

# SV-J-2-LES ÉCOSYSTÈMES: STRUCTURE, FONCTIONNEMENT ET DYNAMIQUE

SV-J POPULATIONS ET ÉCOSYSTÈMES



Source Wikipedia



### EXTRAIT DU B.O.

Savoirs visés	Capacités exigibles
<p>L'écosystème est un ensemble circonscrit par un observateur, constitué d'un biotope et d'une biocénose (diversité de groupes fonctionnels).</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Présenter la notion de richesse spécifique (prairie pâturée).</li> </ul>
<p>La richesse spécifique est une mesure du nombre d'espèces. Il existe des indices de biodiversité.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Présenter la notion de groupe fonctionnel (prairie pâturée).</li> </ul>
<p>Les organismes ingénieurs sont des espèces qui construisent le milieu et/ou modifient l'habitat pour d'autres espèces.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Caractériser une structuration spatiale de l'écosystème.</li> </ul>
<p>La distribution spatiale des composants de l'écosystème détermine sa structure.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Discuter de la limite de catégorisation des relations interspécifiques</li> </ul>
<p>Dans l'écosystème, les espèces entretiennent des relations variées qui affectent la valeur sélective des organismes, et dont la typologie présente des cas limites dépendant du contexte écologique (niche écologique potentielle / réalisée, espèces clés de voûte).</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Caractériser des interactions parasitaires, compétitives ou mutualistes.</li> <li>- Décrire et relier les relations interspécifiques à la dynamique d'une population et à la niche écologique / potentielle.</li> </ul>
<p>Les interactions trophiques (chaînes trophiques, réseaux trophiques, producteurs primaires, niveaux trophiques) comportent des consommateurs qui tous (y compris microbiens) effectuent une décomposition et une minéralisation, participant au recyclage de la biomasse.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Expliquer le rôle des bovins, espèce clé de voûte.</li> </ul>
<p>Leur fonctionnement peut être représenté quantitativement par des pyramides.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Caractériser pour chaque niveau trophique la production de biomasse et comparer pour chaque niveau les productions et les rendements.</li> </ul>
<p>Dans le système herbe-vache, la symbiose avec les micro-organismes et l'utilisation croisée des déchets augmentent le rendement entre échelons trophiques.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Discuter de la place de la vache dans les pyramides de production.</li> </ul>
<p>Il existe des régulations des effectifs de façon ascendante (bottom-up) et descendante (top-down).</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Comparer des productivités et montrer l'influence des paramètres abiotiques sur la production primaire.</li> </ul>
<p>La productivité, définie comme la production divisée par la biomasse de producteur, varie selon l'écosystème.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Discuter des rôles de décomposeurs et des chimolithotrophes dans le recyclage des ressources minérales.</li> </ul>
<p>L'écosystème est un système ouvert dont le fonctionnement repose sur un flux de matière et d'énergie.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Illustrer la notion de perturbation.</li> </ul>
<p>Les écosystèmes sont des structures dynamiques, dont le fonctionnement peut évoluer suite à des perturbations (biotiques dont anthropiques, ou abiotiques). La stabilité d'un écosystème est définie par sa résistance et sa résilience. Des successions écologiques sont observables après des perturbations.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Expliquer la différence entre résistance et résilience d'un écosystème.</li> </ul>
<p>Les écosystèmes délivrent des services écosystémiques. Leur gestion nécessite d'intégrer leurs dynamique suite à des perturbations.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Expliquer le rôle de la facilitation écologique et de la compétition interspécifique dans une dynamique de végétation (exemple de l'éclaircissement dans la transition vers la forêt -climax)</li> </ul>


# SV-J-2-Les écosystèmes: structure, fonctionnement et dynamique

## INTRODUCTION

### ■ ECOSYSTÈME:

- Ensemble circonscrit par un observateur
- Constitué d'un biotope et d'une biocénose en interaction
- Ce sont les interactions entre les différentes composantes de l'écosystème (interaction biotope-biocénose et entre les composantes de la biocénose) que l'on étudie en écologie
- Taille variable (forêt, prairie, panse d'une vache, bouse d'une vache)

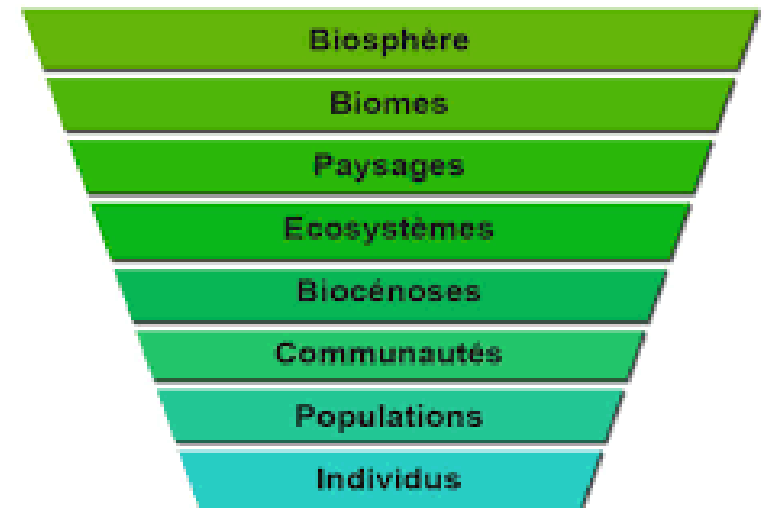
### ■ Place des populations dans les écosystèmes.

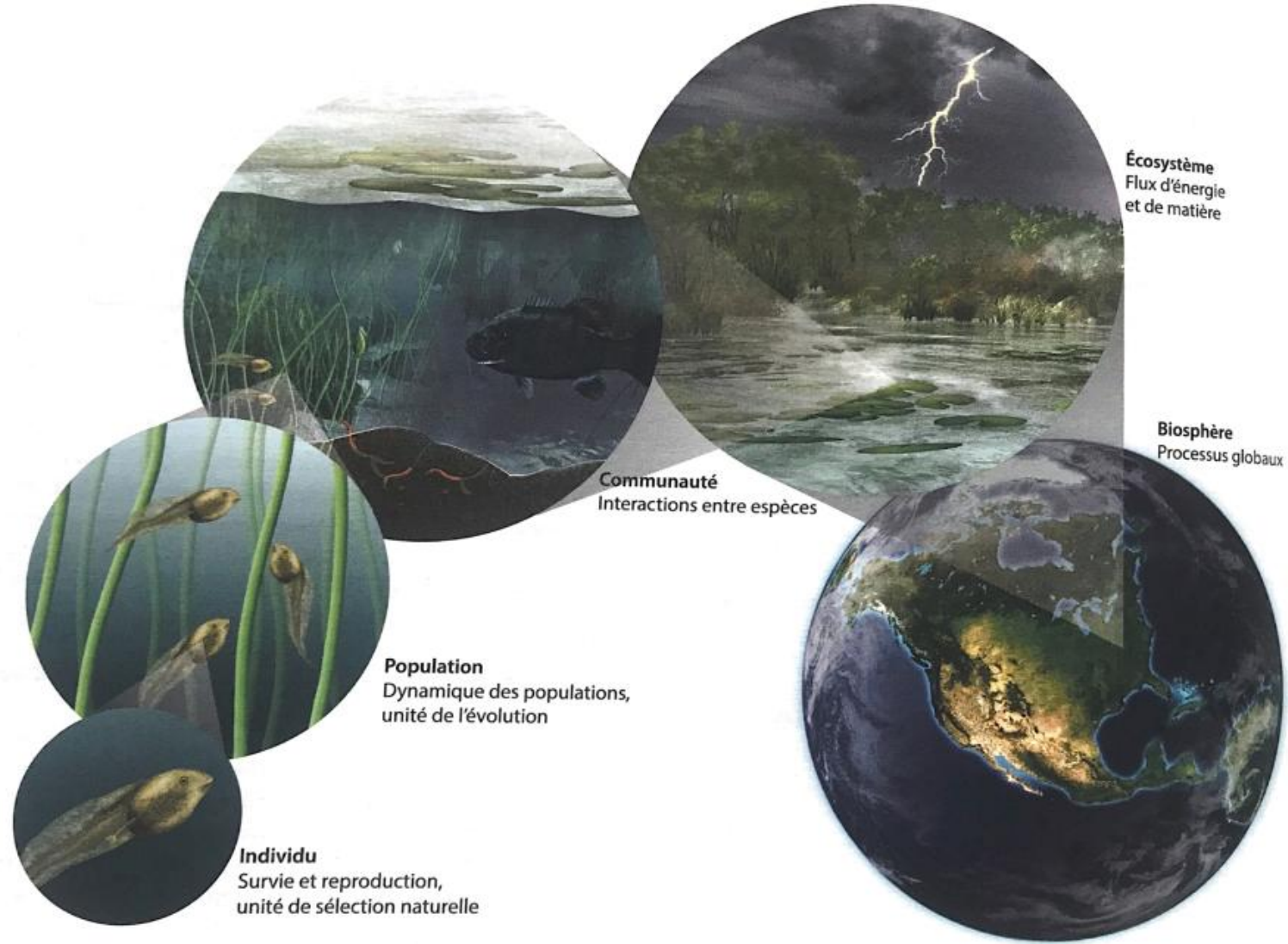
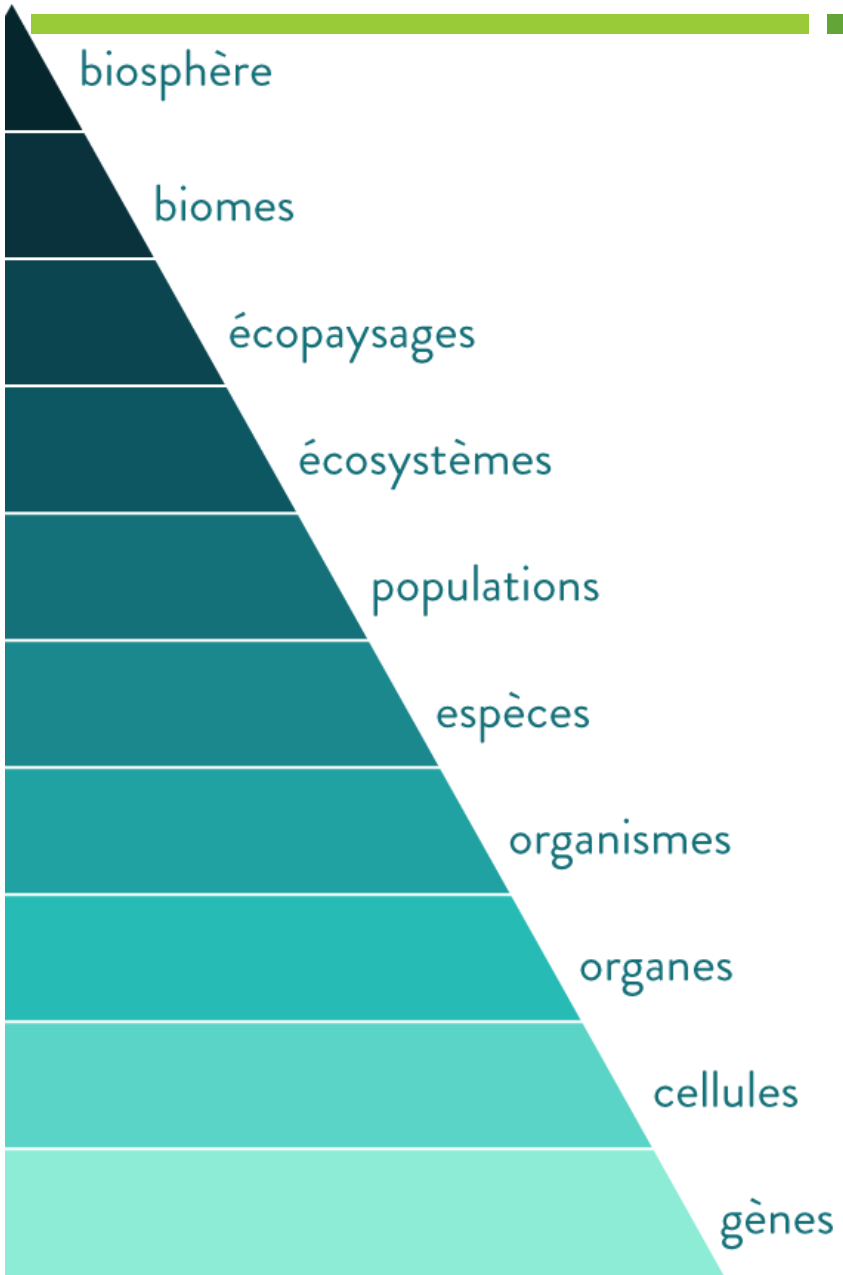


**Ecologie** : (n.f.) science qui étudie les relations des organismes vivants entre eux et avec leur milieu de vie.

**Ecosystème** : (n.m.) ensemble formé par un biotope et une biocénose.

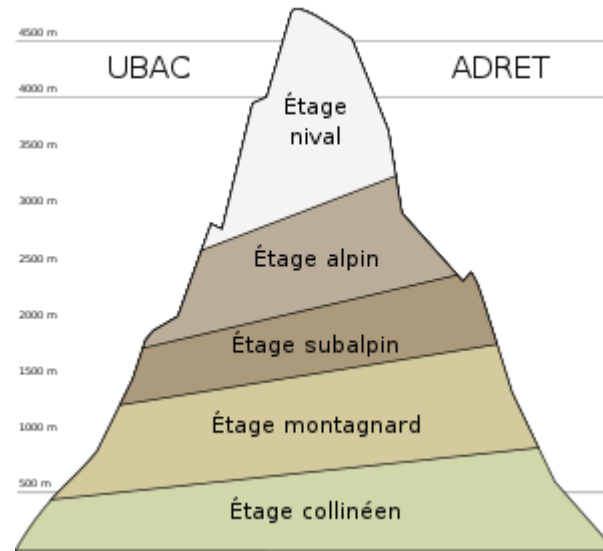
**Biosphère** : (n.f.) ensemble des êtres vivants à l'échelle de la Terre.





*Hiérarchie dans les systèmes écologiques. Les écologues étudient les différents processus à chaque niveau de complexité d'après Ecologie, R. Ricklefs et al.*

## Exemple de deux écosystèmes



Une forêt tempérée : exemple d'une hêtraie –chênaie collinéenne  
Canopée => modification des paramètres abiotiques

- \*canopée: strate supérieure d'une forêt exposée aux rayons du soleil
- \* houpier: sommet d'un arbre

- Forêt : ensemble d'arbres dont les houppiers recouvrant forment une **canopée** continue apte à modifier les paramètres abiotiques
  - Canopée → modification des paramètres abiotiques
  - Forêt = **espace fermé**
  - Plusieurs strates (de l'hypogée à l'arborescente)



Prairie de fauche en zone tempérée  
Paysage agro-sylvo-pastoral du massif du Jura (commune de Chapelle-des-Bois). La prairie du premier plan renferme une flore diversifiée typique des prairies de **fauche de montagne**. Les pâturages visibles au second plan présentent un taux de boisement croissant en direction de la forêt.  
(Les prairies : biodiversité et services écosystémiques, Mauchamp et al. 2011)

- Prairie = espace ouvert
  - Une seule strate de végétation majoritaire: la **strate herbacée**
  - Une famille majoritaire: les **Poacées**
  - 13% de la France métropolitaine
  - Prairie = gérée par l'homme → agrosystème

# Des écosystèmes prairiaux variés

- Associez la prairie à son biome et discutez de sa biodiversité présumée



savane

steppe

Prairie de fauche de plaine

Prairie de pâture

Prairie de fauche de montagne

toundra



## Des écosystèmes prairiaux variés



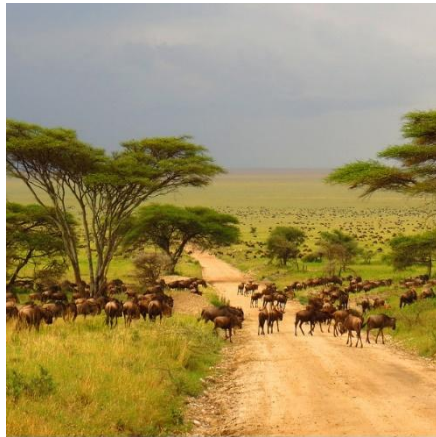
Prairie de fauche de plaine



Prairie de pâture



Prairie de fauche de montagne



Savane



Toundra



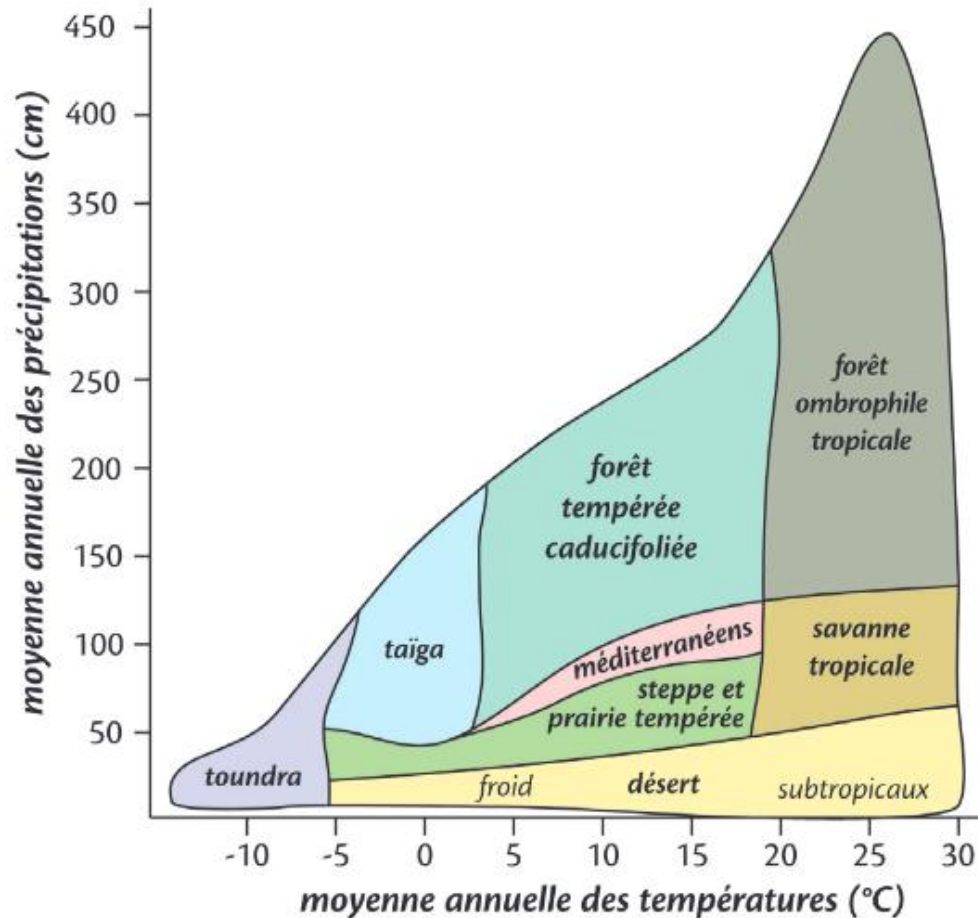
Steppe

## biome (n.m.)

ensemble d'écosystèmes d'une même zone climatique. Température et pluviométrie sont les 2 facteurs fondamentaux qui déterminent les biomes.

