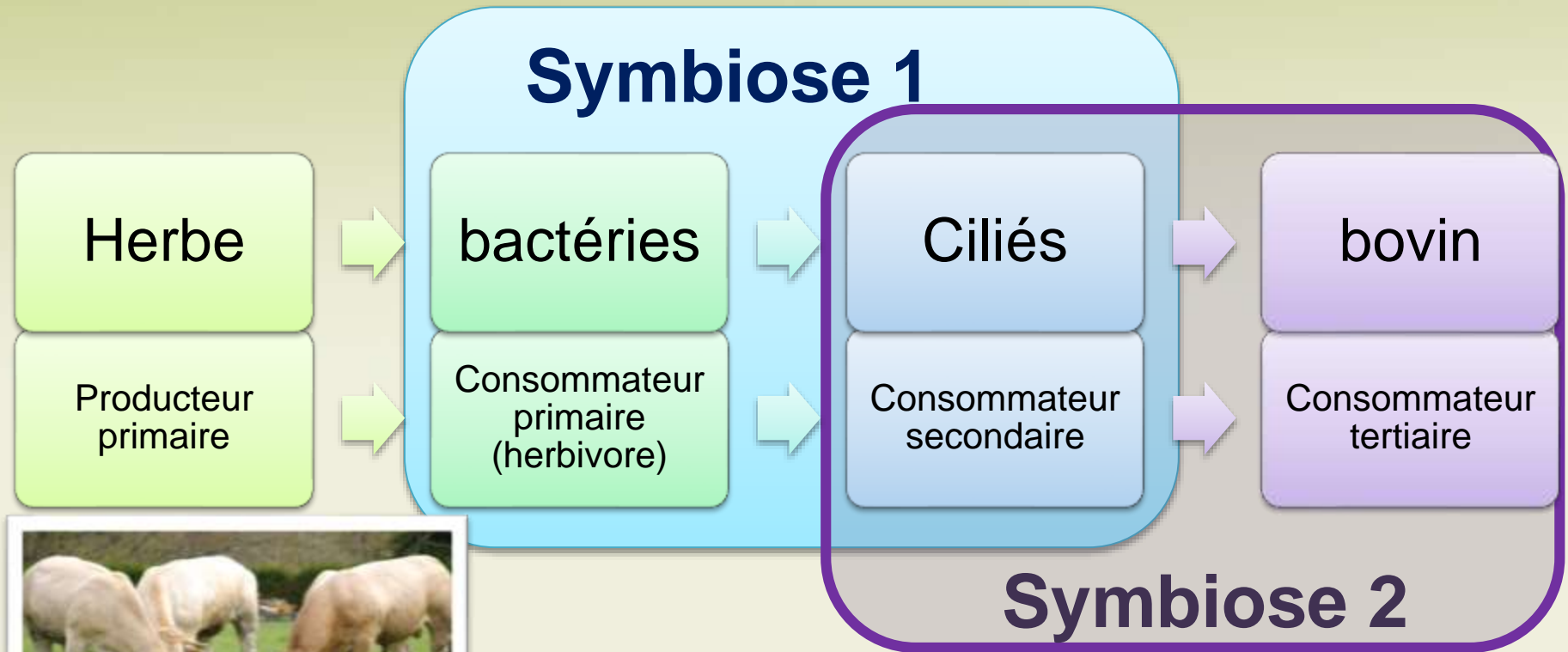
**FIGURE 12.18** Bilan énergétique dans une prairie normande (D'après Ricou 1978). Valeurs en  $\text{kJ.m}^{-2}.\text{an}^{-1}$ .

# Solution



Valeur élevée par **sélection des espèces** à forte croissance (Ray-grass) + amendements?

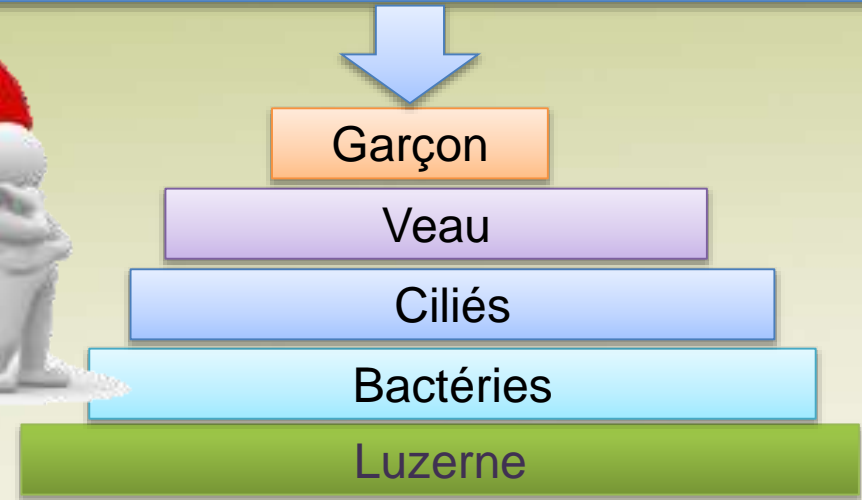
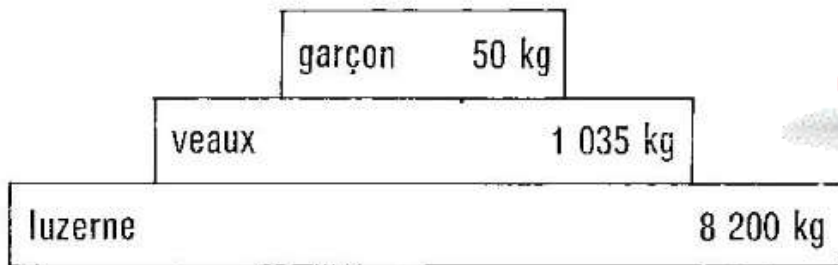
## 34.2. ... Bien que le système herbe/vache soit assimilable à une double symbiose entre trois niveaux trophiques





# La pyramide trophique, comprenant tous les niveaux trophiques

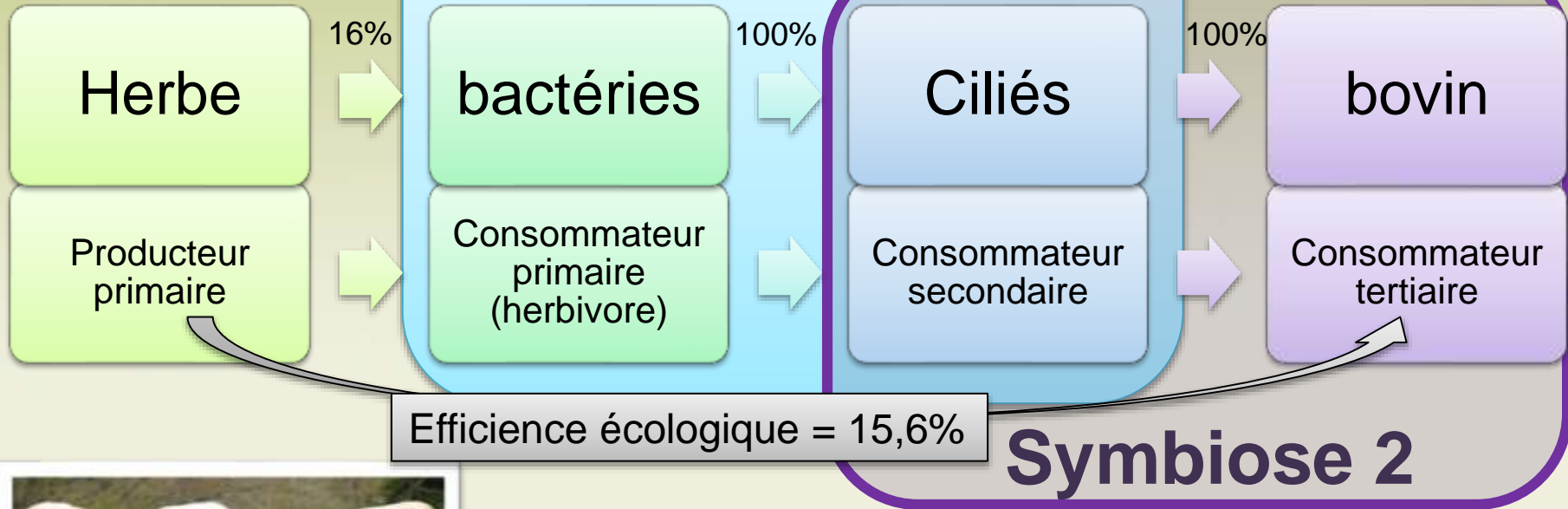
## pyramide des masses



On attend un transfert de 10% entre chaque niveau trophique, donc bovin = 0,1% de la production nette de l'herbe, d'où un **rendement écologique attendu de 0,1%!**

### 34.3. Il n'y a pas de pertes d'énergie entre deux niveaux trophiques si les organismes concernés forment une symbiose

## Symbiose 1



Efficience écologique = 15,6%

## Symbiose 2

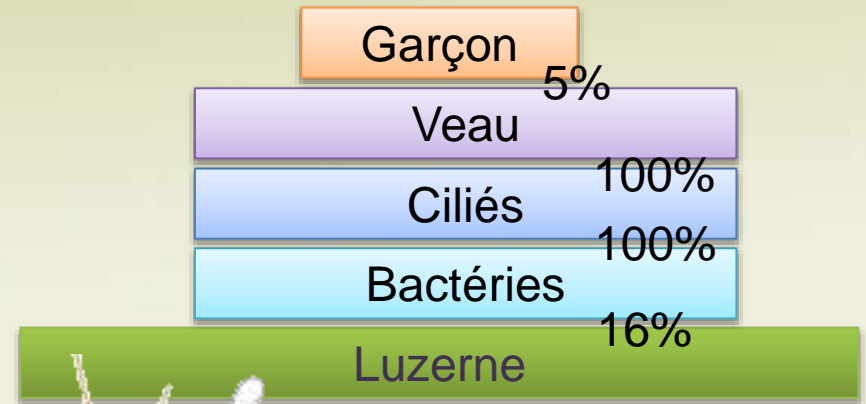
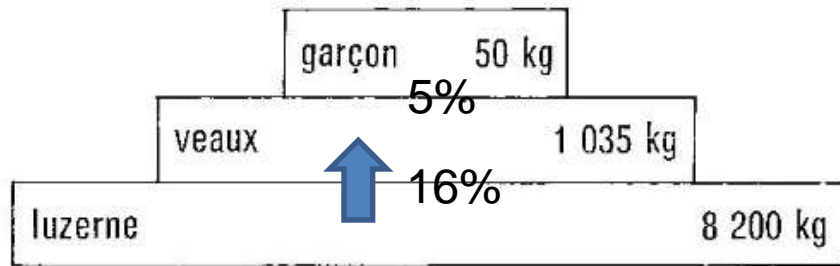
En cas de symbiose, il y a réductions des dépenses énergétiques pour la recherche de nourriture + conditions optimales pour les développement des micro-organismes

En cas de symbiose, les pertes d'énergie entre niveaux trophiques sont quasi **nulles**



### 34.4. La vraie pyramide trophique herbe-vache-homme, contient 5 niveaux trophiques, dont 3 d'égale importance en masse ou énergie

pyramide des masses



En moyenne, seul 10% de la **biomasse** ou de **l'énergie** passe d'un niveau trophique à un autre.  
Si deux niveaux trophiques sont en symbiose,  
le transfert est de 100%.