Ex de biomes: prairie, toundra, steppe, savane, montagne, désert...

## TEMPÉRATURE ET HYDROMÉTRIE



**TOUNDRRA** : biome circumpolaire et prairies alpines, sol gelé en permanence, saison de végétation inférieure à 2 mois, température moyenne du mois le plus chaud < 10°C

**TAÏGA** : forêt boréale de conifères et étage subalpin, au moins 2 mois sans gel + températures moyennes > 10°C

**FORÊT TEMPÉRÉE CADUCIFOLIÉE ET ÉTAGES MONTAGNARD ET COLLINÉEN (HÊTRES, CHÊNES)** : biocénose complexe

**ÉCOSYSTÈMES MÉDITERRANÉENS** : période de sécheresse estivale > 3 mois, précipitations brutales

**STEPPE TEMPÉRÉE ET GRANDES PRAIRIES AMÉRICAINES** : pluviosité entre 25 et 75 cm/an (*insuffisant pour une forêt*)  
⇒ graminées à feuilles adaptées à la sécheresse, plantes à bulbes et rhizomes, parcourues par des troupeaux de grands herbivores

**DÉSERTS** : pluviosité < 20 cm/an

**SAVANE TROPICALE** : climat chaud et humide ⇒ herbes hautes parsemées de quelques arbres et arbustes (*pluviosité trop faible pour les arbres*), occupée par des troupeaux de grands herbivores migrant en saison sèche vers les zones humides

**FORÊT OMBROPHILE TROPICALE** : biome le plus complexe et le plus riche en espèces de la biosphère. Pluviosité de 180 à 400 cm/an régulièrement, conditions constantes

Détermination des **8 grands biomes** par des facteurs climatiques: température et pluviométrie (source:A. Denis)

# Prairie de fauche: agroécosystème très anthropisé

## Les étapes du fauchage



1. Fauchage



Andainage (n.m.): consistant à regrouper le foin en rangs avec un andaineur

2. Endainage

3. Ramassage et pressage



© Fourrages Mieux - SC

4. Semis

# ÉCOSYSTÈME PRAIRIAL: EX DE LA PRAIRIE DE FAUCHE

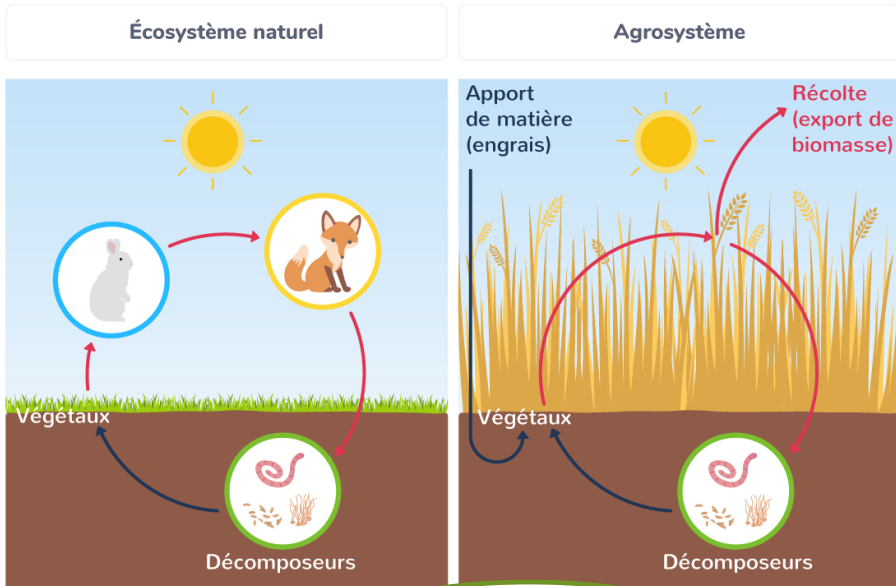


- strate **herbacée**
- **Poacées**
  - ✓ *Ray grass*
  - ✓ *mais aussi des Fabacées*
- accompagnée d'une faune

Prairie de fauche,  
gérée par l'homme  
(semée)

# Notion d'agrosystème

Écosystème géré par l'Homme = anthropisé à des fins de production alimentaires et/ou de matières premières



Transfert de matière :

- Organique
- Minérale

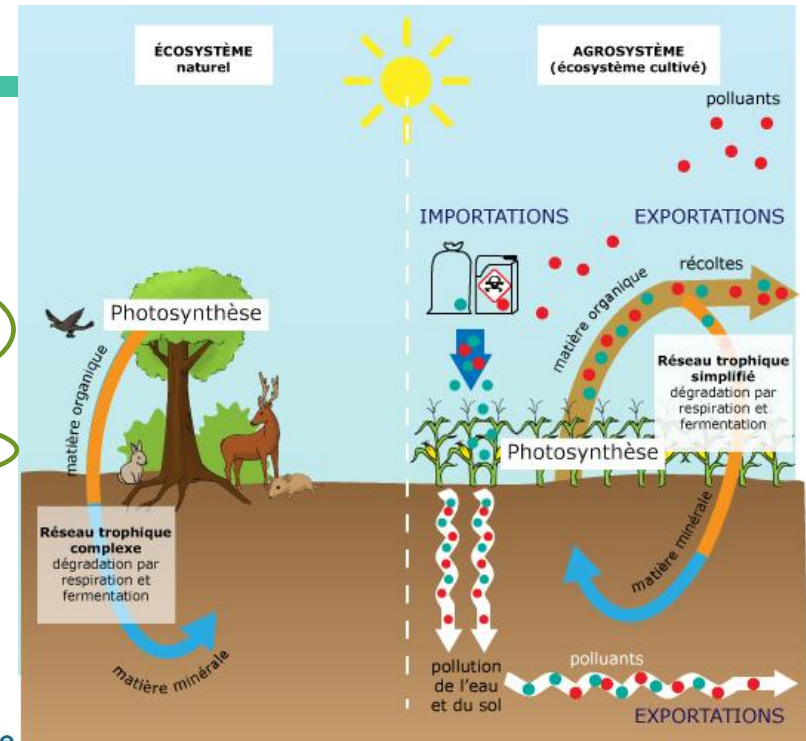
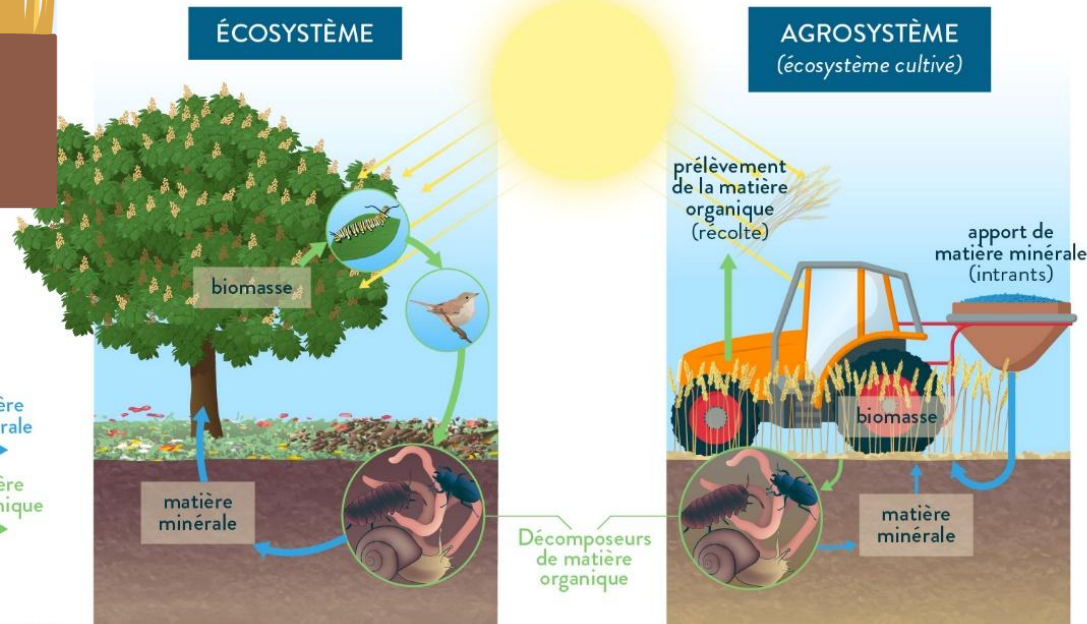
Cycle de matière

Flux de matière et d'énergie entre organismes perturbés par l'Homme

Conversion - assimilation

Réseau trophique déséquilibre pollution

Comparaison écosystème/agrosystème



Entrée (intrans)

Sortie (extrant)

énergie



Lépidoptère et Hyménoptère récoltant le nectar d'une Astéracée (Centauree probable)

***Comment caractériser la structure d'un écosystème ?***

***Quelles sont les conséquences des relations interspécifiques au sein de celui-ci ?***

***Comment décrire les flux de matière et d'énergie dont il est le siège ?***

# PLAN DU COURS

- I. L'écosystème, un espace circonscrit caractérisé par un biotope, une biocénose et des relations entretenues entre biotope et biocénose
  - A. La prairie, une surface biologique constituant une unité fonctionnelle
  - B. Le biotope : le milieu dans lequel évoluent les êtres vivants
  - C. La biocénose : ensemble des êtres vivants peuplant l'écosystème
  - D. Un écosystème structuré
  - E. Des influences réciproques entre biotope et biocénose
- II. Diversité des relations interspécifiques et conséquences sur la structure de l'écosystème
  - A. Comment définir une relation interspécifique ?
  - B. Une diversité de relations interspécifiques
  - C. Les relations interspécifiques dans un agrosystème
  - D. Effet des relations interspécifiques sur les niches écologiques et la biodiversité
- III. Fonctionnement des écosystèmes : des flux de matière et d'énergie dans un système ouvert
  - A. Les interactions trophiques constituent des chaînes et des réseaux trophiques
  - B. Flux de matière au sein d'un écosystème
  - C. Flux d'énergie au sein d'un écosystème
  - D. Fonctionnement d'un agrosystème : flux de matière et d'énergie
- IV. Dynamique des écosystèmes
  - A. Les perturbations des écosystèmes : une menace pour la stabilité de l'écosystème
  - B. Les successions écologiques : une dynamique naturelle suite à une perturbation
  - C. La stabilité des écosystèmes dépend de leur résistance et leur résilience
  - D. Les services écosystémiques et la gestion des écosystèmes (PRAC)

# PLAN DU COURS

- I. L'écosystème, un espace circonscrit caractérisé par un biotope, une biocénose et des relations entretenues entre biotope et biocénose
  - A. La prairie, une surface biologique constituant une unité fonctionnelle
  - B. Le biotope : le milieu dans lequel évoluent les êtres vivants
  - C. La biocénose : ensemble des êtres vivants peuplant l'écosystème
  - D. Un écosystème structuré
  - E. Des influences réciproques entre biotope et biocénose
- II. Diversité des relations interspécifiques et conséquences sur la structure de l'écosystème
  - A. Comment définir une relation interspécifique ?
  - B. Une diversité de relations interspécifiques
  - C. Les relations interspécifiques dans un agrosystème
  - D. Effet des relations interspécifiques sur les niches écologiques et la biodiversité
- III. Fonctionnement des écosystèmes : des flux de matière et d'énergie dans un système ouvert
  - A. Les interactions trophiques constituent des chaînes et des réseaux trophiques
  - B. Flux de matière au sein d'un écosystème
  - C. Flux d'énergie au sein d'un écosystème
  - D. Fonctionnement d'un agrosystème : flux de matière et d'énergie
- IV. Dynamique des écosystèmes
  - A. Les perturbations des écosystèmes : une menace pour la stabilité de l'écosystème
  - B. Les successions écologiques : une dynamique naturelle suite à une perturbation
  - C. La stabilité des écosystèmes dépend de leur résistance et leur résilience
  - D. Les services écosystémiques et la gestion des écosystèmes (PRAC)

# I. L'ÉCOSYSTÈME, UN ESPACE CIRCONSCRIT CARACTÉRISÉ PAR UN BIOTOPE, UNE BIOCÉNOSE ET DES RELATIONS ENTRETENUES ENTRE BIOTOPE ET BIOCÉNOSE

## A. LA PRAIRIE, UNE SURFACE BIOLOGIQUE CONSTITUANT UNE UNITÉ FONCTIONNELLE

### I. Des limites physiques

Repères de l'observateur :

- limites résultant de l'activité humaine (clôtures, haies...).
- limites résultant des caractères abiotiques du milieu (limite des forêts ou neiges éternelles) :

➤ physiques : prairies alpines (limite d'altitude) et toundra (limite de latitude) aux sols gelés en profondeur et vents violents (→ arbres impossibles)



toundra ➤



steppe ENCPB- BCPST I - STÉPHANIE DALAINE

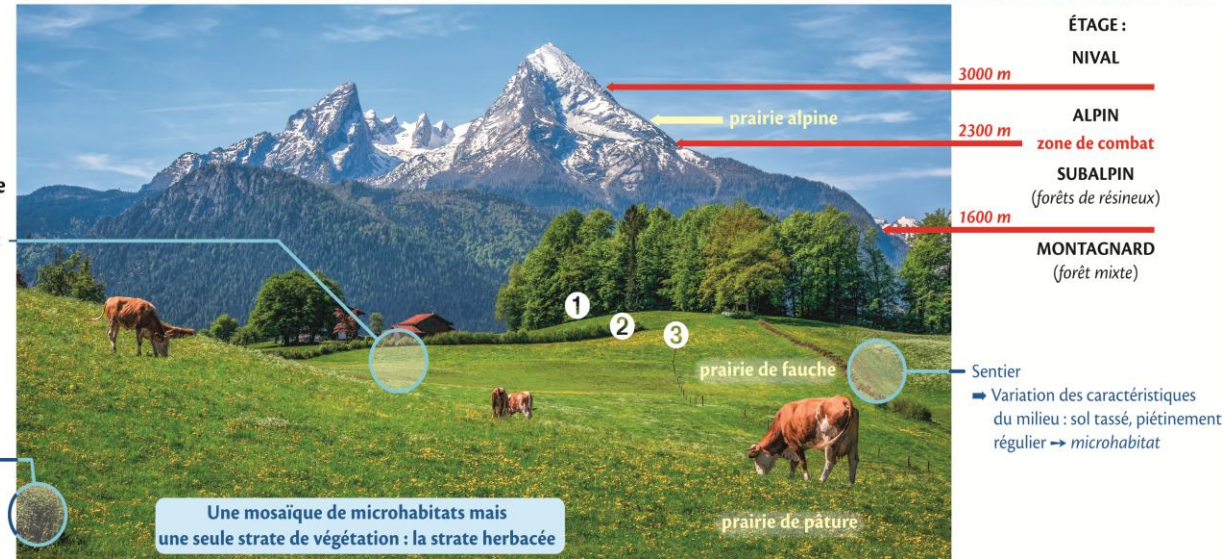
➤ chimiques : steppes et grandes prairies américaines à pluviosité insuffisante pour le développement des arbres.

LIMITES PHYSIQUES

- ① forêt
- ② haie
- ③ clôture

Variation d'inclinaison du substrat  
→ rétention d'eau et ensoleillement variables

Plante non appétente créant de l'ombrage  
→ microhabitat



Normandes et Prim'Holstein en Normandie (Saint Marcouf) => biome de prairie en climat océanique



Aubrac en Lozère (Malzieu) => étage collinéen => prairie alpine

# A. LA PRAIRIE, UNE SURFACE BIOLOGIQUE CONSTITUANT UNE UNITE FONCTIONNELLE

## 2. Une surface destinée à l'alimentation des ruminants

- les prairies de **pâturage**, généralement **permanentes**, à **végétation spontanée dominante**, non soumises à la rotation des cultures : landes, prairies naturelles...
- les prairies de **fauche** (= surface fourragère), parfois semées par l'Homme et **soumises à une rotation**.



Aubrac en Lozère (Malzieu) en prairie de pâturage



Normande aux cornadis davantage d'appétence pour l'ensilage que pour le foin



Limousine en Limousin (Malzieu) en prairie de pâturage

Trèfle = fabacée  
= légumineuse

foin

ensilage



# PLAN DU COURS

- I. L'écosystème, un espace circonscrit caractérisé par un biotope, une biocénose et des relations entretenues entre biotope et biocénose
  - A. La prairie, une surface biologique constituant une unité fonctionnelle
  - B. Le biotope : le milieu dans lequel évoluent les êtres vivants
  - C. La biocénose : ensemble des êtres vivants peuplant l'écosystème
  - D. Un écosystème structuré
  - E. Des influences réciproques entre biotope et biocénose
- II. Diversité des relations interspécifiques et conséquences sur la structure de l'écosystème
  - A. Comment définir une relation interspécifique ?
  - B. Une diversité de relations interspécifiques
  - C. Les relations interspécifiques dans un agrosystème
  - D. Effet des relations interspécifiques sur les niches écologiques et la biodiversité
- III. Fonctionnement des écosystèmes : des flux de matière et d'énergie dans un système ouvert
  - A. Les interactions trophiques constituent des chaînes et des réseaux trophiques
  - B. Flux de matière au sein d'un écosystème
  - C. Flux d'énergie au sein d'un écosystème
  - D. Fonctionnement d'un agrosystème : flux de matière et d'énergie
- IV. Dynamique des écosystèmes
  - A. Les perturbations des écosystèmes : une menace pour la stabilité de l'écosystème
  - B. Les successions écologiques : une dynamique naturelle suite à une perturbation
  - C. La stabilité des écosystèmes dépend de leur résistance et leur résilience
  - D. Les services écosystémiques et la gestion des écosystèmes (PRAC)

## B. LE BIOTOPE: LE MILIEU DANS LEQUEL EVOLUENT LES ETRES VIVANTS

### I. Les paramètres physico-chimiques du biotope

- **Biotope** (ensemble du non vivant) = lieu (*topos*) de vie (*bio*) défini par des paramètres physicochimiques stables et homogènes terrestre :

- **climatiques et microclimatiques**

- ✓ Luminosité, T°C, pluviosité
- ✓ Ombre, rosée, albédo, vent

- **hydrographiques**

- ✓ Disponibilité en eau, rivières, ..

- **édaphiques et géologiques**

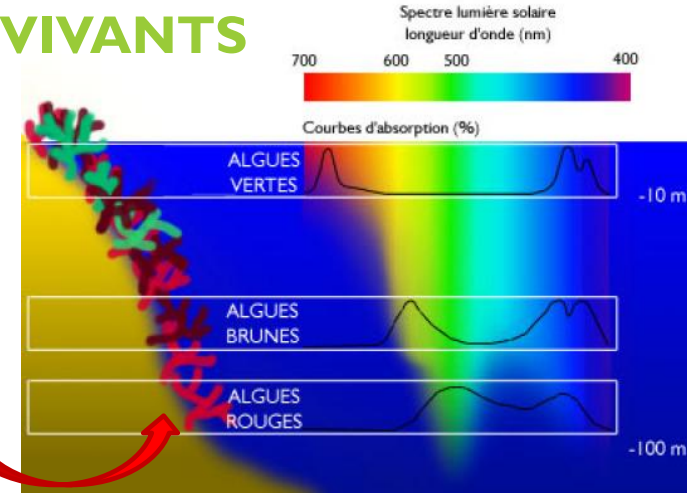
- ✓ Granulométrie, CAH, acidité
- ✓ Nature des roches

- **géomorphologiques**

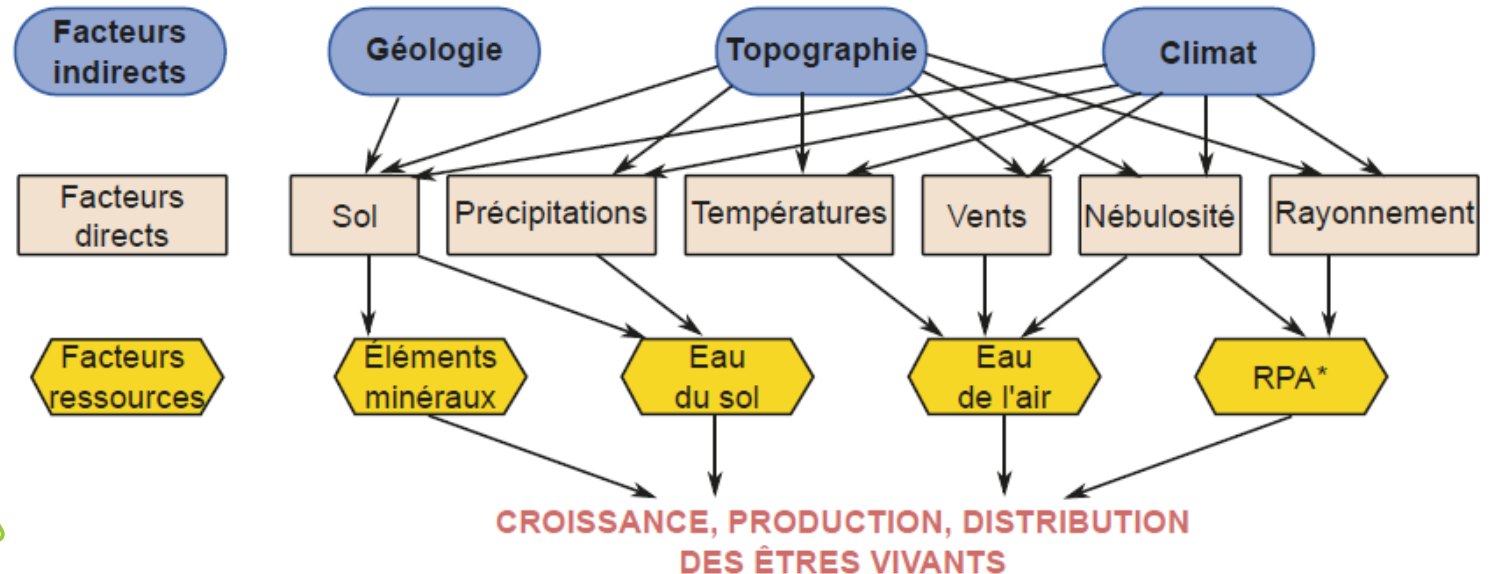
- ✓ Relief, altitude, pente



*Chondria coerulescens*



[https://uel.unisciel.fr/biologie/module1/module1\\_ch01/colandre\\_ch1\\_07.html](https://uel.unisciel.fr/biologie/module1/module1_ch01/colandre_ch1_07.html)



Les différents facteurs du biotope influençant le fonctionnement des êtres vivants (plantes en particulier) (Perrier et al., 2021)

\*RPA: rayonnement photosynthétique actif compris entre 400 et 700 nm

## B. LE BIOTOPE: LE MILIEU DANS LEQUEL EVOLUENT LES ETRES VIVANTS

### I. Les paramètres physico-chimiques du biotope

#### I.1. Le substrat: support des êtres vivants

##### SUBSTRAT =

- sol à l'interface entre roches mères et êtres vivants
  - granulométrie (argiles, sables...)
  - pH (granite acide, calcaire basique).
- Sol = couche superficielle produit de l'altération des roches sous-jacentes et de la MO issue des êtres vivants
  - ⇒ Complexe argilohumique (CAH) cf BCPST2
- Ressources trophiques :
  - H<sub>2</sub>O
  - éléments minéraux solubles
  - MO (attirant les **décomposeurs** qui la **minéralisent** et la rendent disponible aux végétaux)
    - ⇒ Substrat = **filtre sélectif** sur communautés végétales



Etude du sol (pôle de Lanaud Limousin)

## B. LE BIOTOPE: LE MILIEU DANS LEQUEL EVOLUENT LES ETRES VIVANTS



### I. Les paramètres physico-chimiques du biotope

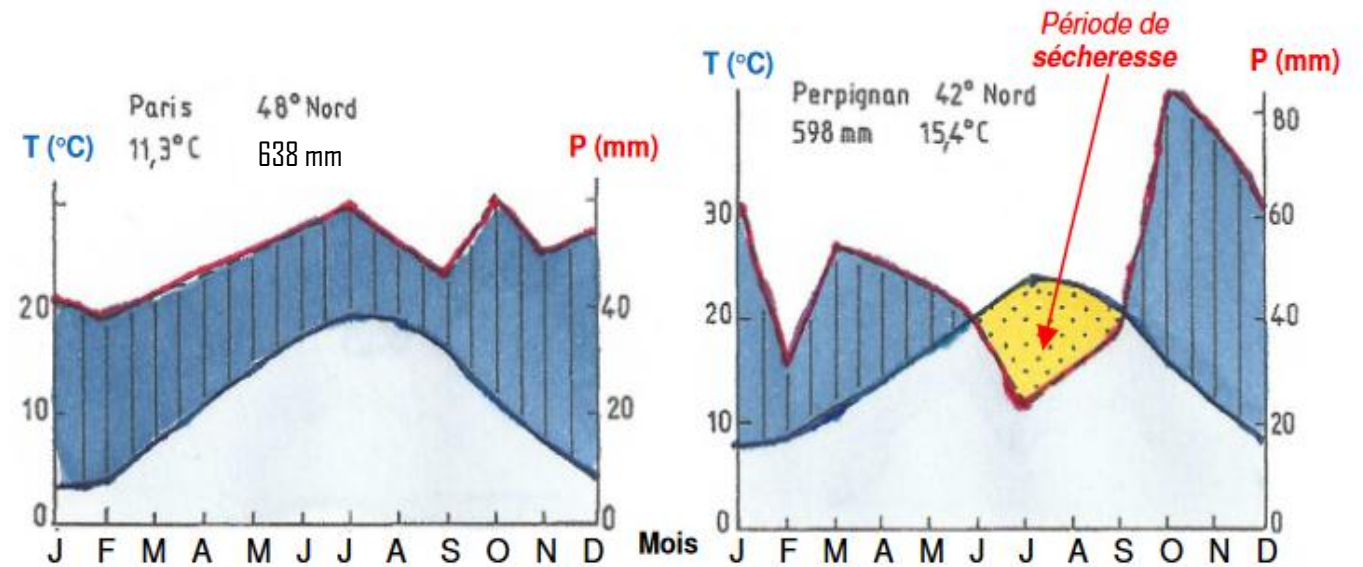
#### I.2. Le climat détermine les biomes

Biome = ensemble d'écosystèmes d'une même zone climatique. **Température** et **pluviométrie** sont les 2 facteurs fondamentaux qui déterminent les biomes.

Loi de GAUSSEN : *il y a sécheresse si  $P < 2T$*  (avec unités ci-dessous).

#### CLIMAT =

- durée de trente ans
- Distribution de 3 paramètres : la température / la lumière et la saisonnalité / les précipitations selon:
  - latitude
  - altitude
  - présence d'importantes masses océaniques
- ⇒ **Grandes associations végétales**
- ⇒ **biomes**



A FIGURE 17. Deux exemples de diagramme ombro-thermiques d'un climat océanique dégradé (Paris) et d'un climat méditerranéen (Perpignan) [pour information].

Les valeurs chiffrées au-dessus des graphes correspondent aux valeurs annuelles.

D'après DAJOZ (2006), couleur ajoutée.

lien entre précipitations cumulées et température dans la définition d'un climat

# Cartographie des grands biomes terrestres



Taïga



Toundra



Chaparral



Forêt caducifoliée



Savane



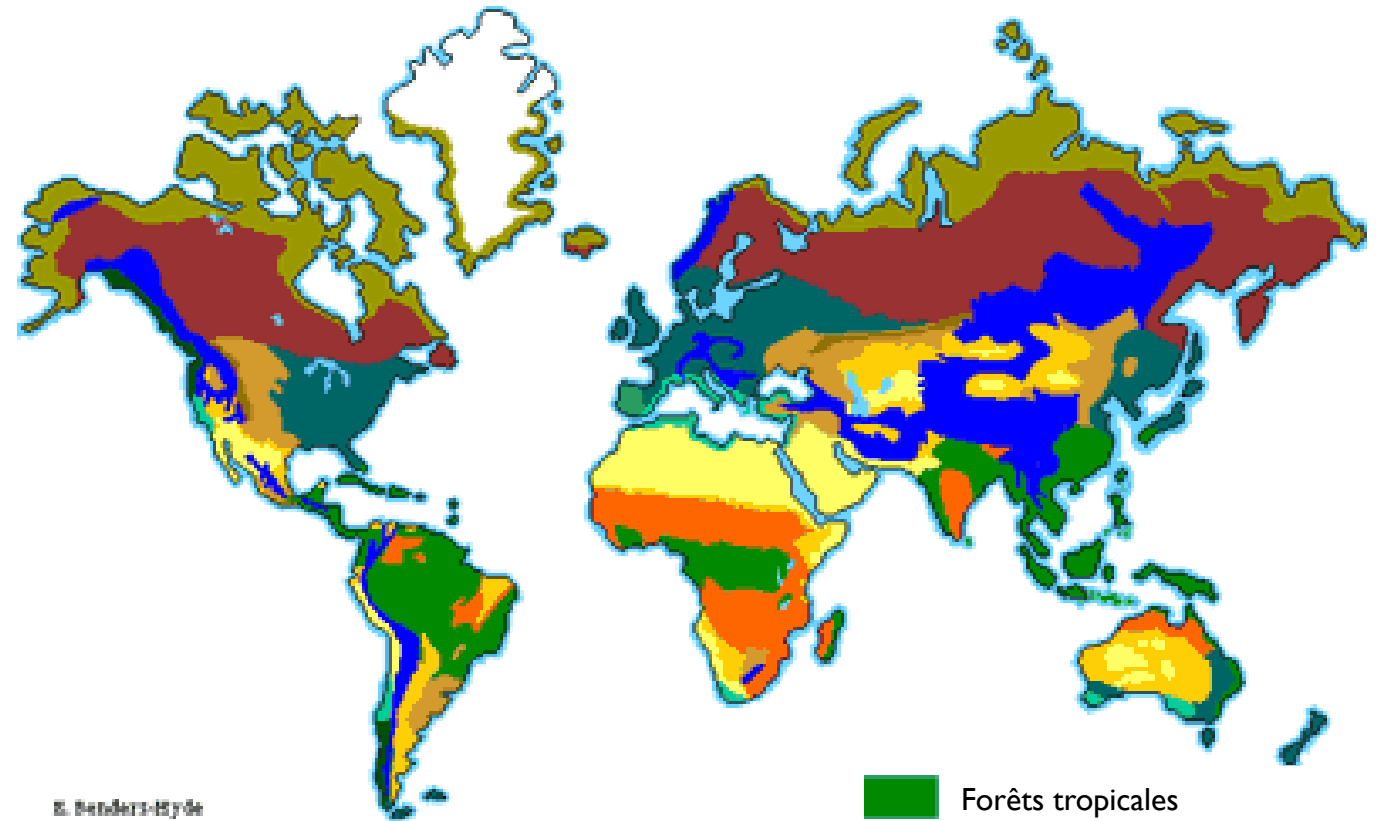
Forêt tropicale



Désert



Montagne



E. Bendersky

Taïga

Toundra

Chaparral

(maquis)

Prairies

Forêts caducifoliées

Savane

Forêts tropicales

Montagnes

Déserts

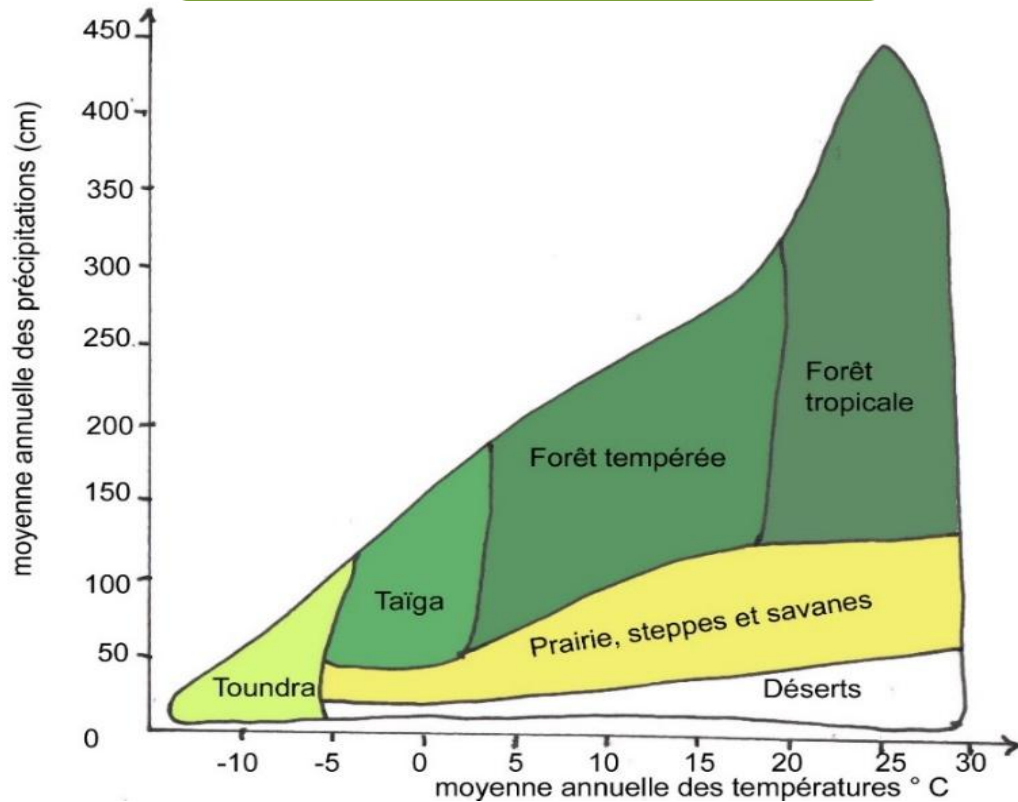
Désert semi-aride

**Biome (= zone de vie majeure) : macro-écosystème d'échelle planétaire partageant un climat, une faune et une flore. Température et pluviométrie sont les 2 facteurs fondamentaux qui déterminent les biomes.**

## I.2. Le climat détermine les biomes

### Prairies naturelles

Biomes = f(précipitation et T°C)



Fontaine de Cérès, château de Versailles; remarquez les plantes messicoles (Coquelicot, Bleuets)



Les Coquelicots Claude Monet, 1873.