Les 90% restant

- **Ne sont pas assimilés**
  - chaleur et réémission de radiations pour les plantes,
  - fèces pour les consommateurs
- **Sont perdus à cause du catabolisme**
  - respiration qui produit l'énergie (tous les eucaryotes),
  - fermentation (bactéries et animaux),
  - photorespiration (plantes et algues)
  - production de chaleur chez les endothermes

Cela implique que les chaînes trophiques ne sont pas très longues  
(en moyenne 3 consommateurs)

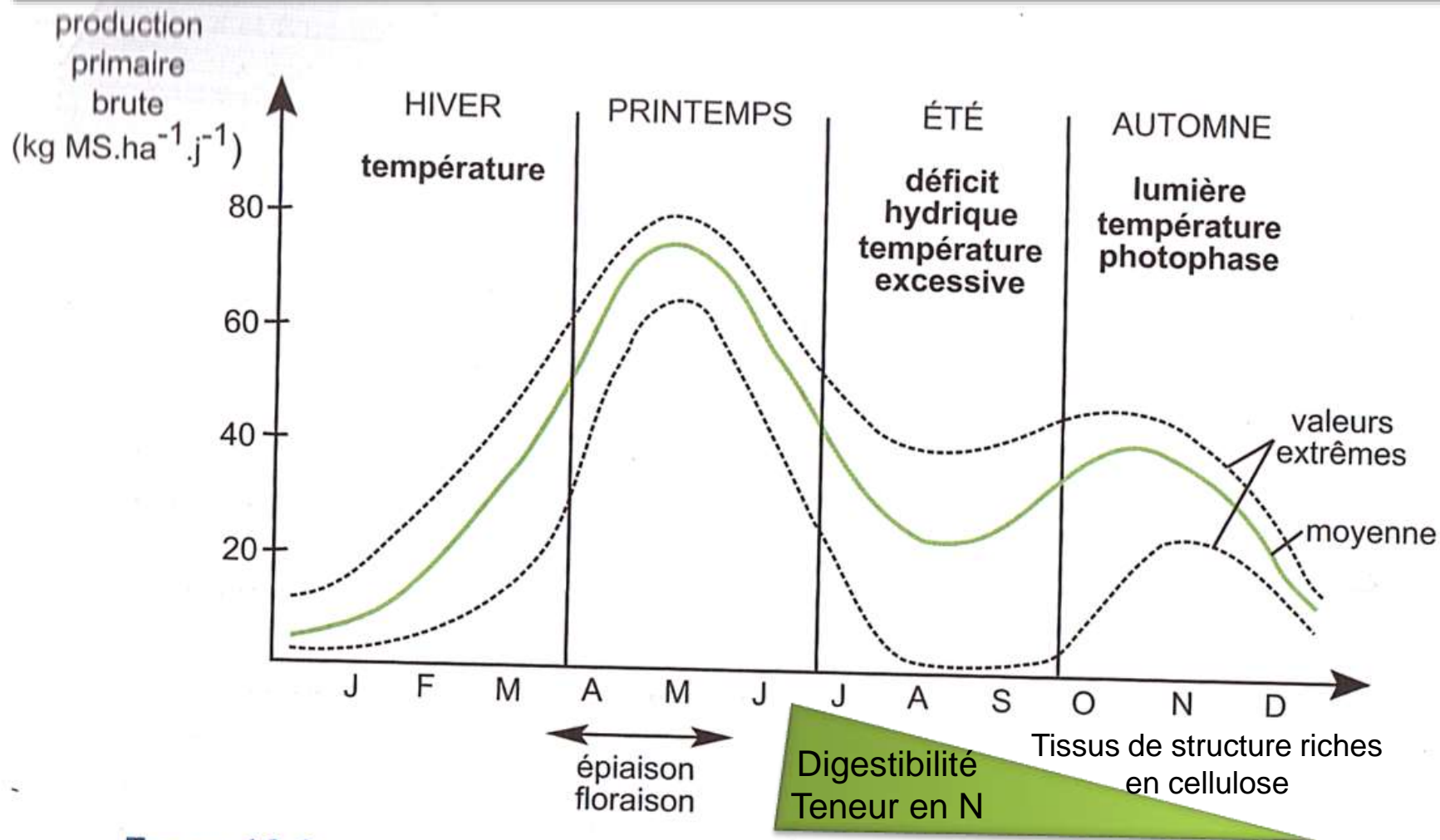
## 3.5. Des facteurs abiotiques peuvent modifier la production primaire

- Facteur écologique = tout élément susceptible d'agir directement ou indirectement sur la biocénose
- Facteur biotique = associé à la biocénose
- Facteur abiotique = provenant du biotope

Facteur abiotique ayant un effet sur la photosynthèse :

- Ensoleillement
- Température
- Disponibilité en eau = pluviométrie + propriété du sol ( la fermeture des stomates en cas de stress hydrique limite la photosynthèse et augmente la photorespiration)
- Disponibilité en ions minéraux

## 35.1. La production primaire est saisonnière, à cause du stress hydrique en été et de la réduction de la température et de la photopériode en hiver



**FIGURE 12.3** Productivité primaire brute d'une prairie au cours d'une année (modifié d'après un document INA-PG département AGER 2003).

MS : matière sèche ; épiaison : moment où l'inflorescence se dégage de la gaine de la dernière feuille ; floraison : mise en place de fleurs fonctionnelles.

## 35.2. À la belle saison, la production primaire est déterminée par le facteur limitant

Le développement d'un organisme est gouverné par plusieurs paramètres, mais c'est celui qui est le plus éloigné de sa valeur optimale qui va contrôler le processus. On parle de **facteur limitant**.

« loi du minium » de Liebig 1840

Pour les plantes à la belle saison, c'est généralement **l'azote** qui est le facteur limitant (puis vient le phosphore et enfin le potassium)

### ENGRAIS NF U42-001 Engrais organo-minéral

#### Formule (NPK) 6 • 4 • 8

6 % d'Azote (N) total, dont 6% organique des farines de plumes hydrolysées et des extraits liquides des vinasses de betteraves.

4 % Anhydride Phosphorique ( $P_2O_5$ ) total du phosphate naturel.

8 % d'Oxyde de Potassium ( $K_2O$ ), des extraits potassiques des vinasses de betteraves.

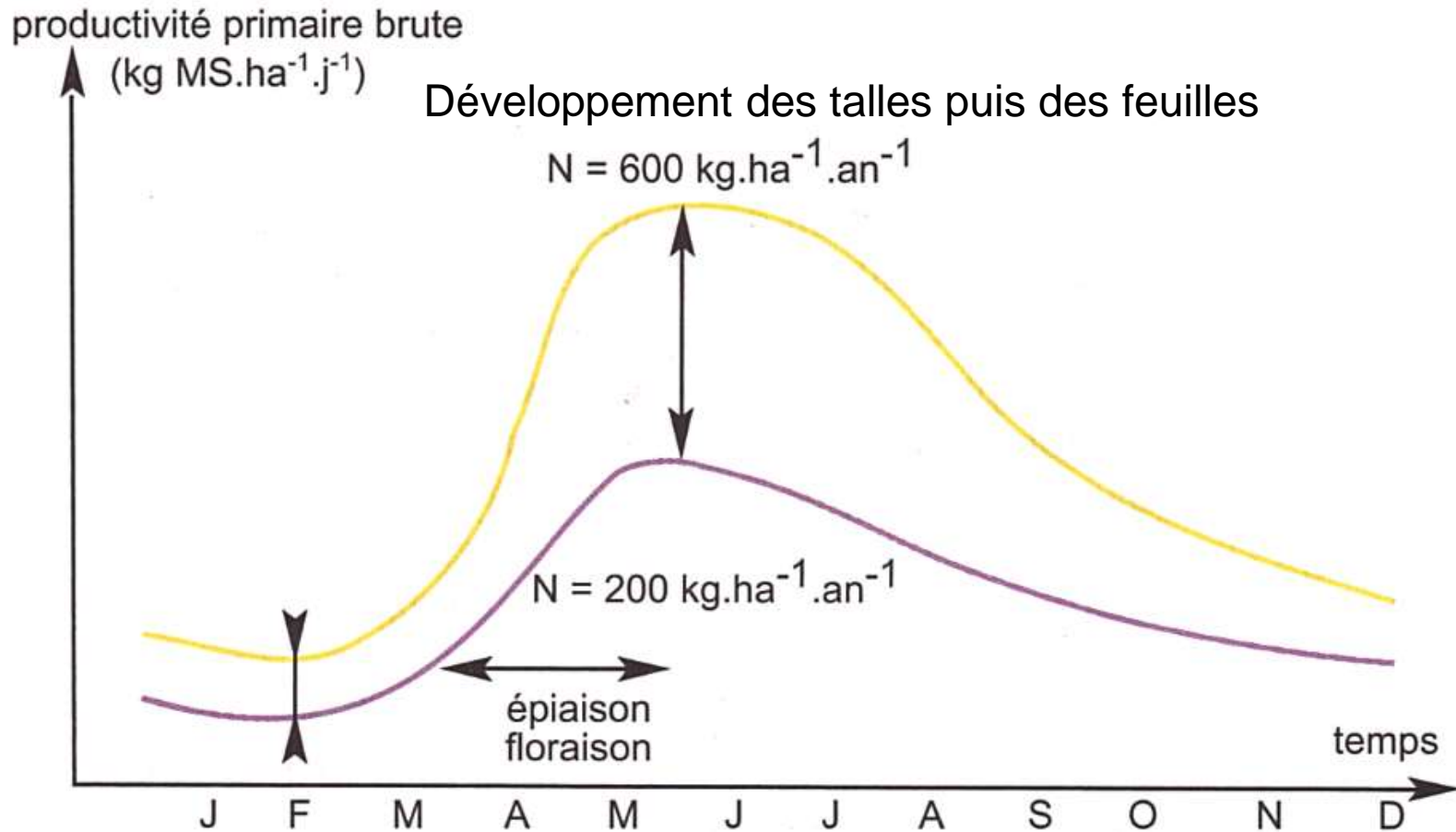
Oligo-éléments naturels des matières organiques (titrage donné à titre indicatif).

Fer : 0,6 %, Manganèse : 0,11 %, Zinc : 0,1 %, Cuivre : 0,03 %, Bore : 0,015 %, Cobalt : 0,001 %.

Conserver dans son emballage d'origine.  
Respecter les doses d'emploi.  
Ne pas dépasser les doses appropriées.

### 35.3. L'homme augmente la production primaire de l'écosystème par la fertilisation

Fertilisation = amendement (effet sur la structure du sol) ou engrais (apport trophique)



**FIGURE 12.5** Influence des apports d'azote sur la productivité prairiale (modifié d'après un document INA-PG département AGER 2003).