#### PRAIRIE NATURELLE =

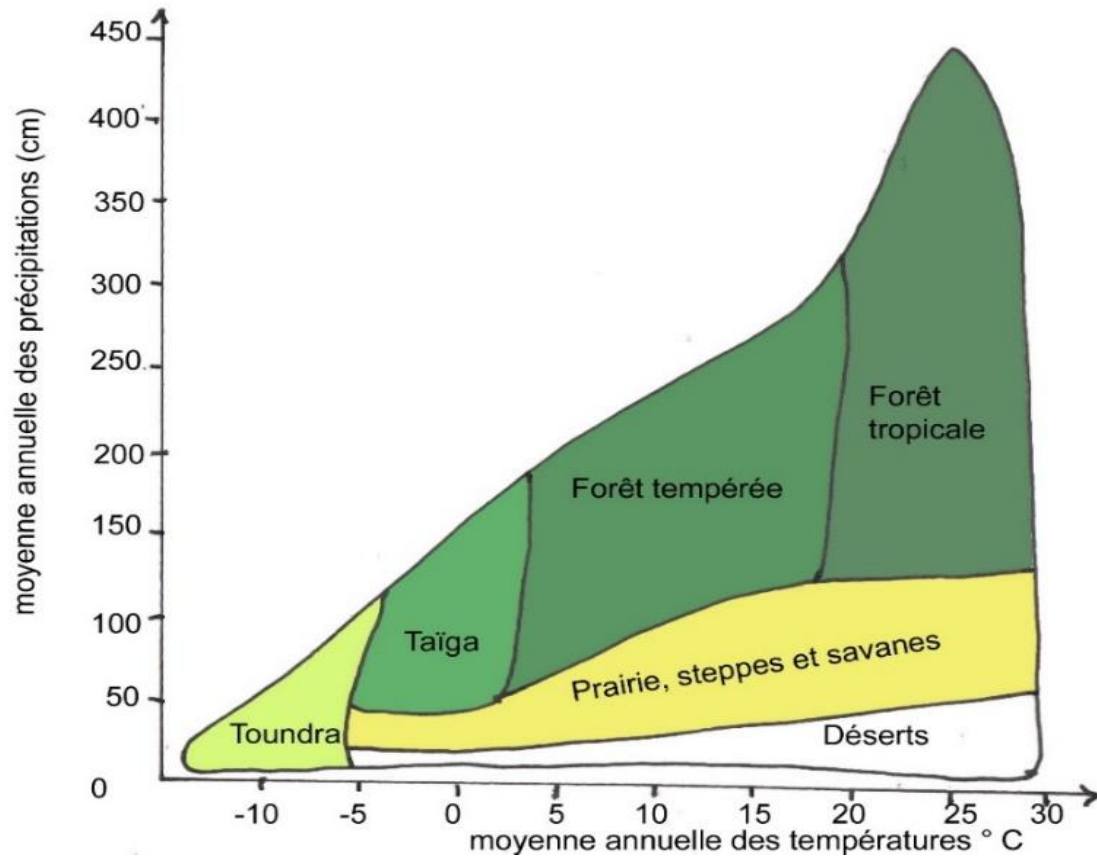
- Espace ouvert, avec majorité d'herbacées
- Qqs cm (pelouses) à 2m (savane)
- Toundras, steppes, pampa
- Absence d'arbres sauf le long des cours d'eau



Prairie naturelle (région des Pouilles); remarquez les plantes messicoles

## 1.2. Le climat détermine les biomes

### Comparaison de quelques prairies



Type de prairie	Prairie boréale	Savane	Prairie tempérée
Localisation	Dakota (Canada)	Burkina Faso	Kansas (États-Unis)
Température annuelle moyenne en °C	2,5	25	13,5
Température moyenne en saison chaude en °C	16	33	20
Température moyenne en saison froide en °C	-12,5	21	7
Pluviosité en mm/an	450 - 700	75 - 125	700 - 800
Genres végétaux des herbacées dominantes	chiendent, pâturin, carex, koelerie	andropogon, pennisetum (herbes aux éléphants)	spartine, pâturin, benoîte, buchloe
Caractéristiques du climat	saisons contrastées	alternance de saisons sèche et pluvieuse	hivers froids, étés ponctués de périodes de sécheresse



chiendent dactyle



andropogon



pâturin

## I.2. Le climat détermine les biomes

### Prairies entretenues

#### PRAIRIE ENTRETENUE =

- **Prairie permanente :**

- pâturage > 5 ans
- Poacées + Fabacées
- pâturée ou fauchée



*Prairie entretenue permanente (Lozère)*

- **Prairie temporaire :**

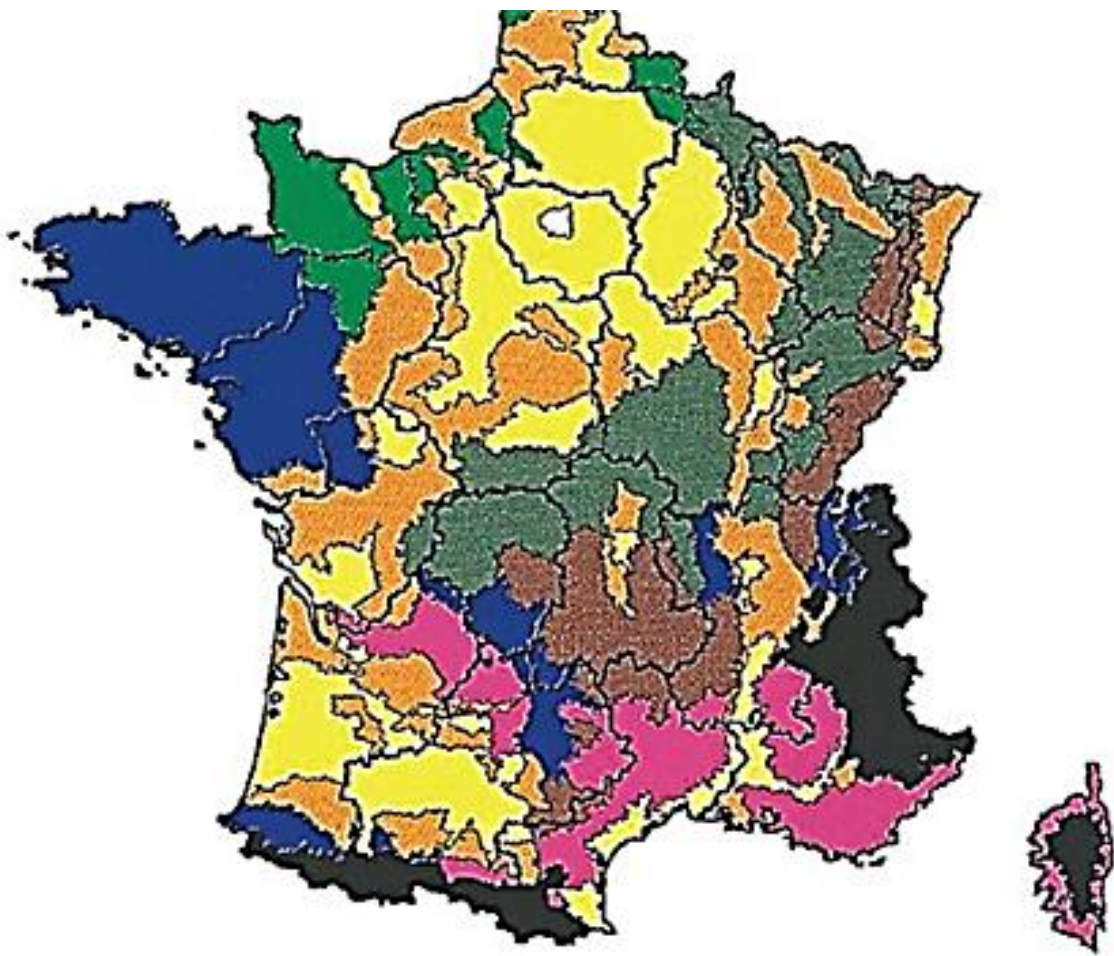
- prairie < 5 ans
- biodiversité faible (souvent monoculture)
- Système peu stable



*Prairie entretenue temporaire (semis de prairie fourragère  
<https://www.bioactualites.ch/actualites/nouvelle/semis-de-prairies-fourrageres-les-cles-de-la-reussite>)*

## I.2. Le climat détermine les biomes

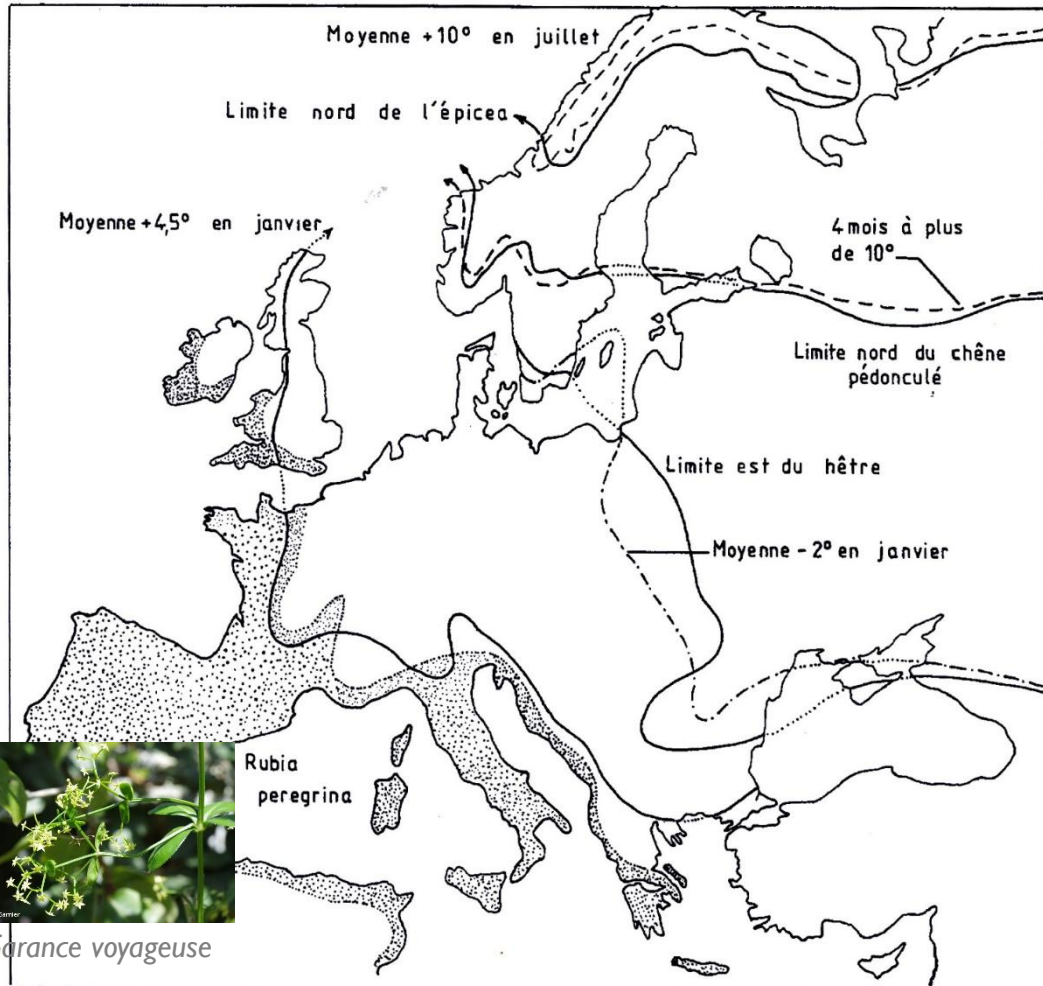
### Nombreux types de prairies en France



Zones de grandes cultures ou sans élevage		
Cultures + élevage	Zone de polyculture-élevage du Bassin Parisien	Zone de polyculture-élevage du Bassin Aquitain (régression plus rapide de l'élevage)
Cultures fourragères (herbes ou maïs)	Zone intensive du Grand Ouest (zone laitière avec alternatives à l'élevage)	Piémonts intensifs (zone à dominante viande avec peu d'alternative)
Zones herbagères du Nord-Ouest		
Zones herbagères du Centre et de l'Est	Zone herbagère du Nord-Est de tradition allaitante	Zones herbagère du nord Massif Central (de tradition laitière)
Zones pastorales		
Montagnes humides	Franche-Comté = Vosges (forte spécialisation laitière)	Auvergne (et Massif central) (mixité lait-viande)
Haute montagne		

## 2. Le biotope conditionne l'implantation de la biocénose :

### Comparaison de la répartition de certaines espèces végétales et limites thermiques en Europe occidentale



Hêtre (Fagacées)

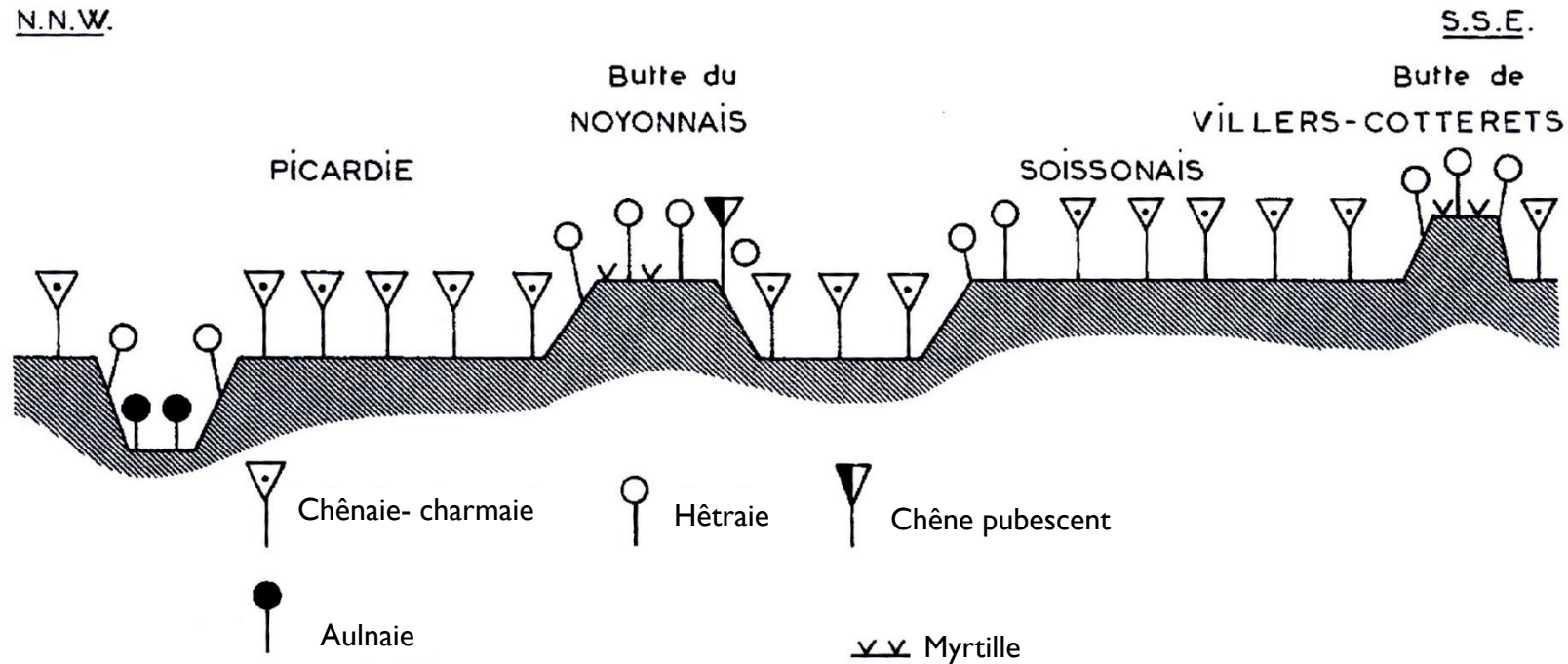


Épicéa (Pinacées)



Chêne pédonculé (Fagacées)

## 2. Le biotope conditionne l'implantation de la biocénose : Influence des variations topographiques en Ile de France



Influence de faibles variations topographiques sur la formation de climats locaux

Cette coupe schématique montre le relief de la marge nord-ouest de l'Île-de-France. Le hêtre, qui a des besoins élevés en humidité atmosphérique, s'installe là où une brusque variation du relief détermine l'ascendance de masses d'air et apporte ainsi une humidité suffisante. La myrtille s'installe dans les mêmes milieux que le hêtre lorsque le sol est favorable (Bournérias, 1978).

## BIOTOPE

(ensemble du non vivant)  
Lieu de vie aux paramètres physico-chimiques homogènes

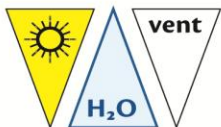
SÉLECTION

## BIOCENOSE

(ensemble du vivant)  
Ensemble des populations des différentes espèces, y compris microbiennes

### CLIMAT

dépendant de :  
- latitude,  
- altitude,  
- orientation  
+ microclimat  
ombre, rosée, albédo...



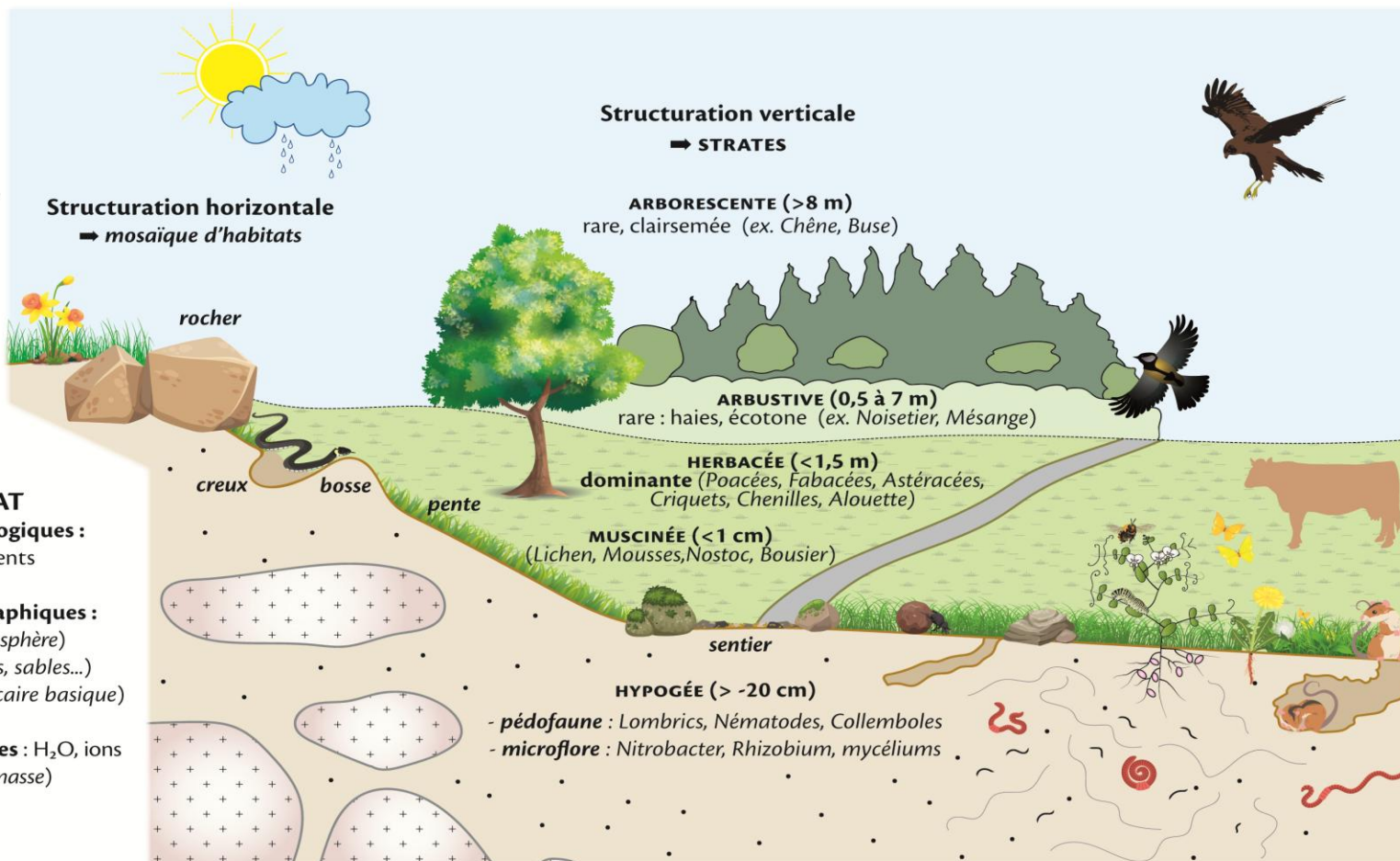
+

### SUBSTRAT

facteurs géomorphologiques :  
relief → clinés et gradients

### hydrogéologiques édaphiques :

- sol (interface roche/biosphère)
  - granulométrie (argiles, sables...)
  - pH (granite acide, calcaire basique)
- +
- ressources trophiques : H<sub>2</sub>O, ions minéraux, MO (nécromasse)



### BIODIVERSITE

#### Intraspécifique

(diversité génétique intraspécifique = diversité des allèles au sein d'une population)

#### Population =

groupe d'organismes conspécifiques se reproduisant entre eux, réservoir d'allèles

#### Interspécifique

(nombre d'espèces)

#### Communautés =

sous-ensemble d'une biocénose comprenant des populations proches fonctionnellement ou morphologiquement

- Communauté des herbivores
- Communautés des Insectes

#### Groupes fonctionnels

ensemble d'espèces de fonction similaire, identifiables par des traits communs

- Végétaux précoces à fort taux de croissance
- Herbacées de grande taille ombrant efficacement le sol
- Légumineuses fixant l'azote
- Bactéries nitrifiantes du sol
- Plantes à système racinaire profond
- ...

MODIFICATION



# Biotope (ensemble du non vivant)

Climatiques; T°C, pluviométrie  
⇒ biomes

Topographie  
Lessivage, accumulation

Lithologie: roches calcaires basiques vs granite acide

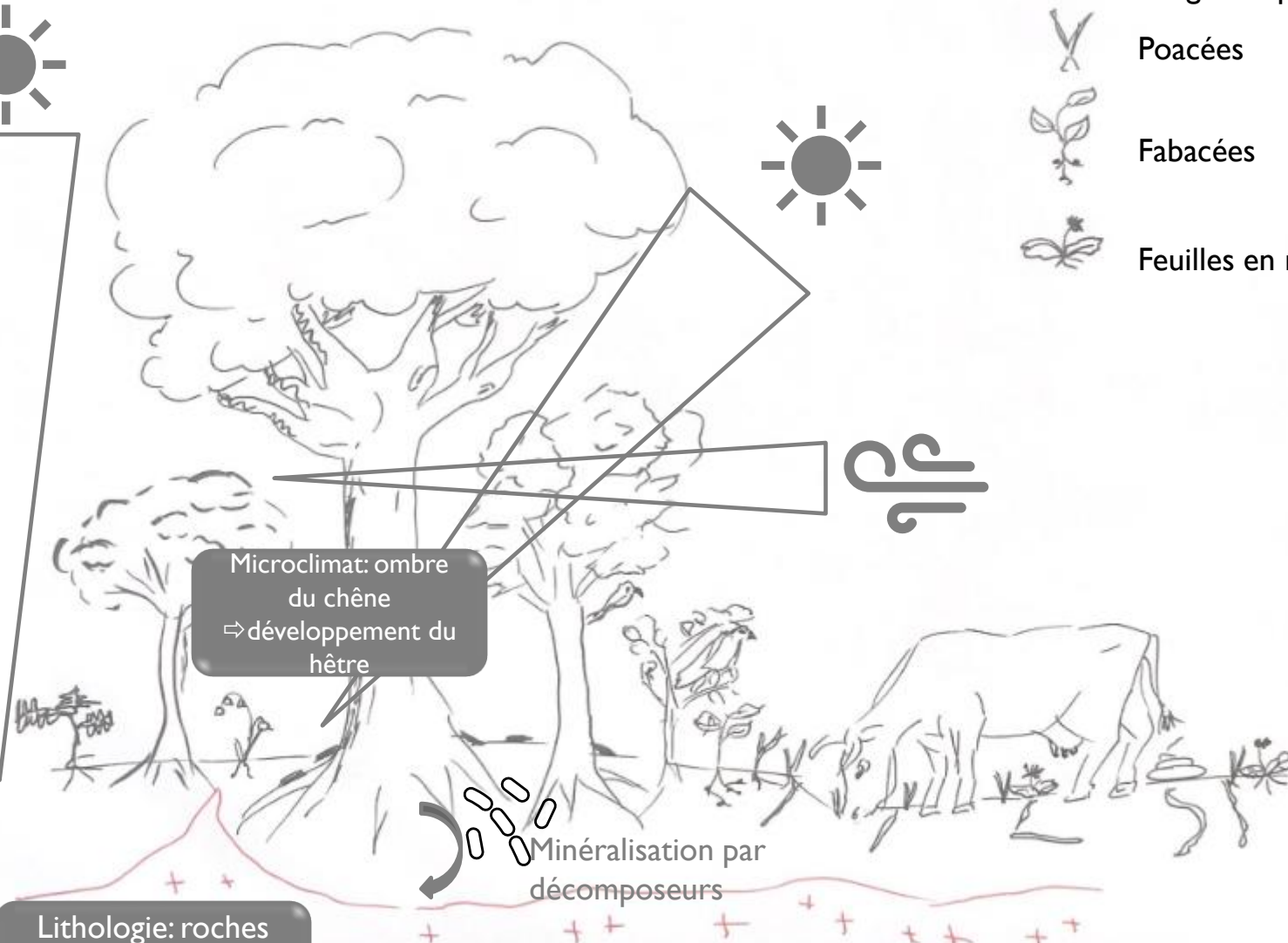
Groupes fonctionnels de la prairie:

À tige rampante

Poacées

Fabacées

Feuilles en rosette



Le rôle du biotope dans l'écosystème prairial/forestier (S. Dalaine)

# PLAN DU COURS

- I. L'écosystème, un espace circonscrit caractérisé par un biotope, une biocénose et des relations entretenues entre biotope et biocénose
  - A. La prairie, une surface biologique constituant une unité fonctionnelle
  - B. Le biotope : le milieu dans lequel évoluent les êtres vivants
  - C. La biocénose : ensemble des êtres vivants peuplant l'écosystème
  - D. Un écosystème structuré
  - E. Des influences réciproques entre biotope et biocénose
- II. Diversité des relations interspécifiques et conséquences sur la structure de l'écosystème
  - A. Comment définir une relation interspécifique ?
  - B. Une diversité de relations interspécifiques
  - C. Les relations interspécifiques dans un agrosystème
  - D. Effet des relations interspécifiques sur les niches écologiques et la biodiversité
- III. Fonctionnement des écosystèmes : des flux de matière et d'énergie dans un système ouvert
  - A. Les interactions trophiques constituent des chaînes et des réseaux trophiques
  - B. Flux de matière au sein d'un écosystème
  - C. Flux d'énergie au sein d'un écosystème
  - D. Fonctionnement d'un agrosystème : flux de matière et d'énergie
- IV. Dynamique des écosystèmes
  - A. Les perturbations des écosystèmes : une menace pour la stabilité de l'écosystème
  - B. Les successions écologiques : une dynamique naturelle suite à une perturbation
  - C. La stabilité des écosystèmes dépend de leur résistance et leur résilience
  - D. Les services écosystémiques et la gestion des écosystèmes (PRAC)

# I. L'ÉCOSYSTÈME, UN ESPACE CIRCONSCRIT CARACTÉRISÉ PAR UN BIOTOPE, UNE BIOCÉNOSE ET DES RELATIONS ENTRETENUES ENTRE BIOTOPE ET BIOCÉNOSE

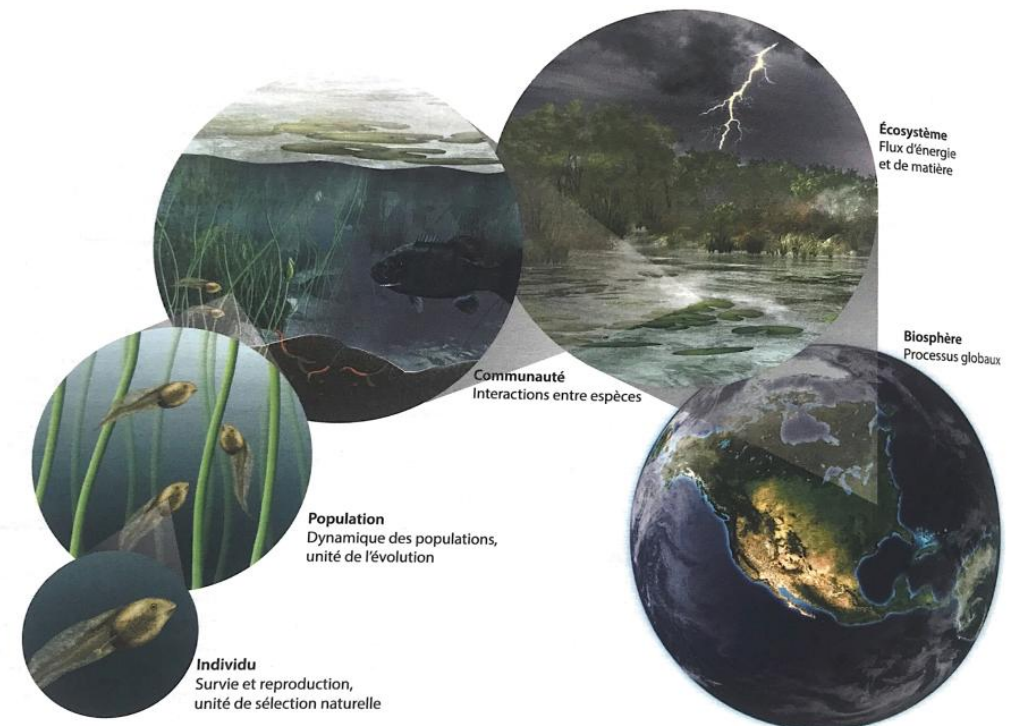


## C. LA BIOCENOSE : ENSEMBLE DES ETRES VIVANTS PEUPLANT L'ECOSYSTEME

### I. Les différents niveaux de diversité de la biocénose

**Biocénose** = ensemble des populations des différentes espèces d'un écosystème (y compris microbiennes).

- **\*Communauté** : sous-ensemble d'une biocénose regroupant des **espèces proches fonctionnellement** ou **morphologiquement** (communauté des herbivores, des Insectes).
- **\*Population** : groupe d'organismes d'une **même espèce** et qui se **reproduisent entre eux**.
- **\*Métapopulation** : ensemble de populations d'une même espèce séparées spatialement ou temporellement et interconnectées par la **dispersion** : elles occupent des parcelles d'habitat différents séparées par une zone intermédiaire, la matrice de l'habitat, inutilisable mais pouvant être traversée.



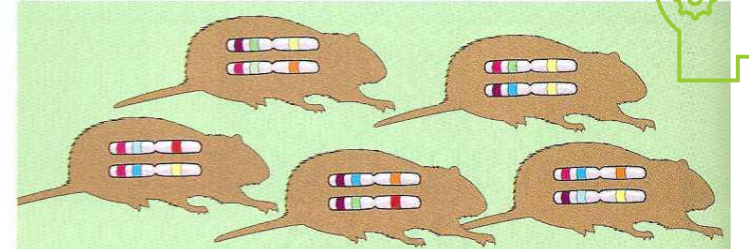


## C. LA BIOCENOSE : ENSEMBLE DES ETRES VIVANTS PEUPLANT L'ECOSYSTEME

### I. Les différents niveaux de diversité de la biocénose

#### Les 3 types de biodiversité

- **Biodiversité intraspécifique = diversité des allèles**
  - ⇒ **résistance** face aux fluctuations environnementales
  - Difficile à étudier (séquençage nécessaire) cf barcoding
  - Plus diversité allélique grande, plus adaptabilité forte cf théorie de l'évolution
- **Biodiversité interspécifique = nombre d'espèces de l'écosystème** (y compris microbiens du sous-sol).
  - **relations trophiques** => **flux de matière et d'énergie**
  - **multiples interactions** => **dynamique des écosystèmes**
- **Diversité des communautés** : communauté étudiée par les écologues
  - permettant par exemple d'identifier la qualité d'une rivière



Diversité génétique dans une population de campagnols



Diversité spécifique dans écosystème côtier de séquoias



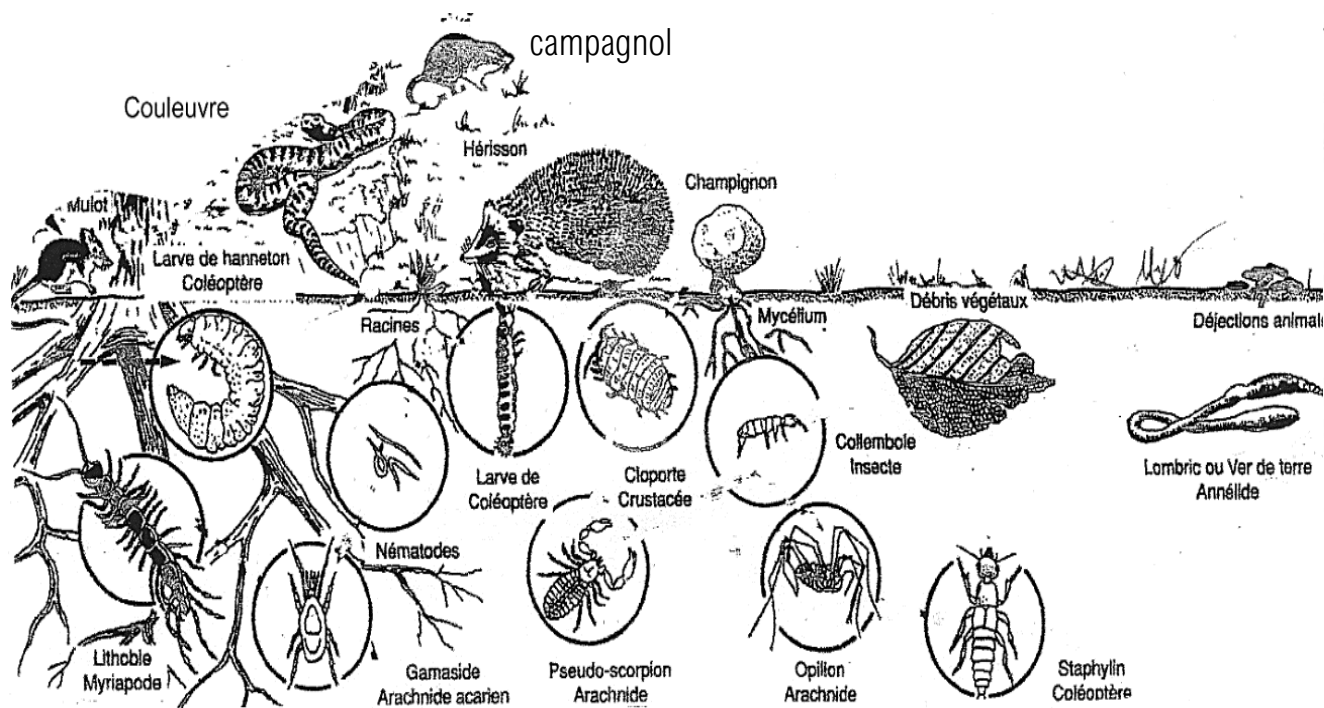
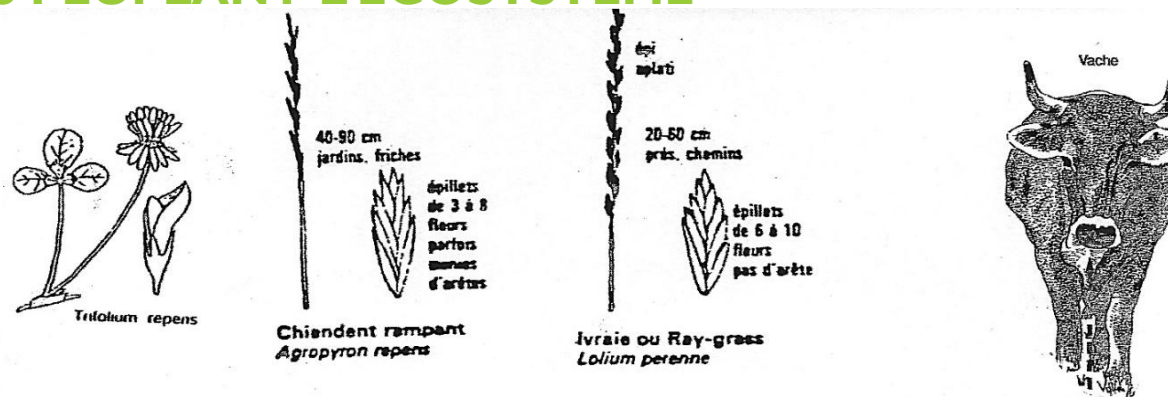
Diversité des communautés et des écosystèmes dans le paysage d'une région entière