# Fabrication des engrais azotés

Air ( $N_2 = 78\%$   $O_2 = 21\%$ )

Gaz naturel ( $CH_4$ )

Azote

Hydrogène

Synthèse

Ammoniac  $NH_3$

Oxydation

Acide Nitrique  $HNO_3$

$H_2SO_4$

Sulfate d'ammoniaque

Ammoniac anhydre

$CO_2$

Urée

Nitrate d'ammonium

Solutions azotées

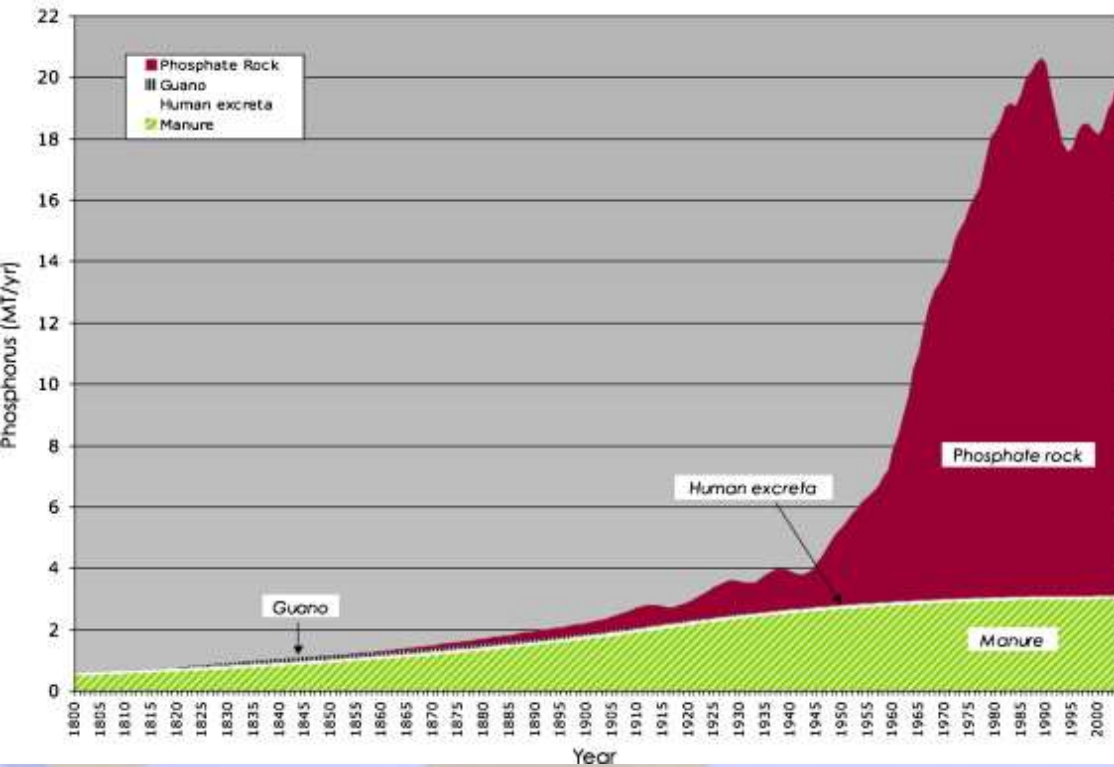
Ammonitrates



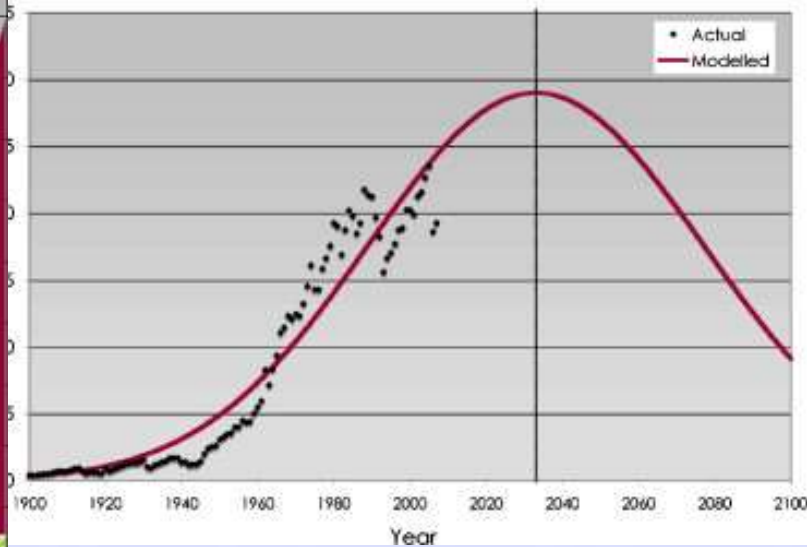
Le facteur limitant pour la production primaire par les algues vertes est aussi l'azote!

# Bientôt une pénurie de phosphore?

Historical global sources of phosphorus fertilizers (1800-2000)



Peak phosphorus curve



Open-pit mining of phosphate rock in Togo. Most of the world's phosphate rock is extracted from open pits, as shown here, or from large-scale mines equipped with drag lines or shovel/excavator systems. Credit: Alexander Fyfechevsky.





# A RETENIR

Les interactions trophiques peuvent être représentées qualitativement sous forme de **chaînes** trophiques et quantitativement sous forme de diverses **pyramides** trophiques.

- Une chaîne trophique est une succession d'organismes qui se nourrissent les uns des autres. Chaque maillon de cette chaîne représente un niveau trophique.
- Le 1<sup>er</sup> niveau sont les producteurs primaires autotrophes, alors que les niveaux suivants sont des consommateurs ou des parasites.
- Entre deux niveaux trophiques le transfert de biomasse ou d'énergie est en moyenne de 10% seulement, sauf en cas de symbiose où il atteint 100%. C'est pourquoi les niveaux trophiques symbiotiques passent souvent inaperçus, et ne sont pas figurés dans les pyramides trophiques habituelles.
- La production primaire de la prairie est assurée avant tout par les Poacées. Cette production dépend de la saison (stress hydrique d'été, luminosité en automne), mais est aussi limitée par la teneur en azote (parfois en phosphore) du sol. Si les vaches n'apportent pas assez de ces éléments, l'éleveur peut fertiliser sa prairie.

13. En général, le rendement de
- a) la photosynthèse est de 1%
  - b) le rendement écologique = du transfert entre 2 niveaux trophiques est de 10%
  - c) le rendement écologique de deux niveaux trophiques en symbiose est de 100%

14. Ce qui limite le plus la production primaire en général c'est (votez pour une des propositions)

- a) l'eau en été
- b) l'azote
- c) le phosphore

## **4. LES CHAINES TROPHIQUES INTERCONNECTÉES EN RÉSEAU TROPHIQUE RECYCLENT LA MATIÈRE**

**4.1. Un réseau trophique est un ensemble  
de chaînes alimentaires interconnectées**

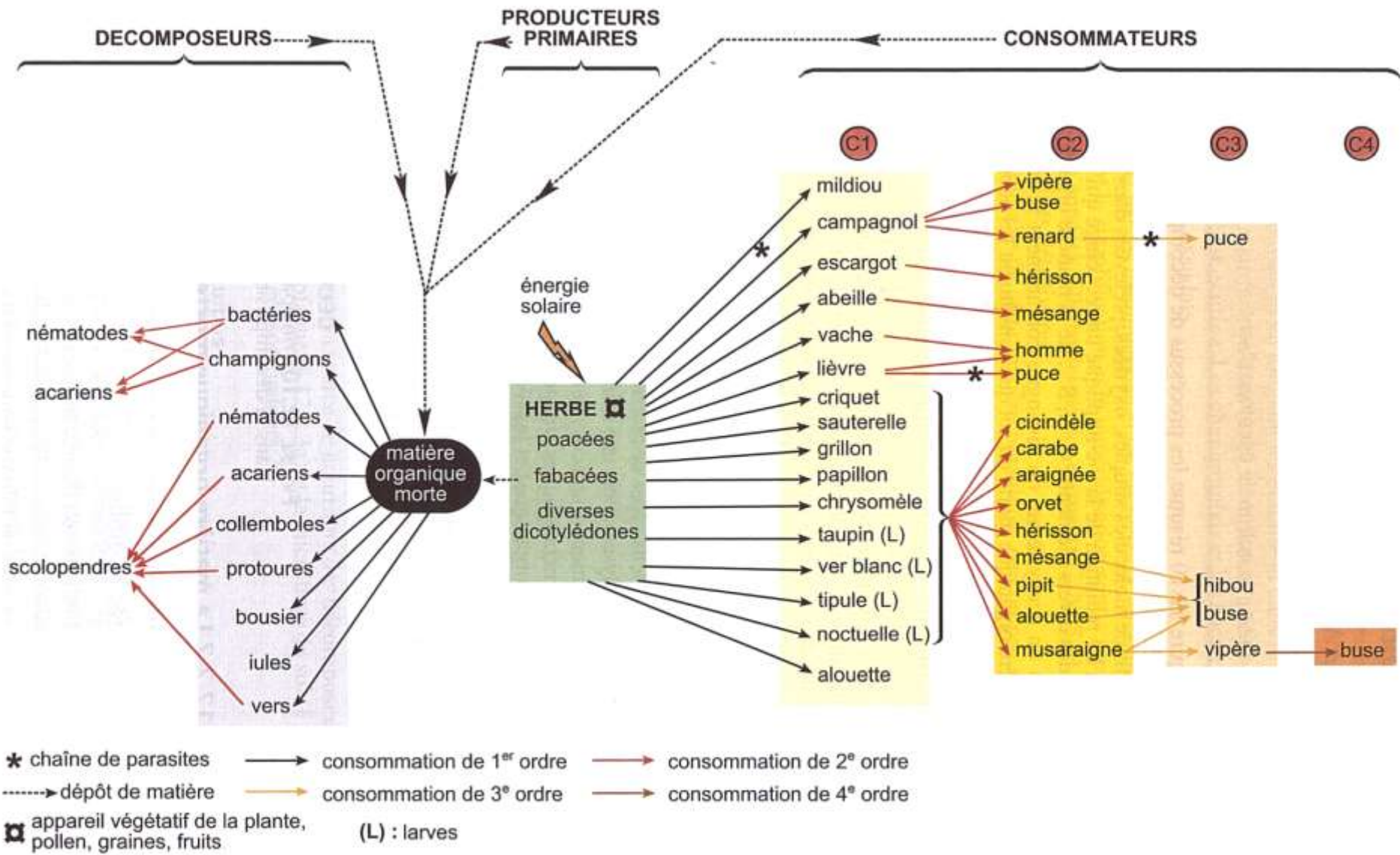


FIGURE 12.9 Réseau trophique partiel d'une prairie pâturée.

## 4.2. Les polyphages connectent entre elles les chaînes alimentaires



## 4.3. Le catabolisme des consommateurs minéralise la matière

TABLEAU 12.1 PRINCIPALES FRACTIONS DE LA MATIÈRE ORGANIQUE DU SOL.

Type de matière organique	Fraction (réservoir)	Temps de résidence	Pourcentage
Pédofaune	Fraction vivante active Décomposeurs	6 mois à 2 ans	1 %
Microflore			2 à 5 %
Déchets animaux et végétaux	Fraction morte à décomposition « rapide »	2 ans à 30 ans	0 à 10 %
Produits transitoires			5 à 10 %
Humus : acides humiques, acides fulviques, humines	Fraction morte stable à décomposition lente	1 000 ans	90 %

Exemple d'un sol de grandes cultures (D'après B. Mary, R. Chaussod, R. Nouaim).