Figure 7 : Les 3 composantes de la biodiversité

# C. LA BIOCENOSE : ENSEMBLE DES ETRES VIVANTS PEUPLANT L'ECOSYSTEME

## I. Les différents niveaux de diversité de la biocénose

### La biodiversité d'une prairie pâturée : diversité interspécifique et diversité de groupes fonctionnels



 <p>une strate herbacée</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Poacées: pâturin (<i>Poa</i>), ivraie (<i>Lolium</i>), chiendent (<i>Agropyrum</i>), dactyle (<i>Dactylis</i>), fétuque (<i>Festuca</i>), flouve (<i>Anthoxanthum</i>), ...</li> <li>- Fabacées : trèfle (<i>Trifolium</i>), luzerne (<i>Medicago</i>), lotier (<i>Lotus</i>), dont une grande partie (les Légumineuses) réalisent la diazotrophie (= absorption de N<sub>2</sub> par association symbiotique avec les bactéries du genre <i>Rhizobium</i>)</li> <li>- d'autres familles d'Angiospermes: pissenlit (Astéracées), l'achillée millefeuille (Astéracées), le silène (Dianthacées), la renoncule (Renonculacées), la cardamine des prés (Brassicacées)</li> </ul>
<p>une macrofaune vivant en surface</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-des vertébrés mammifères: les campagnols, les mulots, les hérissons et les bovins</li> <li>-des vertébrés non mammifères : des reptiles ophidiens comme la couleuvre ou des oiseaux comme la buse et la chouette</li> </ul>
<p>une microfaune vivant en surface</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-des Mollusques Gastéropodes : escargot, limace (0,5 10<sup>9</sup>/ha)</li> <li>-des Arthropodes Insectes Orthoptères : criquets et sauterelles</li> <li>-des Arthropodes Insectes Diptères: mouches, larves de tipules (8mm - 10<sup>7</sup> /ha), taons</li> <li>- des Arthropodes Insectes coléoptères : bousiers et scarabées (20 000/ha)</li> </ul>
<p>une pédofaune</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- des Annélides oligochètes : les lombrics (7cm - 10<sup>6</sup>/ha), les enchytraéides (10<sup>7</sup>/ha) ;</li> <li>- des Nématodes (1,5 mm - 10<sup>11</sup>/ha),</li> <li>- des Arthropodes Arachnides Acariens: oribates (1,5 mm - 10<sup>8</sup>/ha),</li> <li>-des Arthropodes Myriapodes : mille pattes (3,5 cm - 0,5 10<sup>6</sup>/ha)</li> <li>- des Arthropodes collembolés (lucifuges - 5mm - 10<sup>9</sup>/ha)</li> <li>- des Arthropodes Crustacés lucifuges: les cloportes (1cm - 5 10<sup>6</sup>/ha)</li> </ul>
<p>une microflore vivant dans le sol</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-des algues (10<sup>13</sup>/ha),</li> <li>des bactéries (10<sup>16</sup> à 10<sup>19</sup> /ha) par exemple Nitrobacter et Nitrosomas, indispensables à la nitrification de NH<sub>3</sub> en NO<sub>3</sub><sup>-</sup> dans le sol;</li> <li>-des champignons (3,5 t /ha) dont l'importance dans les associations mycorhiziennes a déjà été signalée</li> </ul>

amibes

## C. LA BIOCENOSE : ENSEMBLE DES ETRES VIVANTS PEUPLANT L'ECOSYSTEME

### I. Les différents niveaux de diversité de la biocénose

**Communauté** : sous-ensemble d'une biocénose regroupant des espèces proches fonctionnellement ou morphologiquement (communauté des herbivores, des Insectes).



*Un exemple de communauté végétale de prairie de pâture à la fois productive et diversifiée, présentant un mélange de nombreuses espèces de poacées, de légumineuses et autres dicotylédones*



*Un exemple de communauté végétale de prairie de fauche peu diversifiée en raison de la forte dominance du brome mou (*Bromus hordeaceus*, Poaceae), espèce **annuelle souvent semée** dont le développement rapide limite la croissance des autres espèces végétales.*

## C. LA BIOCENOSE : ENSEMBLE DES ETRES VIVANTS PEUPLANT L'ECOSYSTEME

### I. Les différents niveaux de diversité de la biocénose

#### I.1. Diversité intraspécifique = diversité allélique au sein d'une espèce donnée

- **Avantage de la monoculture**

- ⇒ Simplification des méthodes de culture et des récoltes
- ⇒ Maîtrise des valeurs fourragères dans l'alimentation du bétail



- **Inconvénient de la monoculture**

- ⇒ Faible diversité d'où faible capacité d'adaptation aux variations environnementales

Ex: famine d'Irlande (1845-1851) due au mildiou de la Pomme de Terre



## C. LA BIOCENOSE : ENSEMBLE DES ETRES VIVANTS PEUPLANT L'ECOSYSTEME

### I. Les différents niveaux de diversité de la biocénose

#### I.3. Diversité de communautés et de groupes fonctionnels

Communauté: sous-ensemble d'une biocénose regroupant des espèces proches fonctionnellement ou morphologiquement (communauté des herbivores, des Insectes).

#### ■ communautés de l'écosystème prairial :

- **Végétaux** : Poacées (ray-grass, pâturin, dactyle) + Fabacées (luzerne, trèfle, vesce, lotier) + autres (pissenlit, orchidée)
- **Herbivores** : Ruminants (vache, mouton) + Rongeurs (campagnol) + Insectes phytophages (criquet, sauterelle, puceron)
- **Carnivores** : Mammifères (musaraigne) + Oiseaux (buse, milan) + Insectes (guêpe) + Arachnides (araignées)
- **Faune du sol** : nématodes, annélides, collemboles, acariens
- **Micro-organismes du sol** : bactéries, champignons, algues, amibes



Ray-grass



Pâturin



Dactyle



criquet



sauterelle



collemboule



musaraigne



amibes

## C. LA BIOCENOSE : ENSEMBLE DES ETRES VIVANTS PEUPLANT L'ECOSYSTEME

### I. Les différents niveaux de diversité de la biocénose

#### I.3. Diversité de communautés et de groupes fonctionnels

**Groupe fonctionnel:** regroupement d'espèces répondant de la même manière à un facteur environnemental et affectant leur milieu de façon semblable

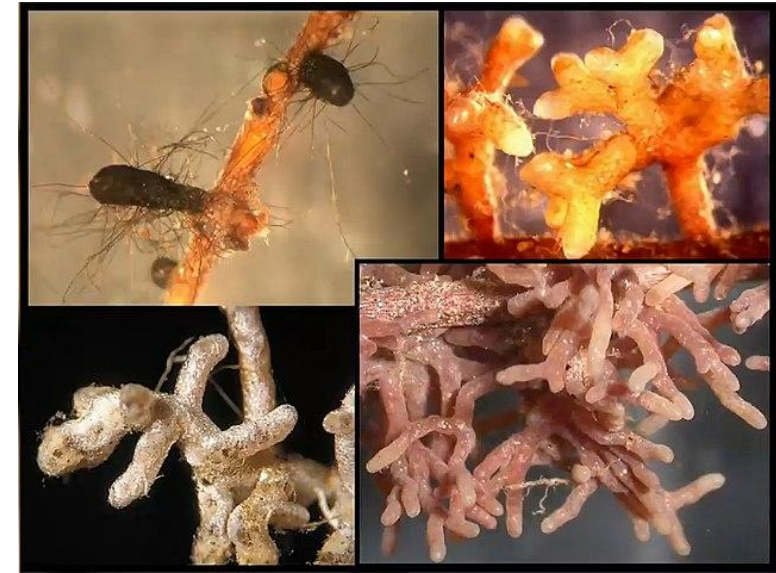
=> Permet de limiter le nbre d'entités à étudier

#### ▪ Les groupes fonctionnels de la microfaune:

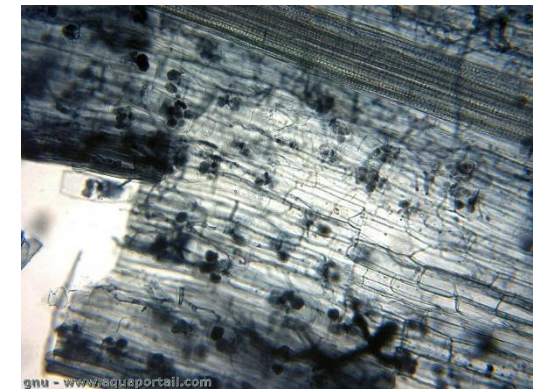
- groupe fonctionnel des bactéries nitrifiantes = bactéries rendant l'N disponible aux végétaux (ex : Nitrobacter) ; bactéries Rhizobium (nodosités avec Fabacées).
- Groupe fonctionnel des ectomycorhiziens
- Groupe fonctionnel des endomycorhiziens



*Bactéries fixatrices d'azote associées aux racines des Fabacées*



*Ectomycorhize racinaire (mutualisme)*



*Endomycorhize racinaire (symbiose)*

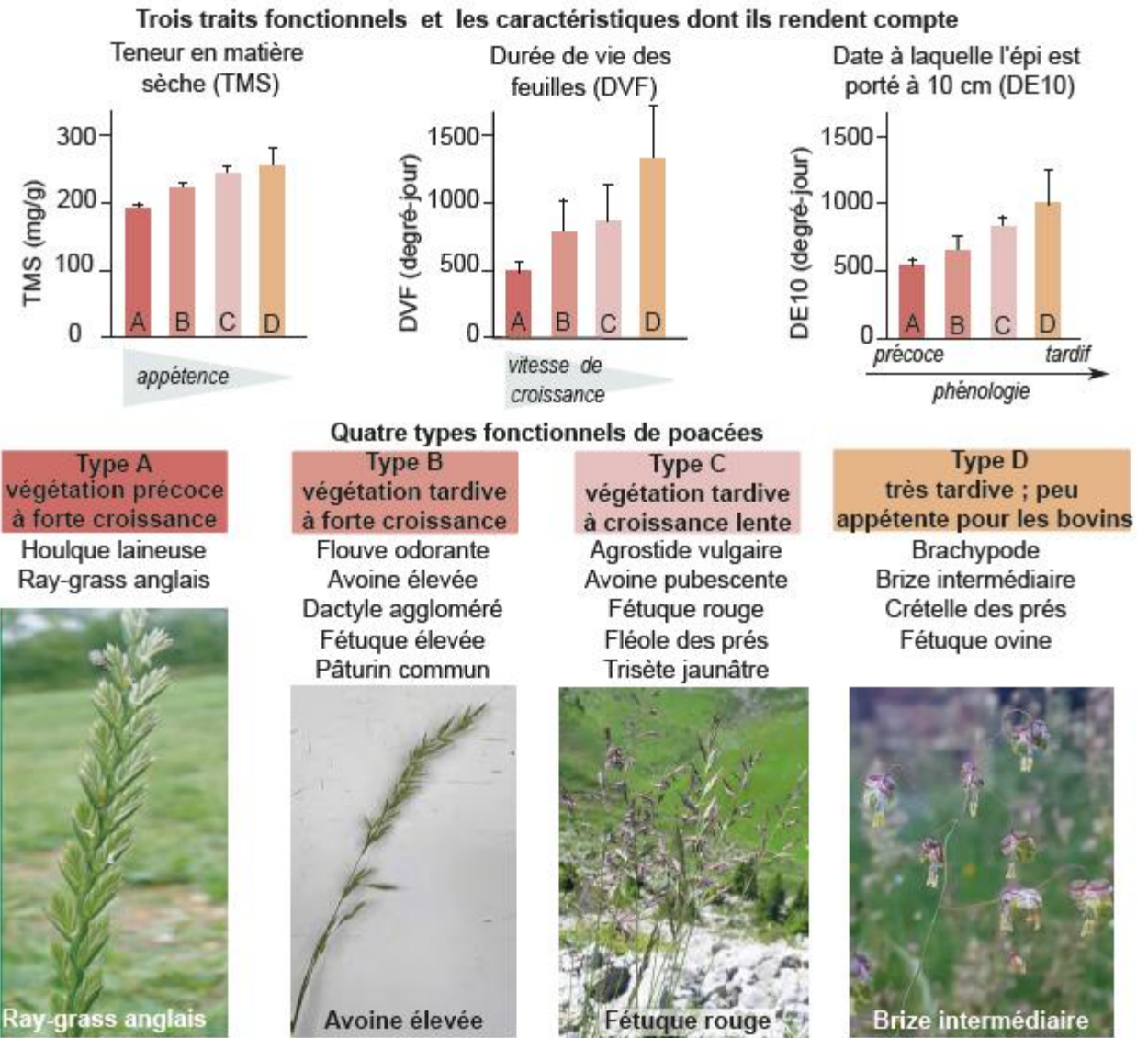
## C. LA BIOCENOSE : ENSEMBLE DES ETRES VIVANTS PEUPLANT L'ECOSYSTEME

### I. Les différents niveaux de diversité de la biocénose

#### I.3. Diversité de communautés et de groupes fonctionnels

##### Description de la biocénose par regroupement en groupes ou types fonctionnels

- Les groupes fonctionnels des poacées fourragères
  - Végétation **précoce à forte croissance** (ray-grass= ivraie)
  - Végétation **tardive à forte croissance** (dactyle, pâturin, avoine)
  - Végétation **tardive à croissance lente** (fléole, fétuque)
  - Végétation **très tardive peu appétente** (brize)



**Figure 17.2** Diversité fonctionnelle des poacées fourragères.

(D'après P. Ansquer, & al. Fourrages, 2004, 179, 353-368/Fétuque rouge : Thomas Mathis © Wikimedia Commons ; Brize intermédiaire : Frédéric Celle).  
Les durées en degré-jour correspondent à la somme des températures moyennes journalières

## C. LA BIOCENOSE : ENSEMBLE DES ETRES VIVANTS PEUPLANT L'ECOSYSTEME

### I. Les différents niveaux de diversité de la biocénose

#### I.3. Diversité de communautés et de groupes fonctionnels

**Communauté** : sous-ensemble d'une biocénose regroupant des espèces proches fonctionnellement ou morphologiquement (communauté des herbivores, des Insectes).

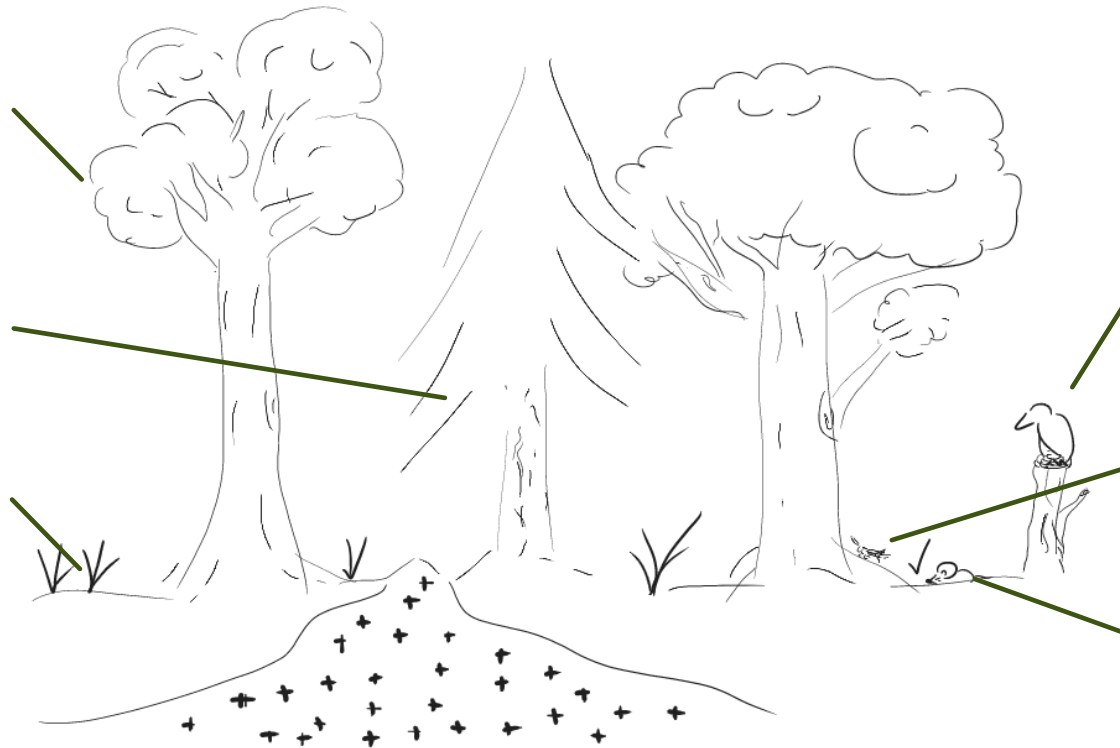
Identifier des communautés



Les caducifoliés

Les résineux

Les herbacées



Les rapaces

Les insectes

Les micromammifères

L'écosystème forestier

## C. LA BIOCENOSE : ENSEMBLE DES ETRES VIVANTS PEUPLANT L'ECOSYSTEME

### 2. Estimation de la biodiversité d'un écosystème

#### 2.1. Méthodes d'étude de la biodiversité sur le terrain : cf TP

##### Méthode de comptage direct

###### Démarche :

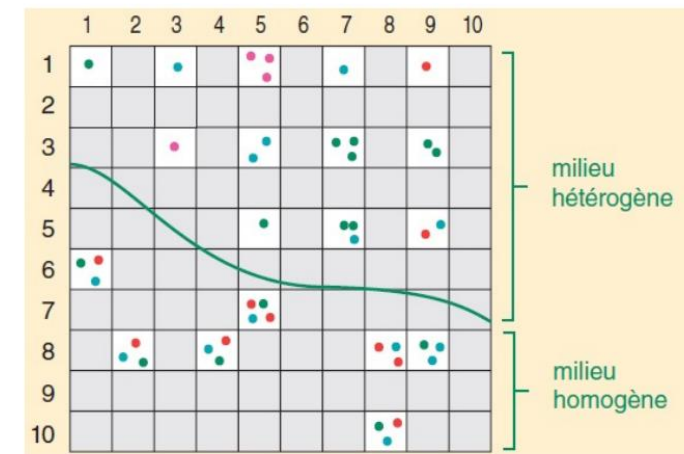
1. Délimitation d'une parcelle
2. Recensement de tous les individus d'une parcelle pendant une période donnée
3. Extrapolation à l'écosystème

###### Application :

- Pour des espèces de grande taille +/- mobiles (ex : plantes, coraux...)



Comptage à vue



Méthode des quadrats

## C. LA BIOCENOSE : ENSEMBLE DES ETRES VIVANTS PEUPLANT L'ECOSYSTEME



### 2. Estimation de la biodiversité d'un écosystème

#### 2.1. Méthodes d'étude de la biodiversité sur le terrain : cf TP

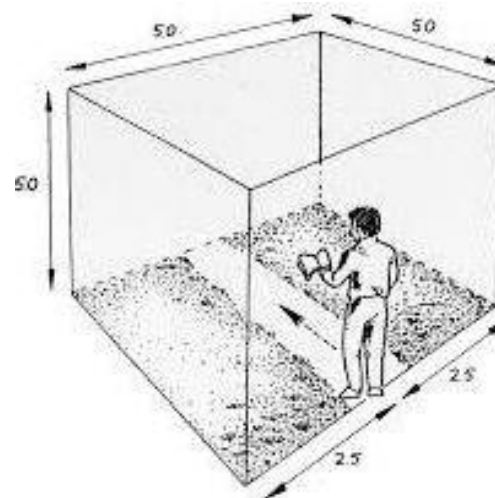
##### Démarche :

1. Collecte d'un échantillon
2. Comptage de tous les individus dans l'échantillon
3. Extrapolation à l'écosystème

##### Application :

- Pour des espèces petites et peu mobiles (ex : vers de terre, plantes herbacées)

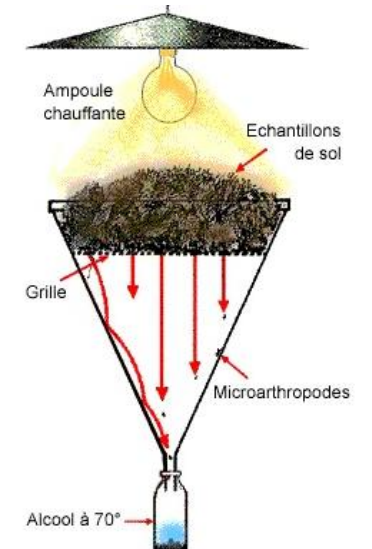
Radeau des cimes dans la canopée



Biocénomètre



Appareil de Berlèse



## C. LA BIOCENOSE : ENSEMBLE DES ETRES VIVANTS PEUPLANT L'ECOSYSTEME

### 2. Estimation de la biodiversité d'un écosystème

#### 2.1. Méthodes d'étude de la biodiversité sur le terrain : cf TP

**Méthode de capture-recapture**  
= marquage-recapture

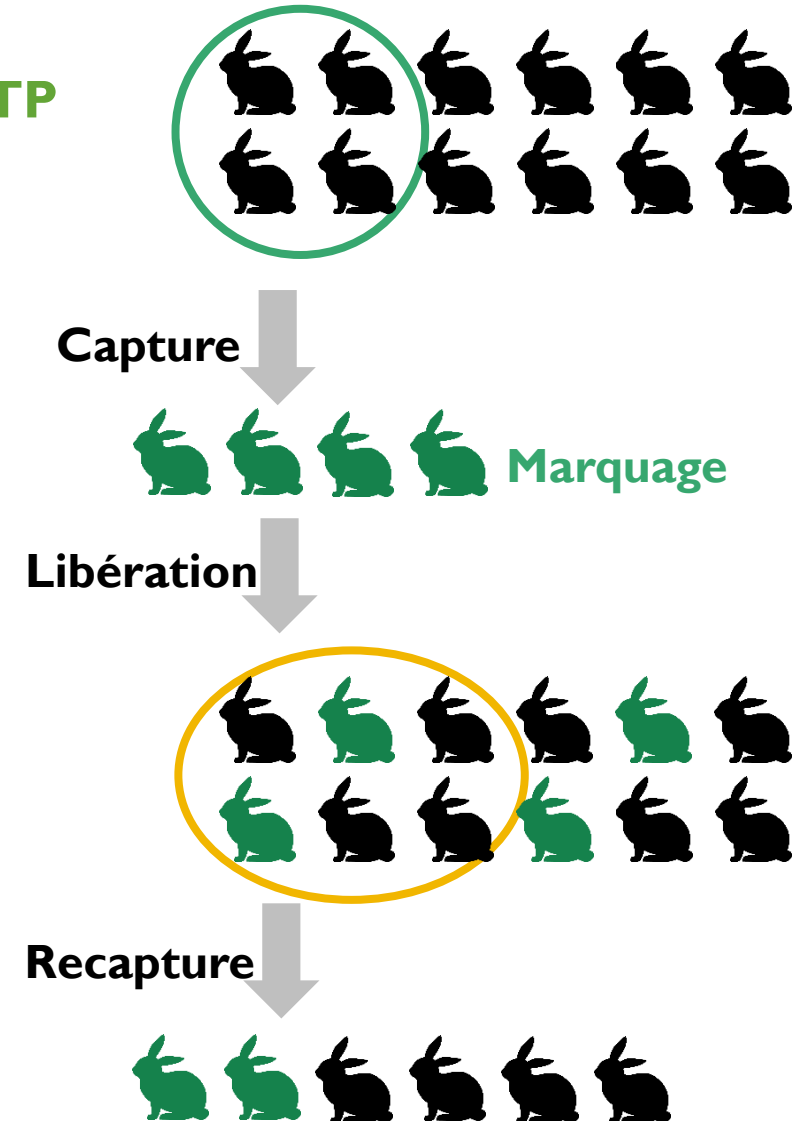
**Démarche :**

1. Capture d'individus dans un cadre spatio-temporel donné
2. Marquage (bagues, puces...)
3. Libération des individus marqués
4. Recapture aléatoire régulière
5. Comptage du nb d'individus marqués recapturés
6. Extrapolation



**Application :**

- Pour des espèces assez grandes et mobiles



## C. LA BIOCENOSE : ENSEMBLE DES ETRES VIVANTS PEUPLANT L'ECOSYSTEME



### 2. Estimation de la biodiversité d'un écosystème

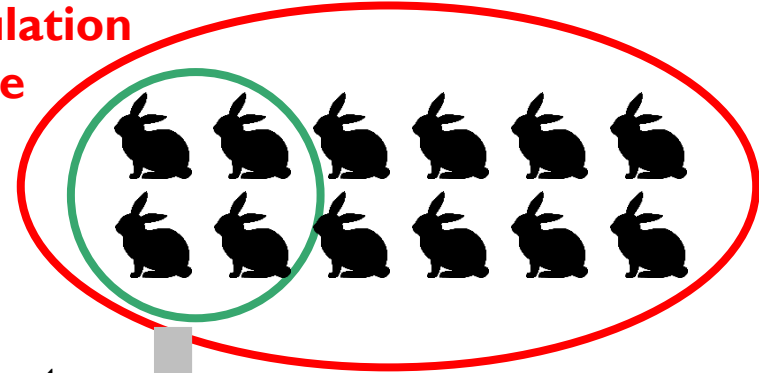
#### 2.1. Méthodes d'étude de la biodiversité sur le terrain

##### Méthode de capture-recapture

- On pose...
  - $N_{TOT}$  : nombre total d'individus de la population
  - $N$  : nombre total d'individus recapturés
  - $M_0$  : nombre d'individus marqués initialement
  - $M$  : nombre d'individus marqués recapturés
- Hypothèse** : pas eu de naissances/morts, d'immigration/émigration
- Alors, on peut **estimer l'effectif total** de la population ( $N_{TOT}$ ) connaissant  $M_0$ ,  $N$ , et  $M$

$$\frac{M}{N} = \frac{M_0}{N_{TOT}} \iff N_{TOT} = \frac{M_0}{M} \times N$$

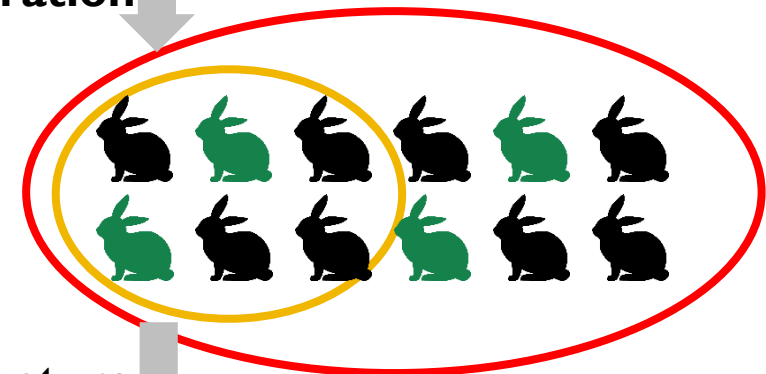
Population totale



Capture



Libération



Recapture



## C. LA BIOCENOSE : ENSEMBLE DES ETRES VIVANTS PEUPLANT L'ECOSYSTEME



### 2. Estimation de la biodiversité d'un écosystème

#### 2.1. Méthodes d'étude de la biodiversité sur le terrain : cf TP

##### Méthode de capture-recapture

On capture 50 lièvres d'Amérique (*Lepus americanus*), on leur attache une étiquette sur l'oreille puis on les relâche.

Deux semaines plus tard, on capture 100 lièvres dont 10 ont une étiquette à l'oreille.



**Quelle est la taille de la population de lièvres étudiée ?**

On pose...

$M_0$  : nombre d'individus marqués initialement

$M$  : nombre d'individus marqués recapturés

$N$  : nombre total d'individus recapturés

$N_{TOT}$  : nombre total d'individus de la population

$$\frac{M}{N} = \frac{M_0}{N_{TOT}} \longleftrightarrow N_{TOT} = \frac{M_0}{M} \times N$$

## C. LA BIOCENOSE : ENSEMBLE DES ETRES VIVANTS PEUPLANT L'ECOSYSTEME

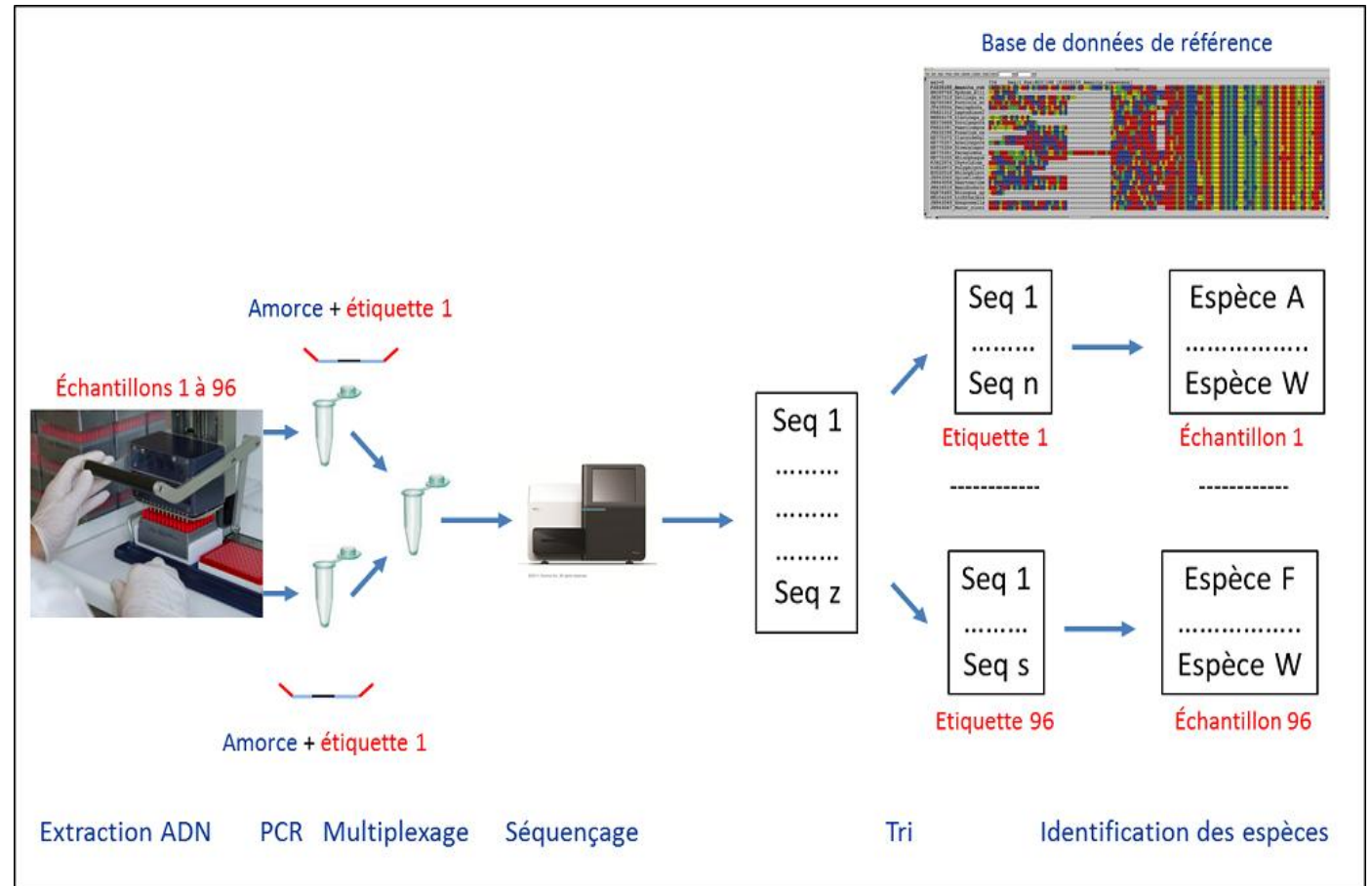


### 2. Estimation de la biodiversité d'un écosystème

#### 2.1. Méthodes d'étude de la biodiversité sur le terrain : cfTP

- Limites de l'échantillonnage par capture: accès à la microfaune (bactéries, amibes, virus, nématodes et petits arthropodes tels que les collemboles!)
- Utilisation de l'**ADN environnemental** (metabarcoding ou code barre ADN) :
  1. extraction de l'ADN d'un écosystème
    - ✓ Fèces, urine, cellules, cadavres, sol, eau
    - ⇒ Contaminations, ADN dégradé, protocoles d'extraction non standardisés
  2. **Amplification par PCR avec amorces définies** (par une banque de données de codes-barres)
  3. Séquençage
  4. Comparaison **par alignement avec des banques de données** (codes-barres)
    - ⇒ **Estimation de la biodiversité**
    - ⇒ **Identification de nouvelles espèces**

<https://www.encyclopedie-environnement.org/vivant/metabarcoding-codes-barres-adn-caracteriser-biodiversite/>



Principe de l'analyse d'un échantillon environnemental : le metabarcoding

## C. LA BIOCENOSE : ENSEMBLE DES ETRES VIVANTS PEUPLANT L'ECOSYSTEME



Bilan : Trois principales méthodes pour estimer l'effectif d'une population dans la nature

### Comptage direct

1. Délimitation d'une parcelle
2. Recensement de tous les individus d'une parcelle pendant une période donnée
3. Extrapolation à l'écosystème



→ espèces petites et peu mobiles  
(ex : vers de terre)

### Echantillonnage

1. Prélèvement d'échantillons
2. Comptage de tous les individus dans l'échantillon
3. Extrapolation à l'écosystème



→ espèces de grande taille +/- mobiles (ex : arbres, coraux...)

### Capture-recapture

1. Capture d'individus dans un cadre spatio-temporel donné
2. Marquage puis libération
3. Recapture aléatoire régulière et comptage du nb d'individus marqués recapturés
4. Extrapolation



→ espèces assez grandes et mobiles  
(ex : oiseaux)

## C. LA BIOCENOSE : ENSEMBLE DES ETRES VIVANTS PEUPLANT L'ECOSYSTEME



### 2. Estimation de la biodiversité d'un écosystème

#### 2.1.2. La richesse spécifique d'un milieu

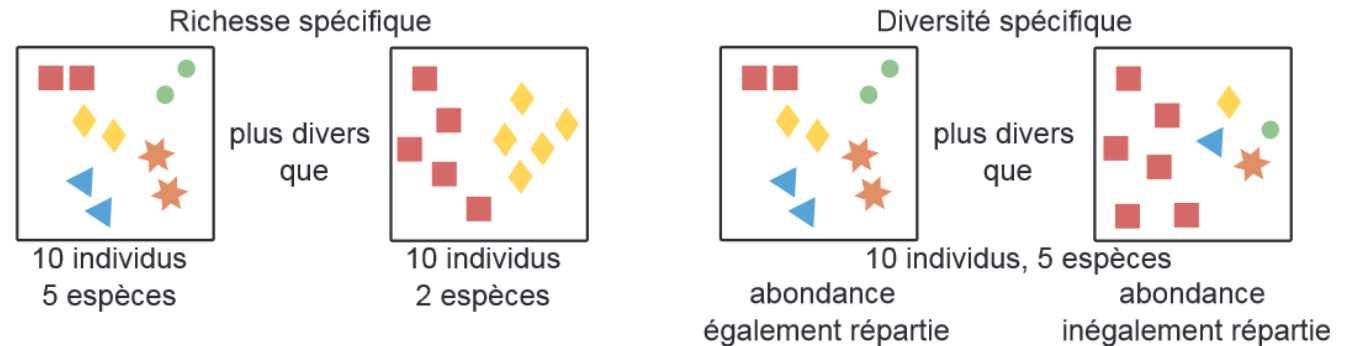
La **richesse spécifique** (parfois notée  $S$ ) est une mesure du nombre total d'espèces dans une aire donnée : mesure de la **biodiversité interspécifique**  $\Rightarrow$  **plus territoire considéré grand, plus richesse spécifique grande...**

- **D: diversité spécifique**, reflète nb d'espèces différentes

$$D = (S - 1) / \ln N$$

Avec :

- $S$  le nombre d'espèces
- $N$  : effectif total d'individus



*Richesse spécifique et diversité spécifique (source Dunod 2021)*

Dans les zones 1 et 2,  $S=3$  (même richesse spécifique)

L'Indice de diversité spécifique des 2 zones :  $D = (3 - 1) / (\ln 446)$

- $D=0 \Leftrightarrow$  tous les individus de même espèce.
- $D \rightarrow +\infty \Leftrightarrow$  individus tous d'espèces différentes ( $S=N$ )

Ex: Forêt canadienne	Zone 1	Zone 2
Erable à sucre	167	391
Hêtre	145	24
Bouleau jaune	134	31

- Limite de ce calcul de diversité spécifique: seule la variabilité spécifique est prise en compte mais **pas l'équitabilité reflétant l'abondance relative.**

# C. LA BIOCENOSE : ENSEMBLE DES ETRES VIVANTS PEUPLANT L'ECOSYSTEME

## 2. Estimation de la biodiversité d'un écosystème

D: indice de diversité spécifique, reflète la biodiversité d'un écosystème observé, mais pas l'équitabilité (abondance relative)

### 2.1.2. La richesse spécifique d'un milieu

- D: diversité spécifique

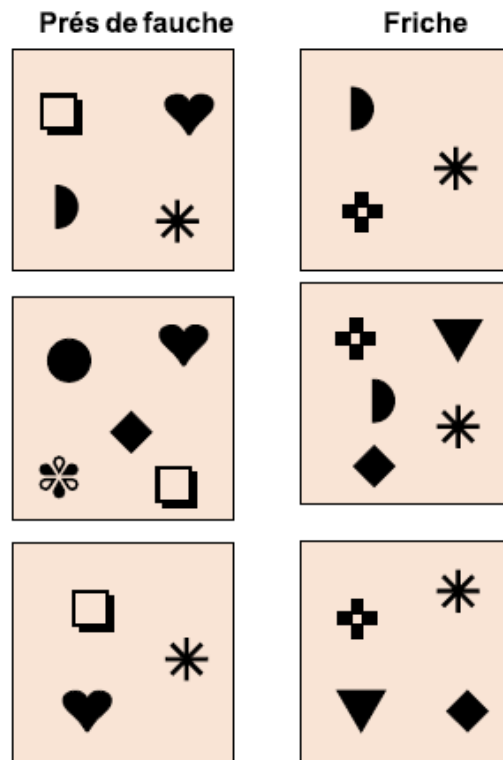
$$D = \frac{(S - 1)}{\ln N}$$

Avec :

- S le nombre d'espèces
- N :effectif total d'individus

- Limite de ce calcul de diversité spécifique: seule la variabilité spécifique est prise en compte mais **pas l'équitabilité reflétant l'abondance relative.**

Type de végétation



$D_{\text{prés de fauche}}$ :

$$D = (7 - 1) / \ln 12$$

$$D_{\text{prés de fauche}} = 2,41$$

$D_{\text{friche}}$ :

$$D = (5 - 1) / \ln 12$$

$$D_{\text{friche}} = 1,61$$

Richesse globale : = 7 = 5

Richesse originale : = 3 = 2

Fonds commun : = 4

## C. LA BIOCENOSE : ENSEMBLE DES ETRES VIVANTS PEUPLANT L'ECOSYSTEME

### 2. Estimation de la biodiversité d'un écosystème

#### 2.1.2. La richesse spécifique d'un milieu

Diversité spécifique identique entre les peuplements A et B, mais équitabilité très différente!