# Comparez ces deux écosystèmes

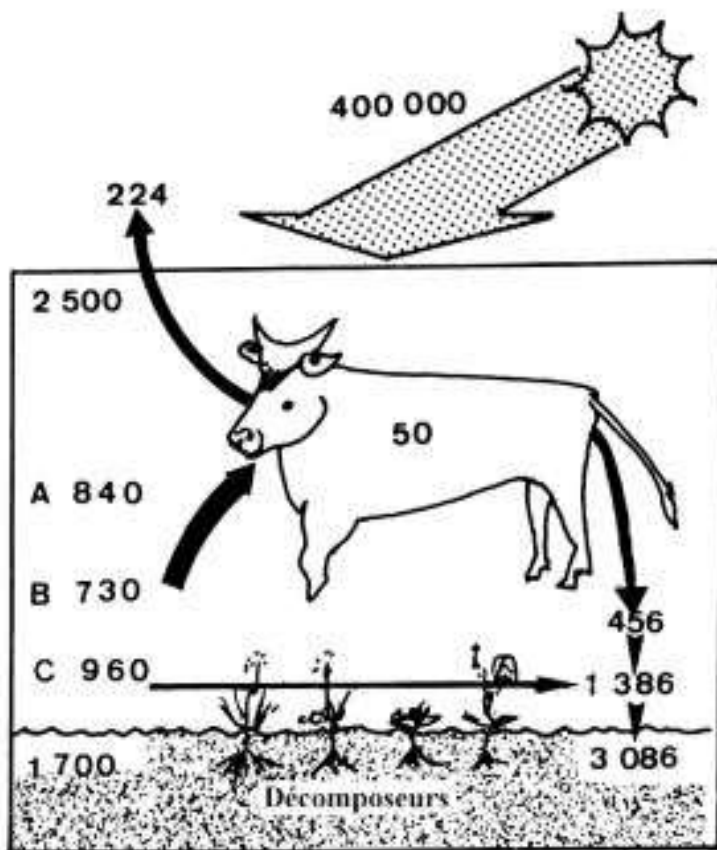
Éléments principaux de la chaîne ramenés à une surface de 1 m<sup>2</sup> (kcal / m<sup>2</sup> / an)

A = Herbe consommée par les invertébrés herbivores

B = Herbe ingérée par le Bovin

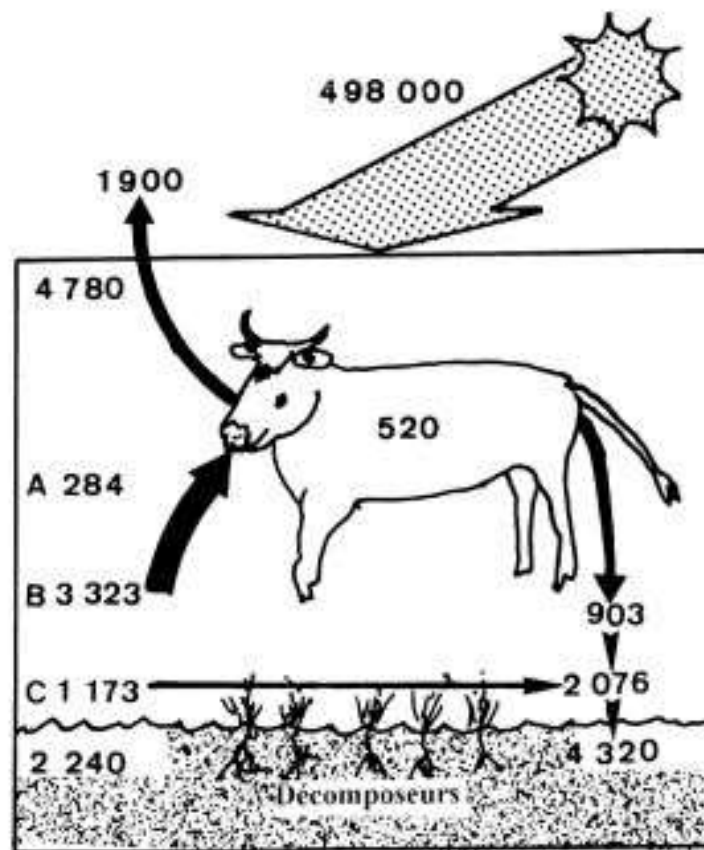
C = Herbe abandonnée aux décomposeurs

Exercice  
concours



Bovins non améliorés paissant librement sur un pré semi-naturel (Grande-Bretagne)

D'après Macfadyen 1963



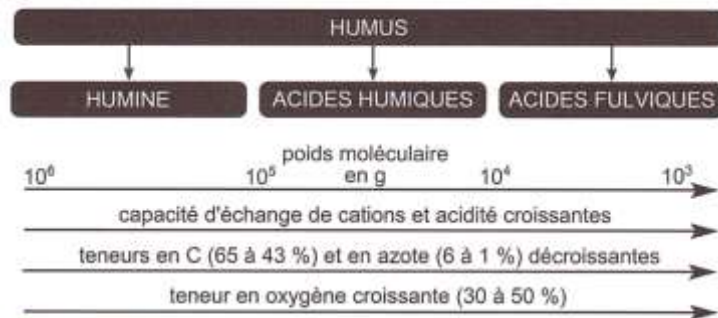
Bovins de race normande paissant sur parcelle (4-5 passages) d'une prairie de type lolieto-Cynhosuretum (Normandie)

D'après Ricou 1978

Figure 16 ■ Comparaison des rendements de Bovins dans deux prairies différentes (Annales de bac D').



Ecologie: Approche  
scientifique et pratique  
Claude Faurie  
Tec & Doc



**FIGURE 12.11** Principales caractéristiques des composés humiques (d'après *Le sol interface fragile*).

**TABLEAU 12.2** PÉDOFAUNE D'UNE PRAIRIE PÂTURÉE.

Pédofaune	Phylums	Fonction principale	Régime alimentaire
Microfaune < 0,2 mm	Protozoaires Nématodes	Consommateurs de microfaune ; stimulation de son renouvellement	
Mésafaune de 0,2 à 4 mm	Enchytréides Petits arthropodes : acariens, collemboles	Consommateurs de débris végétaux (fragmentation)	Débris : de végétaux, d'animaux (cadavres, déjections) Microflore
Macrofaune > 4 mm	Lombrics Arthropodes de plus grande taille : araignées, myriapodes, insectes (fourmis, bousiers...)	« Ingénieurs de l'écosystème » : fragmentation de la matière organique, brassage et incorporation à la matière minérale Porosité du sol	

**TABLEAU 12.3** MICROFLORE DU SOL D'UNE PRAIRIE.

Microflore	Exemples	Mode trophique	Régime alimentaire
Eubactéries	Cytophaga, Proteus, Azotobacter, Nitrosomonas, Nitrobacter, Clostridium Actinobactéries : Arthrobacter, Streptomyces	Autotrophie au carbone, à l'azote, ou saprophagie	Matière minérale, diazote, ou matière organique
Mycètes	Rhizopus, Aspergillus, Penicillium, Trichoderma, Verticillium, Fusarium, Mucor...	Saprophagie, parasitisme ou symbiose mycorhizienne	Matière organique

Dans une prairie, 1 g de sol peut héberger jusqu'à  $10^9$  individus. L'importance de la biomasse bactérienne peut être évaluée en dosant l'ADN procaryotique. Les sols de la France métropolitaine, selon leur nature, renferment de 0,1 à 40 mg d'ADN bactérien par g, la majorité en comportant entre 3 à 11. Il existe aussi à la surface du sol des tapis de cyanobactéries.

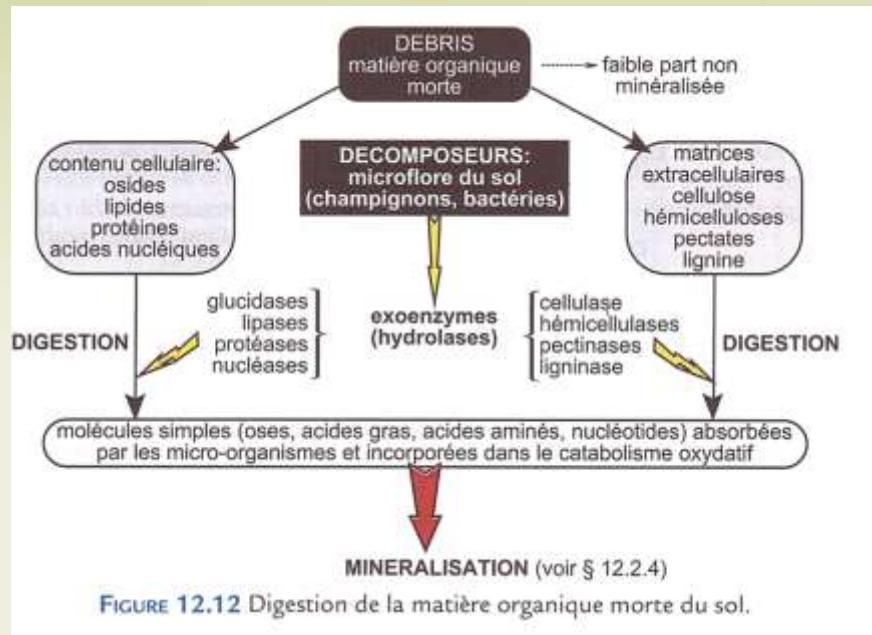


FIGURE 12.12 Digestion de la matière organique morte du sol.

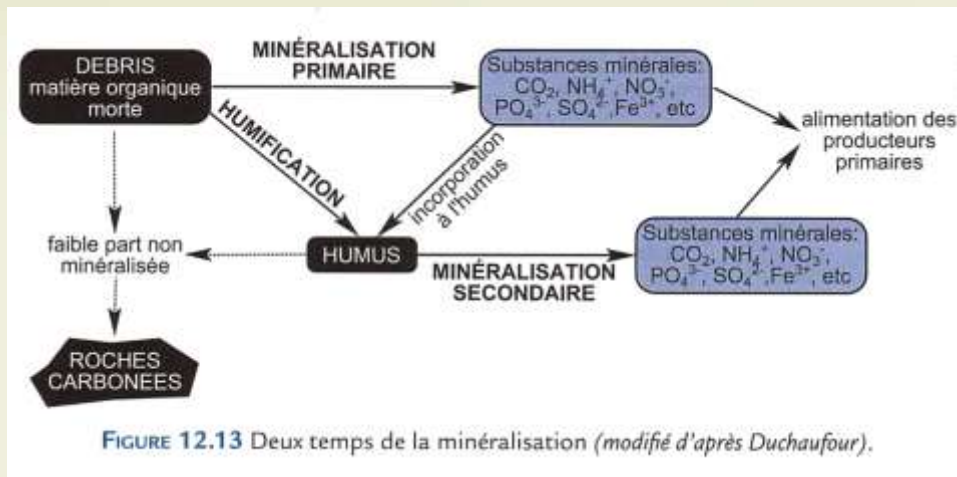
## 4.4. La décomposition se fait grâce aux microorganismes qui métabolisent la cellulose et la lignine



**TABEAU 12.4** DIVERSITÉ DES FERMENTATIONS RÉALISÉES PAR LES BACTÉRIES DU SOL.

Type de fermentation	Produits principaux	Bactéries
Fermentation homolactique	<i>Acide lactique</i>	Bactéries lactiques : <i>Bacillus</i>
Fermentation hétérolactique	<i>Acide lactique</i> , éthanol	
Fermentation acide mixte	<i>Acides lactique, acétique, succinique, formique</i> Ethanol, CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> .	Entérobactéries saprophytes Proteus, Providencia, Serratia
Fermentation butyrique	<i>Acide butyrique</i> , CO <sub>2</sub>	Clostridium

Les produits en italique illustrent l'oxydation de l'élément C.



**FIGURE 12.13** Deux temps de la minéralisation (modifié d'après Duchaufour).

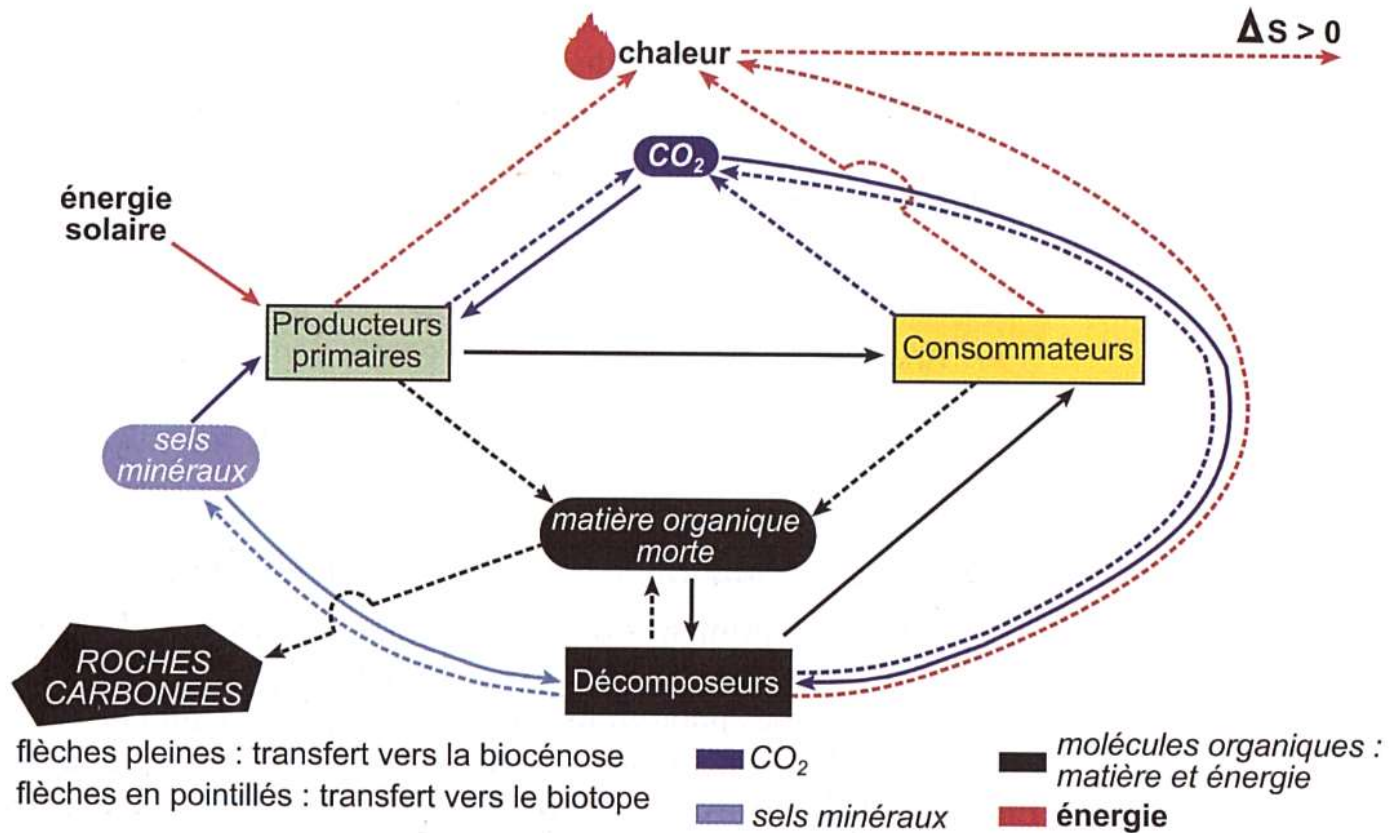


FIGURE 12.14 Cycles de matière et flux d'énergie dans un écosystème.

Une vache adulte produit en moyenne 12  
bouses par jour d'environ 3 kg chacune



## La faune du sol (animaux)

21% des espèces au monde sont dans le sol!

- **la macrofaune (4 à 80 mm)** : les **annélides** comme les vers de terre ; les **insectes tels** les fourmis, les termites, et certaines de leurs larves comme les **larves** de mouches, de cousins, de hannetons ; les **arachnides** comme les araignées, les **mollusques** tels les escargots ou les limaces ; les **myriapodes** comme les mille-pattes ou les scolopendres ; les **crustacés isopodes** auxquels appartiennent les cloportes par exemple.
- **la mésofaune (0,2 à 4 mm)** : les **arachnides** tels que les Acariens (oribates, gamases), les **insectes aptérygotes** comme les collemboles (insectes les plus nombreux du sol) et les diploures, les **némathelminthes** comme les nématodes, etc.
- **la microfaune (moins de 0,02 mm)** : les **protozoaires**: amibes, flagellés, ciliés (paramécies),

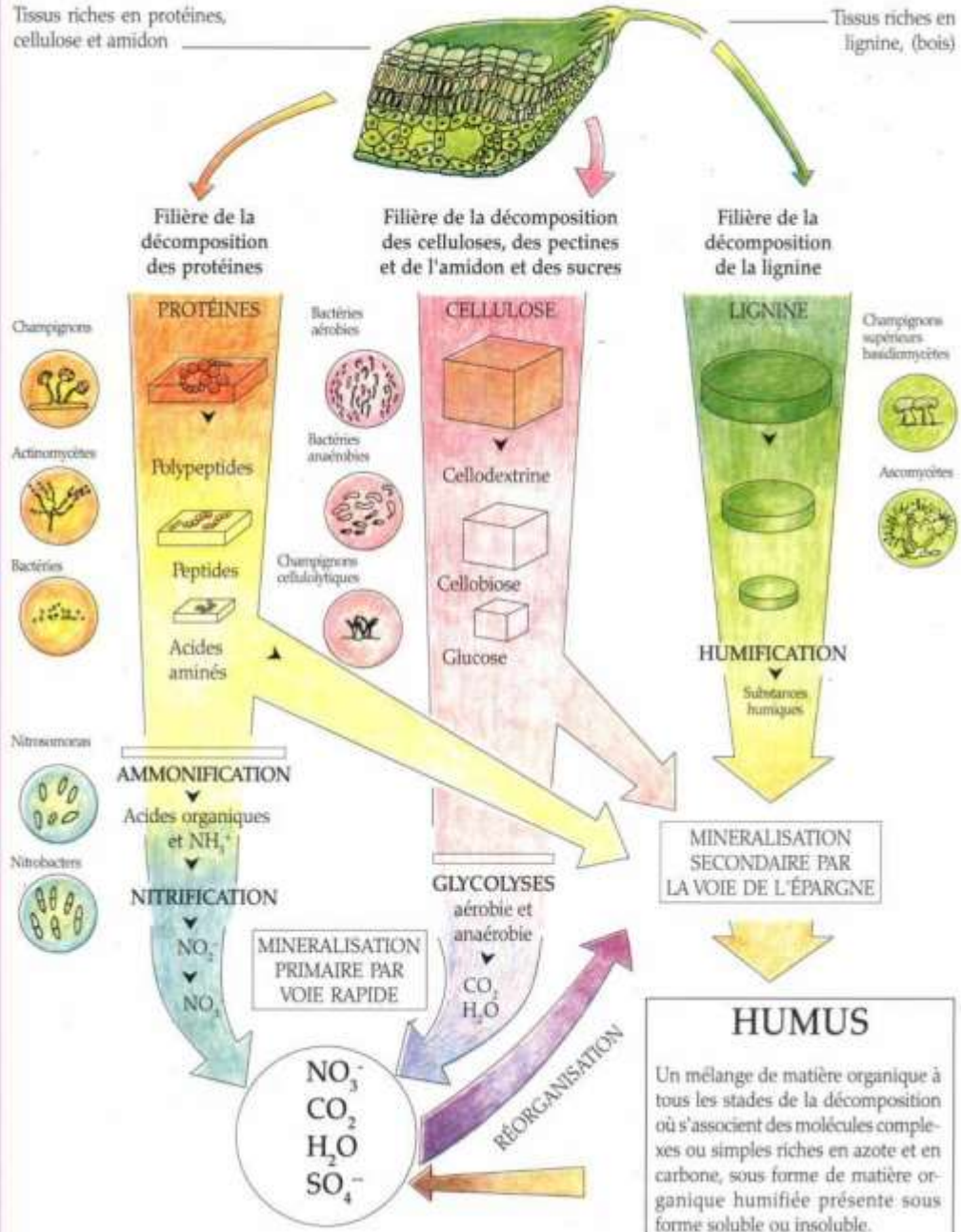
## Les microorganismes non animaux

- Les bactéries : estimation de 10000 à 100000 espèces/g de sol avec une quantité de  $10^8$  à  $10^9$  par gramme de sol (prairie permanente), soit bien plus que d'habitants en France !)
- champignons.
- moins de 1% des bactéries et des virus a été décrit et seulement 4% des champignons



# LES ÉTAPES CLÉS DE LA DÉCOMPOSITION BIOCHIMIQUE D'UNE FEUILLE

La participation des principaux microorganismes dans les chaînes de minéralisation de la matière organique



# **5. L'ÉCOSYSTÈME FONCTIONNE GRÂCE À UN FLUX D'ÉNERGIE ET DE MATIÈRE PARTIELLEMENT CYCLIQUE**

Alfred James Lotka, (Ukraine 1925) d'abord chimiste puis mathématicien -> thermodynamique  
-> diagrammes des flux énergétiques de Eugène Pleasants Odum (USA 1953)

## **5.1. Un écosystème est un système ouvert traversé par un flux d'énergie**

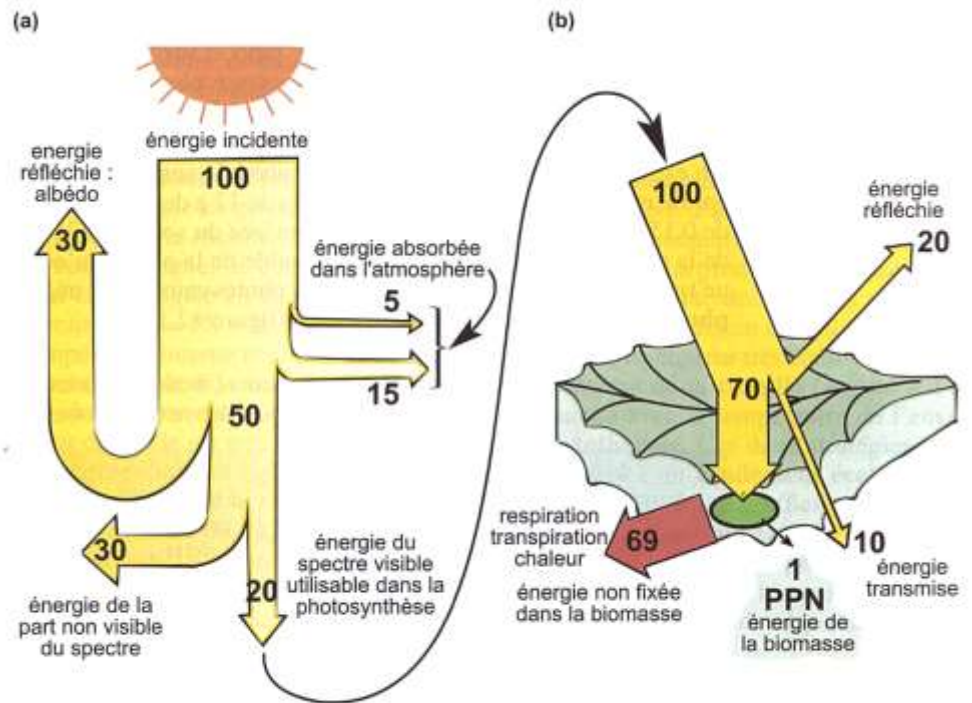


FIGURE 12.15 De l'énergie solaire à la biomasse des producteurs primaires.

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

# La répartition de l'énergie assimilée change avec l'âge de l'écosystème

Prairie semée

Prairie permanente

Écosystème juvénile

Écosystème mature

Dépenses d'entretien et de développement

Dépenses de croissance

Dépenses d'entretien et de développement

Dépenses de croissance



Ecologie: Approche scientifique et pratique  
Claude Faurie  
Tec & Doc

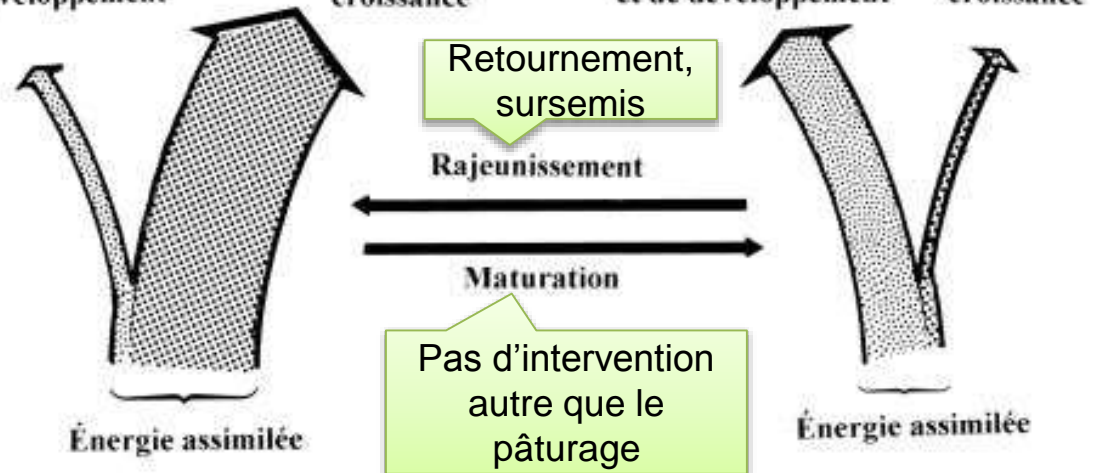


Figure 30 ■ Répartition de l'énergie assimilée au cours du développement temporel d'un écosystème (inspiré de Frontier).

Dans un agrosystème une partie importante de la **production primaire** constitue la **récolte** qui est exportée. La matière organique correspondante ne pourra donc pas être recyclée par les décomposeurs. Sans intervention particulière il y a une perte nette **d'ions minéraux** à chaque récolte.



Dans un agrosystème l'exportation de la récolte constitue un **flux sortant de matière** qui doit être compensé par un **flux entrant** représenté notamment par les **engrais**. Les autres **intrants agricoles** participent aussi à l'augmentation de la **production primaire** et donc à l'amélioration des **rendements** (= de la **productivité**).

On appelle **intrants agricoles** tous les produits apportés aux cultures : les **engrais**, les **produits phytosanitaires**, les **amendements** (éléments améliorant les propriétés physiques et chimiques du sol, tels que le sable, la tourbe, la chaux...), les **semences** (et plants) etc.

*Par extension on peut y rajouter tout ce que l'exploitation agricole doit acheter : le **carburant**, les **aliments pour animaux** non produits dans la ferme, l'**eau**, le **matériel agricole**, les **frais vétérinaires**, etc.*

## 5.2. On peut établir un bilan quantitatif des importations et exportations de l'écosystème

Les vaches sont des **herbivores**, leur alimentation est composée principalement de matières végétales riches en fibres (fourrage, céréales,...), mais également de concentrés riches en énergie (granulés, farines,...) en minéraux et en vitamines. Chaque jour une vache mange environ 70 kg de végétaux et boit environ 80 litres d'eau.

Le plus souvent, avec le temps, les équilibres phytosociologiques qui s'installent sur les prairies permanentes associés à une exploitation rationnelle, rendent illusoire quelque gain de productivité que feraient miroiter une nouvelle installation herbeuse. (prairie semée)

**TABLEAU 12.5** PRODUCTION, BIOMASSE ET PRODUCTIVITÉ  
COMPARÉES DE QUELQUES ÉCOSYSTÈMES TERRESTRES\*.

1 écosystèmes	2 surface	3 production primaire nette planète	4 production primaire nette moyenne(P)	5 biomasse totale	6 biomasse moyenne (B)	7 productivité P/B
unités	10 <sup>6</sup> ha	10 <sup>9</sup> t.an <sup>-1</sup>	t.ha <sup>-1</sup> .an <sup>-1</sup>	10 <sup>9</sup> t	t.ha <sup>-1</sup>	an <sup>-1</sup>
forêts tropicales	2 450	49	19	1025	400	0,048
forêts tempérées	1 200	15	12,5	385	325	0,038
savanes	1 500	13,5	9	60	40	0,225
agrosystèmes	1 400	9,1	6,5	14	10	0,650
déserts extrêmes et zones polaires	2 400	0,07	0,03	0,5	0,2	0,150
total continents**	14 900	115	7,74	1 837	121	-
récifs coralliens et herbiers d'algues	60	1,6	25	1,2	20	1,25
océan	33 200	41,5	1,25	1	0,03	41,67
total océanique**	36 100	55	1,52	3,9	0,1	-
total général	51 000	170	1,52	1 841	36	-

\* : selon les sources, ces valeurs peuvent fluctuer.

\*\* : ce total inclut des écosystèmes non cités dans ce tableau.



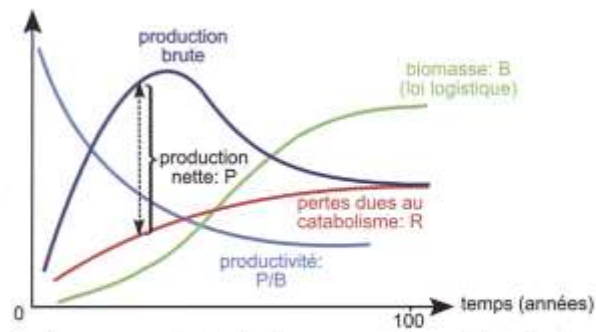
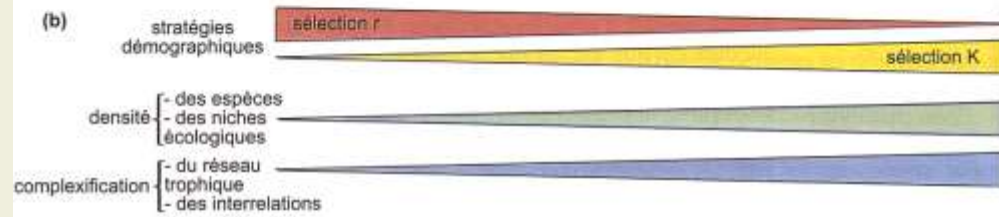
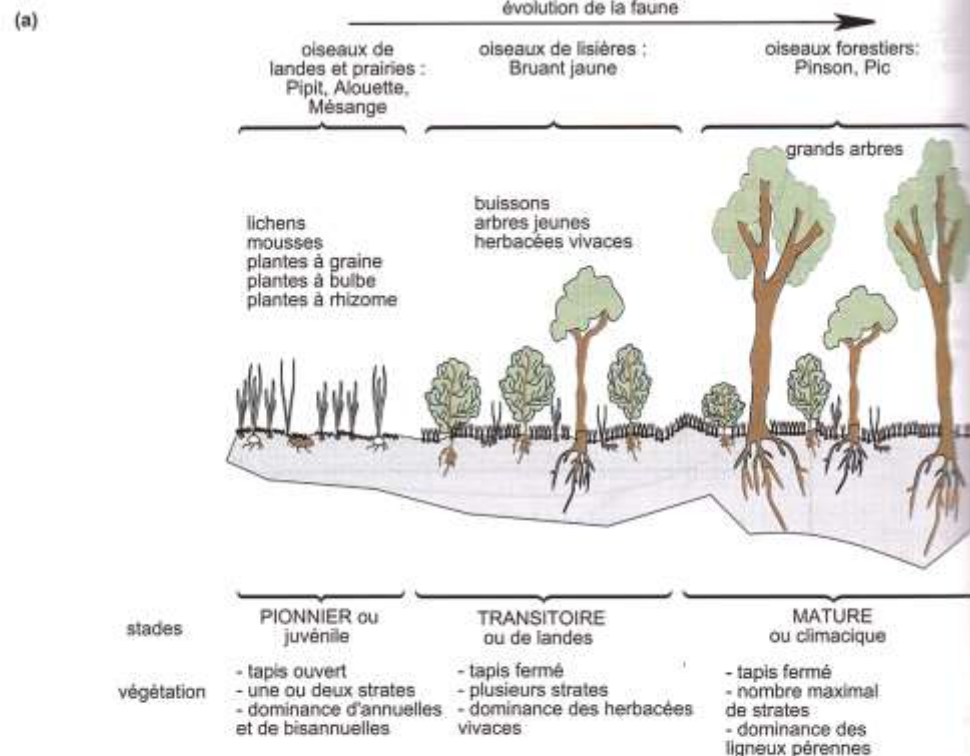
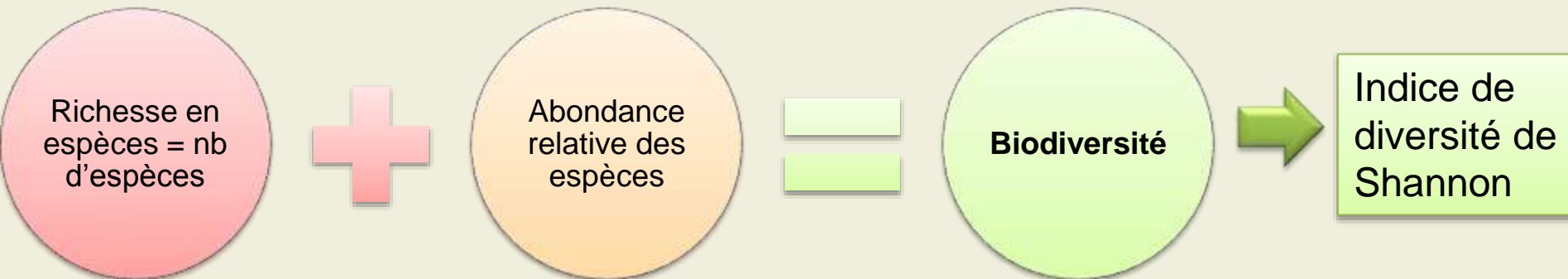


FIGURE 12.21 Exemple d'une succession écologique progressive et de la variation de quelques paramètres associés (a) ; évolution de la biomasse, de la production et de la respiration au cours d'une succession écologique (b) (D'après Odum).

# 6. LES ÉCOSYSTÈMES ÉVOLUENT DE FAÇON PLUS OU MOINS RÉVERSIBLE SELON LEUR RÉSILIENCE

## 6.1. Des modifications naturelles ou anthropiques peuvent modifier la biodiversité de la pâture

Comment évaluer la biodiversité?



# Abondance relative d'espèces de Graminées dans des prairies permanentes

Espèces	<i>Lolium perenne</i>	<i>Dactylis glomerata</i>	<i>Festuca rubra</i>	<i>Briza media</i>
Type de Graminée fourragère	Type A productive et précoce, repousse rapidement	Type B productive, plus adaptée que les A aux fauches moins fréquentes et plus tardives car repousse lente	Type C, peu productive et précoce, adaptée à un pâturage assez intensif	Type D peu productive et tardive adaptées à un pâturage très peu chargé ou à une fauche unique
Fauche	18%	30	42	3
Pâturage intensive	63%	36	1	0
Pâturage Seulement l'été	20%	23	54	3



Pâturage et biodiversité des prairies permanentes  
 DUMONT B. , FARRUGGIA A. GAREL J.P. Renc. Rech. Ruminants, 2007, 14

Calculez les indices de biodiversité de Shannon pour ces 3 prairies. Interprétez

## Indice de diversité de Shannon

$H = -p_1 \ln(p_1) - p_2 \ln(p_2) - \dots$  etc  
 $p_1$  est l'abondance relative de l'espèce 1 (en %)



# Solution

Espèces	Lolium perenne	Dactylis glomerata	Festuca rubra	Briza media	H
Fauche	18%	30	42	3	0,84
Pâtûre intensive	63%	36	1	0	0,45
Pâtûre seulement l'été	20%	23	54	3	0,79

- On a calculé un indice de biodiversité des Graminées, pas un indice de biodiversité globale. Nos interprétations seront donc limitées aux Graminées!
- **La fauche favorise la biodiversité des Poacées**, en permettant aux 4 types de graminées de persister dans le milieu. Il est donc probable qu'il y a une fauche de printemps, ce qui favorise la repousse du Ray Grass = Lolium = Ivraie à croissance rapide. La 2<sup>ème</sup> fauche est suffisamment tardive pour ne pas empêcher la reproduction de la Brize. Il y a forcément une deuxième fauche, sinon A tend à disparaître; mais probablement pas 3 ou 4 car les graminées C et D sont plus fréquentes que A.
- **Le pâturage intensif** (beaucoup de bovins peu de temps ou peu de bovins longtemps) **réduit la diversité des graminées**, en donnant un avantage sélectif aux Poacées à repousse rapide. Si on garde cet usage pour cette parcelle, les graminées de type C et D seront éliminées.
- On voit pour la dernière parcelle que les bovins y viennent tardivement, car les graminées A seraient avantagées en cas de pâturage au printemps.

## **61.1. Des modifications biotiques peuvent réduire la biodiversité, comme le surpâturage ou une espèce envahissante**

un renouvellement. C'est le cas à cause du surpâturage, des matières excrémentielles en excès (disparition des insectes coprophages), des buttes de terre rejetée par les taupes, et plus normalement, du fait des modifications des faciès prairiaux (faciès à renoncules ou à oseilles, refus, présence d'espèces toxiques [colchique, euphorbes, jonquilles, etc.], parasites [cuscute, orobanches, etc.] ou gênantes [oseilles, renoncules, chardons, ombellifères, orties, joncs, fougères, etc.], etc.).

Mais quels que soient les efforts consentis, l'agriculteur ou l'éleveur ne peut pas complètement lutter contre le vieillissement qui affecte les groupements végétaux. La notion de faciès prairiaux est une bonne indication sur le fait que progressivement les espèces recherchées sont peu à peu étouffées par des espèces indésirables, envahissantes, voire toxiques pour le bétail. En outre, les techniques d'exploitation influent aussi sur l'évolution de la flore. Le surpâturage, l'excès de matières excrémentielles, le piétinement, l'engorgement hydrique résultant du tassement, les matières organiques, les matières minérales, la fumure, la fauche, etc. sont responsables de l'évolution de la flore et davantage encore des sols qui la supportent. C'est ainsi que les sols peuvent s'acidifier, se retrouver carencés ou déséquilibrés en éléments nutritifs.

De façon simplifiée, on peut dire que la fumure azotée favorise les graminées au dépens des légumineuses ; le pâturage exclusif favorise les espèces rampantes et en rosette et les espèces dédaignées (refus, chardons) ; la fauche exclusive, et nécessairement tardive, favorise les graminées qui supportent mal le broutage (fromental), les graminées précoces qui ont le temps de monter en épi et de grainer, les composées aux dépens des graminées vivaces tardives à reproduction végétative dominante, entre autres. Ce sont quelques-unes des raisons qui incitent à préférer une mode d'exploitation qui alterne pâturage et fauche (voir).

# Rappel **Solution**

## Abondance relative des espèces de Graminées

Espèces	Lolium perenne Type A	Dactylis glomerata Type B	Festuca rubra Type C	Briza media Type D	H, Indice de diversité de Shannon
Fauche	18%	30	42	3	0,84
Pâturage intensive	63%	36	1	0	0,45
Pâturage Seulement l'été	20%	23	54	3	0,79



- **Le pâturage intensif** (beaucoup de bovins peu de temps ou peu de bovins longtemps) **réduit la diversité des graminées**, en donnant un avantage sélectif aux Poacées à repousse rapide (type A).
- Si on garde cet usage pour cette parcelle, les graminées de type C et D seront éliminées.

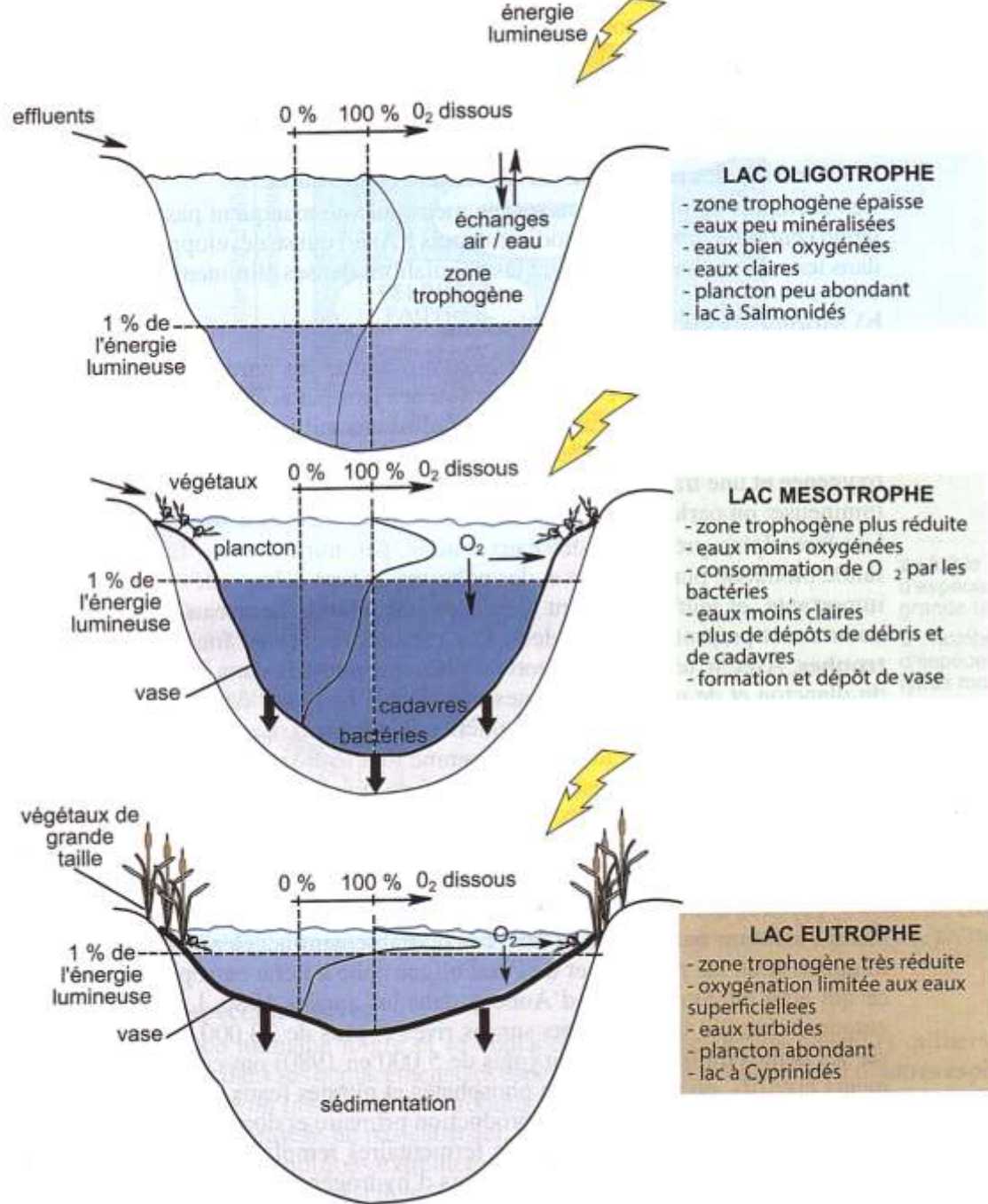


FIGURE 12.23 Les grandes étapes de l'évolution naturelle des lacs (D'après J. Devaux).



Retenons que la phase d'*eutrophisation* d'un étang connaît une prolifération de végétaux chlorophylliens qui, dans un premier temps, augmente la quantité d'oxygène dans l'eau. La biomasse zooplanctonique s'accroît tout naturellement, les poissons se multiplient... au point qu'on pourrait y voir un certain intérêt économique. Il s'agit d'une erreur car la nécromasse qui en découle devient si importante que son recyclage (re-minéralisation) par le *benthos* (êtres vivants du fond de l'étang) exige de plus en plus d'oxygène.

La phase suivante, ou *dystrophisation*, est caractérisée par un encombrement végétal tel que le soleil ne pénètre plus l'eau. La photosynthèse chute brusquement au point que la vie n'y est quasiment plus possible. Enfin, c'est l'entretien d'un étang, de ses rives et de ses berges, qui lui confère sa grande biodiversité : si l'on cesse de faucher les abords de l'étang, alors les espèces fragiles – car plus exigeantes –, comme les orchidées palustres, disparaissent au profit d'espèces plus ubiquistes comme les roseaux, les scirpes ou les massettes.

## **61.2. Des modifications abiotiques peuvent réduire la biodiversité, comme dans l'eutrophisation**



## 6.2. La biodiversité d'une pâture assure des services écosystémiques

ces services écosystémiques, qui peuvent être considérés comme l'ensemble des propriétés des écosystèmes permettant de produire le bien-être de l'homme ou de la nature.

en pourvoyant les besoins alimentaires des animaux d'élevage et en assurant la préservation des milieux (qualité des eaux) et des ressources (conservation de la biodiversité, fertilité des sols).

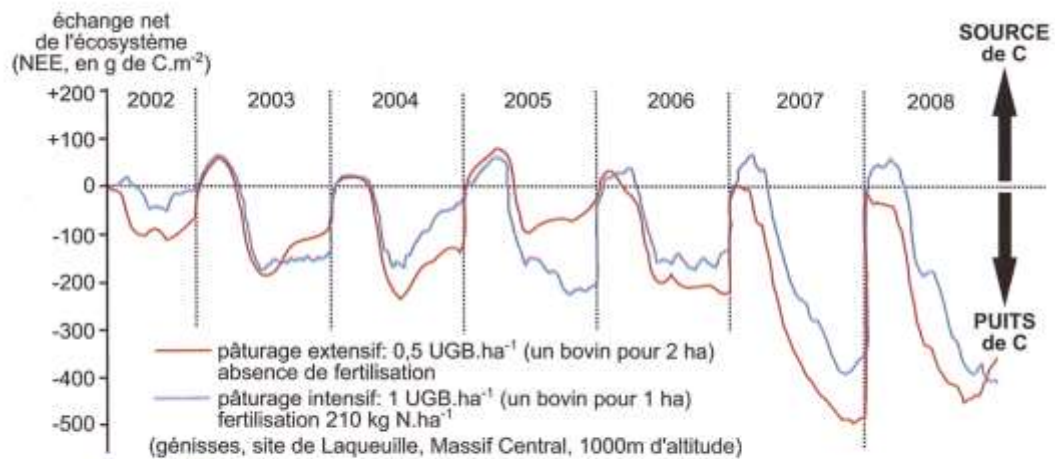


FIGURE 12.24 Prairies et puits de carbone (D'après Klumpp ; UGB : Unité Gros Bétail).

Les données qualitatives et quantitatives acquises sur la structure et le fonctionnement des écosystèmes constituent des outils essentiels pour leur gestion.

## On peut restaurer un sol avec du bois raméal fragmenté

- peu connue en France,
- prend pour modèle l'évolution naturelle des sols forestiers.
- incorporer dans la partie superficielle du sol une quantité importante de jeunes rameaux de végétaux ligneux, de diamètre inférieur ou égal à 7 cm, broyés en vue de faciliter l'action de champignons du sol (Basidiomycètes), capables d'initier le processus de décomposition de la lignine. 2 à 3 cm pour la première année. 1 cm au cours des années suivantes.
- augmentation de l'activité biologique et du taux d'humus du sol, favorables à une augmentation de fertilité rapide, importante et durable.
- la présence de champignons attire la microfaune qui elle-même sert de source de nourriture à la mésofaune et à la macrofaune du sol.

Ainsi cette technique n'augmente pas seulement la teneur en matière organique du sol, mais elle permet également un **retour de la diversité biologique** dans le sol. -> structuration et à son bon fonctionnement.



CNRS

## **6.3. Un écosystème a une certaine résilience**



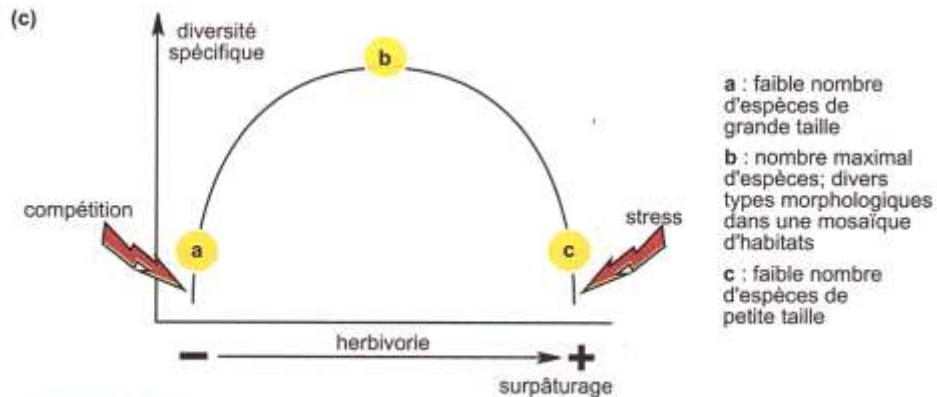
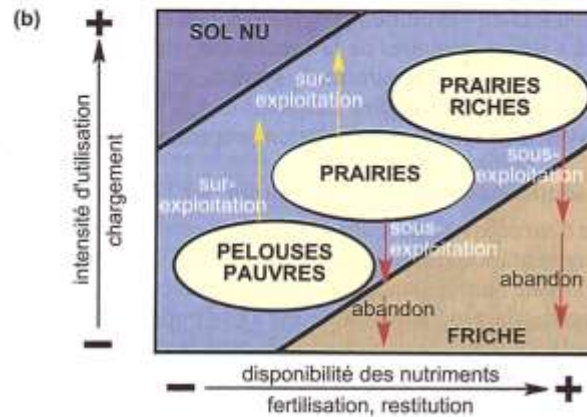


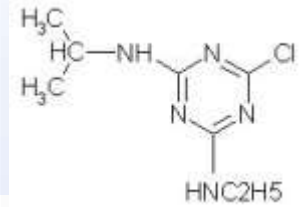
FIGURE 12.22 Origine et devenir de l'écosystème prairial (a) ; impact du chargement selon le type de prairies (b) ; biodiversité végétale et intensité du pâturage (c) (D'après P. Carrère).

# Les sols peuvent parfois se dépolluer

## 1- un ver de terre et des bactéries dégradent un pesticide : l'atrazine

- L'atrazine est un herbicide interdit en France depuis 2003
- rapidement lessivée et de se retrouver dans l'eau (rivière, nappe souterraine...) où elle agit sur un grand nombre d'organismes, même à faible concentration. Du fait de sa persistance dans les sols et l'eau, cela en fait un des contaminants des eaux les plus problématiques.
- toxicité pour l'Homme (perturbation hormonale -> reproduction ou système immunitaire -> risque accru de maladies infectieuses et de cancers)
- effets constatés chez les microorganismes, la mésofaune et la macrofaune du sol).
- Les vers de -> diminuent la mobilité de l'atrazine en améliorant la fixation des molécules dans les microsites qu'ils créent dans le sol.
- Les microorganismes bactériens - dont l'activité est stimulée par la présence des lombrics - ont ainsi plus de temps pour la dégrader -> diminuer la part d'atrazine s'écoulant vers les nappes d'eau.
- +enfouir l'atrazine dans galeries, ce qui évite qu'elle soit emportée avec l'eau de ruissellement en cas de pluie.

**Dans le cas de l'atrazine, la biodiversité joue donc un rôle très important pour la dépollution des sols et par conséquent pour la protection sanitaire.**



<http://www.cnrs.fr/>

2- On utilise aussi des plantes hyper-accumulatrices de métaux





# GESTION DES ECOSYSTEMES



cultures, prairies, forêts  
agrosystèmes

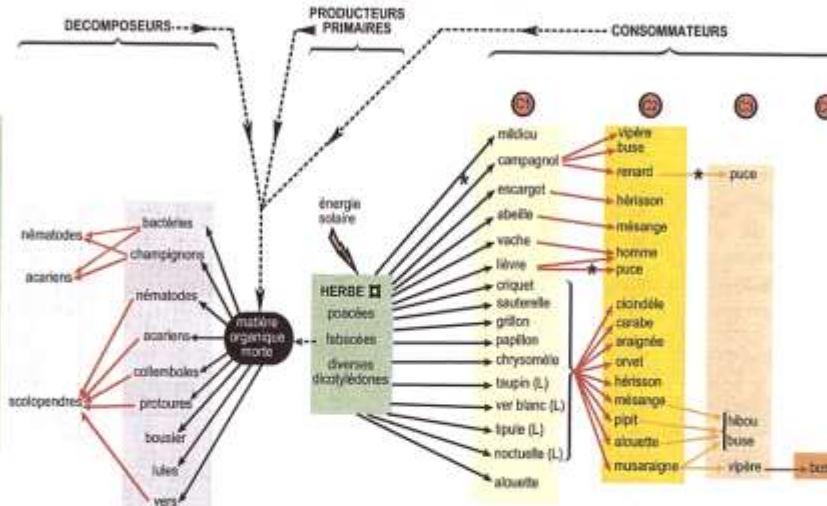
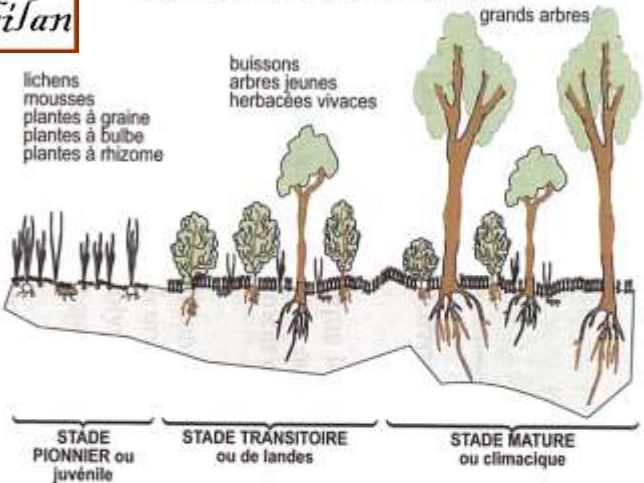
biodiversité

impacts paysagers  
(services écosystémiques)

introduction d'espèces  
invasives, chasse, pêche

## SUCCESSIONS ECOLOGIQUES

## RESEAU TROPHIQUE



## FONCTIONNEMENT DE L'ECOSYSTEME

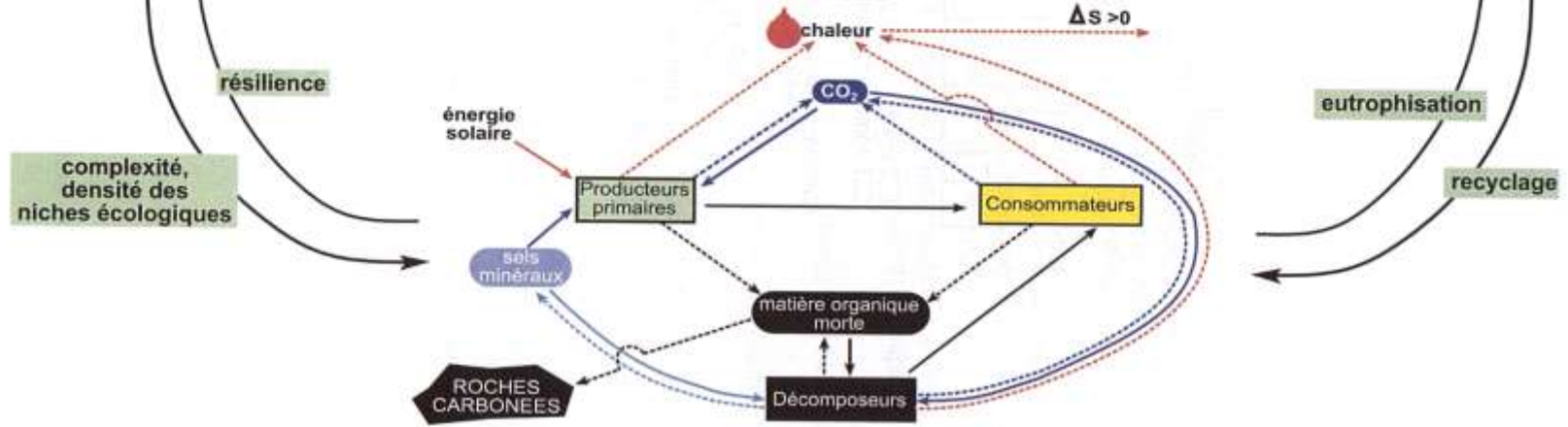


FIGURE DE SYNTHÈSE Les écosystèmes, structure et fonctionnement : interactions trophiques et flux d'énergie.

# Bibliographie



Ecologie: Approche  
scientifique et pratique  
Claude Faurie  
Tec & Doc