#### 2.1.3. L'indice de Shannon-Weaver et l'indice de Piélou

Calcul de l'indice de Shannon

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \cdot \log_2(p_i)$$

$p_i$  : l'abondance proportionnelle ou pourcentage d'abondance d'une espèce présente, c'est-à-dire  $p_i = n_i/N$

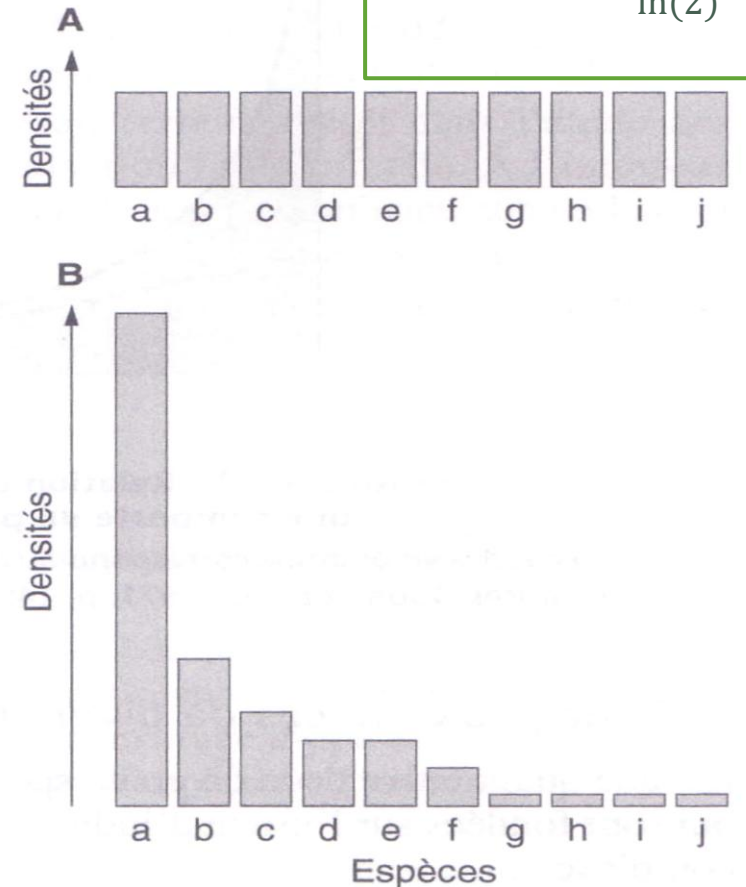
$n_i$  : le nombre d'individus dénombrés pour une espèce présente.

$N$  : le nombre total d'individus dénombrés, toute espèce confondue.

$S$  : le nombre total de la liste d'espèces présentes = **richesse totale** de l'échantillon

**H' : en bit par individu**

$$\log_2(x) = a \leftrightarrow x = 2^a$$
$$\log_2(x) = \frac{\ln(x)}{\ln(2)}$$



Ainsi, plus le peuplement est constitué d'espèces différentes et équitablement réparties, plus la valeur de l'indice augmente de façon logarithmique : c'est un indice de diversité spécifique.

# C. LA BIOCENOSE : ENSEMBLE DES ETRES VIVANTS PEUPLANT L'ECOSYSTEME



## 2. Estimation de la biodiversité d'un écosystème



<https://www.radiofrance.fr/franceculture/incendies-en-gironde-les-corridors-ecologiques-seront-essentiels-pour-faire-revenir-la-faune-sauvage-9307089>

Est-il judicieux de comparer les indices de Shannon  $H'$  de ces deux écosystèmes?



Forêt climaxique à indice de Shannon élevé ( $H' = 5$ )



- Indice de Shannon:
  - Indice de diversité spécifique
  - Indice d'équitabilité et donc d'abondance relative
  - $H' = 0$  (car  $\log_2(1) = 0$ ) si une seule espèce
  - Si  $H' < 1,5$ : valeur faible : peuplement dominé par une ou qqs espèces
    - ✓ Ex: phase de colonisation d'un biotope
  - Limites de l'indice de Shannon:
    - ✓ **probabilité de collecte** dans l'écosystème (même échelle de taille, mêmes modes de déplacement, ...) pas identique selon les espèces + problème de richesse spécifique
    - ✓ Ne permet pas d'identifier richesse spécifique

Après un incendie (ici dans les Landes), l'indice de Shannon est faible ( $H' \sim 1,5$ ) (espèces pionnières à stratégie r, peu nombreuses et majoritaires)

	État écologique	Valeur de $H'$	Classification de la pollution
	Mauvais	$0 < H' \leq 1,5$	Azoïque, très pollué
	Médiocre	$1,5 < H' \leq 3$	Fortement pollué
	Moyen	$3 < H' \leq 4$	Modérément pollué
	Bon	$4 < H' \leq 5$	Zones de transition
	Très bon	$H' > 5$	Sites de référence

L'indice de diversité spécifique peut être utilisé pour caractériser le niveau de pollution d'un écosystème

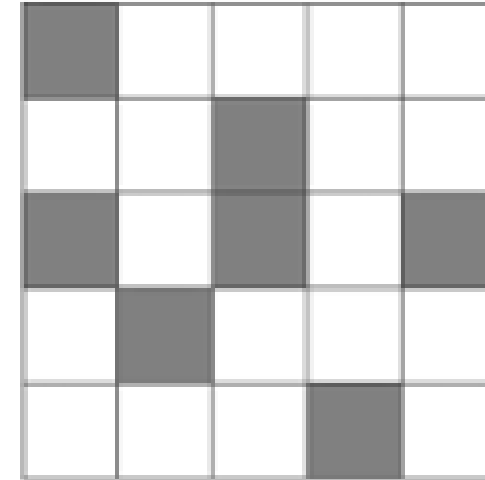
## C. LA BIOCENOSE : ENSEMBLE DES ETRES VIVANTS PEUPLANT L'ECOSYSTEME

### 2. Estimation de la biodiversité d'un écosystème

#### 2.1.3. L'indice de Shannon-Weaver et indice de Piélou

- Valeur de indice de Shannon  $H'$  très dépendante de la richesse spécifique
  - ⇒ Impossible de comparer l'équitabilité de deux écosystèmes présentant des richesses spécifiques différentes.
- On a alors recours à un autre indice : **Indice de régularité de Piélou** :
  - $J = \frac{H'}{H_{max}}$  avec  $H_{max} = \log_2(S)$
  - indice de Piélou : **régularité de la distribution des fréquences** des différentes espèces.
  - Cet indice varie entre 0 (dominance d'une espèce) et 1 (espèces équitablement réparties)

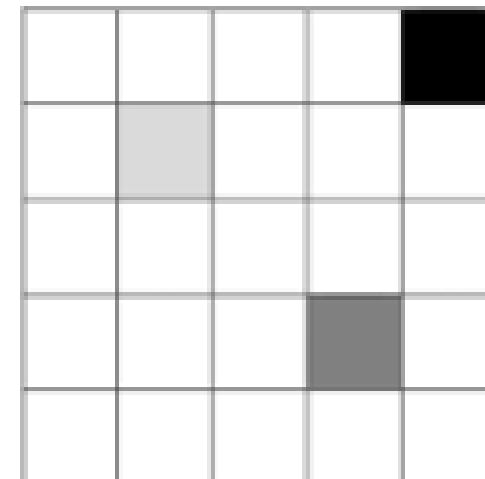
A



$$H' = 0,85$$
$$J = 0,85$$

C

2 espèces

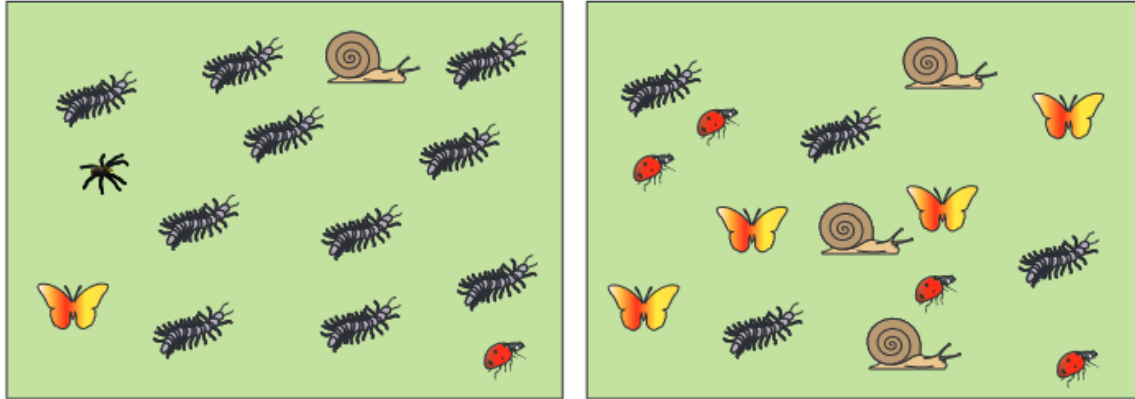


$$H' = 0,73$$
$$J = 0,37$$

4 espèces

## C. LA BIOCENOSE : ENSEMBLE DES ETRES VIVANTS PEUPLANT L'ECOSYSTEME

### 2. Estimation de la biodiversité d'un écosystème



écosystème	S	H' indice de Shannon et Wiener	J indice de Pielou
gauche	5	$-\left(\frac{10}{15} \cdot \ln\left(\frac{10}{15}\right) / \ln 2\right) + 4\left(\frac{1}{15} \cdot \ln\left(\frac{1}{15}\right)\right) = 1,40$	$1,40 / \log_2(5) = 0,60$
droite	4	$-\left(3 \times \left(\frac{4}{15}\right) \cdot \ln\left(\frac{4}{15}\right) / \ln 2\right) + \left(\frac{3}{15}\right) \cdot \ln\left(\frac{3}{15}\right) / \ln 2 = 1,97$	$1,97 / \log_2(4) = 0,99$

- richesse spécifique ~ équivalente avec indice de Shannon révélant une plus grande richesse spécifique à droite ( $1,40 < 1,97$ )

mais...

- inégalité de répartition: équitabilité non équivalente
  - ⇒ Indice de Pielou (toujours compris entre 0 et 1)
  - ✓ confirme une diversité spécifique
  - ✓ Précise une équitabilité de l'écosystème de droite (J proche de 1)

Espèces	Nombre d'individus	Proportion $P_i$
	10	10/15
	1	1/15
	1	1/15
	1	1/15
	1	1/15
<b>Total : S = 5</b>	<b>15</b>	

Indice de Shannon :  
 $H' = 1,43$  et  $H_{\max} = 2,32$   
 Indice d'équitabilité :  
 $J' = 0,62$

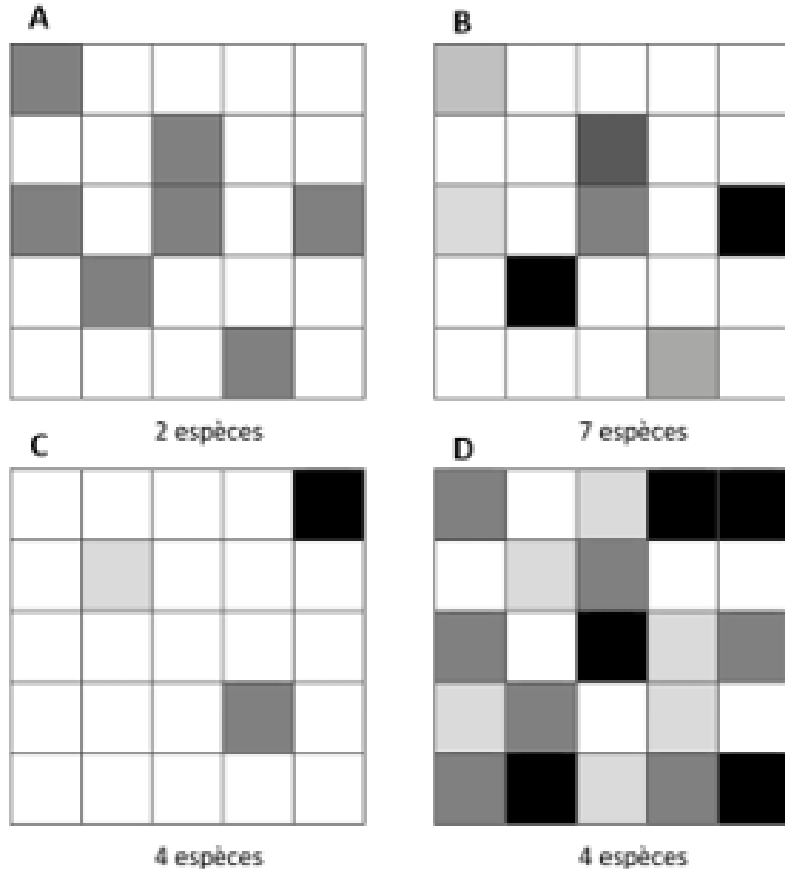
Espèces	Nombre d'individus	Proportion $P_i$
	4	4/15
	4	4/15
	3	3/15
	4	4/15
<b>Total : S = 4</b>	<b>15</b>	

Indice de Shannon :  
 $H' = 1,99$  et  $H_{\max} = 2$   
 Indice d'équitabilité :  
 $J' = 0,99$

Figure 15 : La biodiversité interspécifique peut être déterminée par sa richesse spécifique et son équitabilité. (Vuibert 2021)  
 ENCPB- BCPST1 - STÉPHANIE DALAINE

## C. LA BIOCENOSE : ENSEMBLE DES ETRES VIVANTS PEUPLANT L'ECOSYSTEME

### 2. Estimation de la biodiversité d'un écosystème



écosystème	S	H' indice de Shannon et Wiewer	J indice de Pielou
A	2	$-\left(\frac{7}{25}\right) \cdot \ln\left(\frac{7}{25}\right) / \ln 2 + \left(\frac{18}{25}\right) \cdot \ln\left(\frac{18}{25}\right) / \ln 2 = 0,85$	$0,85 / \log_2(2) = 0,85$
B	7	$-\left(\frac{2}{25}\right) \cdot \ln\left(\frac{2}{25}\right) / \ln 2 + 3\left(\frac{1}{25}\right) \cdot \ln\left(\frac{1}{25}\right) + 2\left(\frac{2}{25}\right) \cdot \ln\left(\frac{2}{25}\right) / \ln 2 + \left(\frac{18}{25}\right) \cdot \ln\left(\frac{18}{25}\right) / \ln 2 = 1,78$	$1,78 / \log_2(7) = 0,63$
C	4	$-(3 \times \left(\frac{1}{25}\right) \cdot \ln\left(\frac{1}{25}\right) / \ln 2) + \left(\frac{22}{25}\right) \cdot \ln\left(\frac{22}{25}\right) / \ln 2 = 0,73$	$0,73 / \log_2(4) = 0,37$
D	4	$-(2 \times \left(\frac{7}{25}\right) \cdot \ln\left(\frac{7}{25}\right) / \ln 2) + \left(\frac{6}{25}\right) \cdot \ln\left(\frac{6}{25}\right) / \ln 2 + \left(\frac{5}{25}\right) \cdot \ln\left(\frac{5}{25}\right) / \ln 2 = 1,6$	$1,6 / \log_2(4) = 0,8$

- **H' augmente avec le nombre d'espèces**, donc reflète le nb d'espèces différentes et la répartition équitable de ces espèces, à nombre d'espèces équivalente. Mais pb quand on compare B et D... Pielou lève ce problème pour les écosystèmes B et D.

## C. LA BIOCENOSE : ENSEMBLE DES ETRES VIVANTS PEUPLANT L'ECOSYSTEME

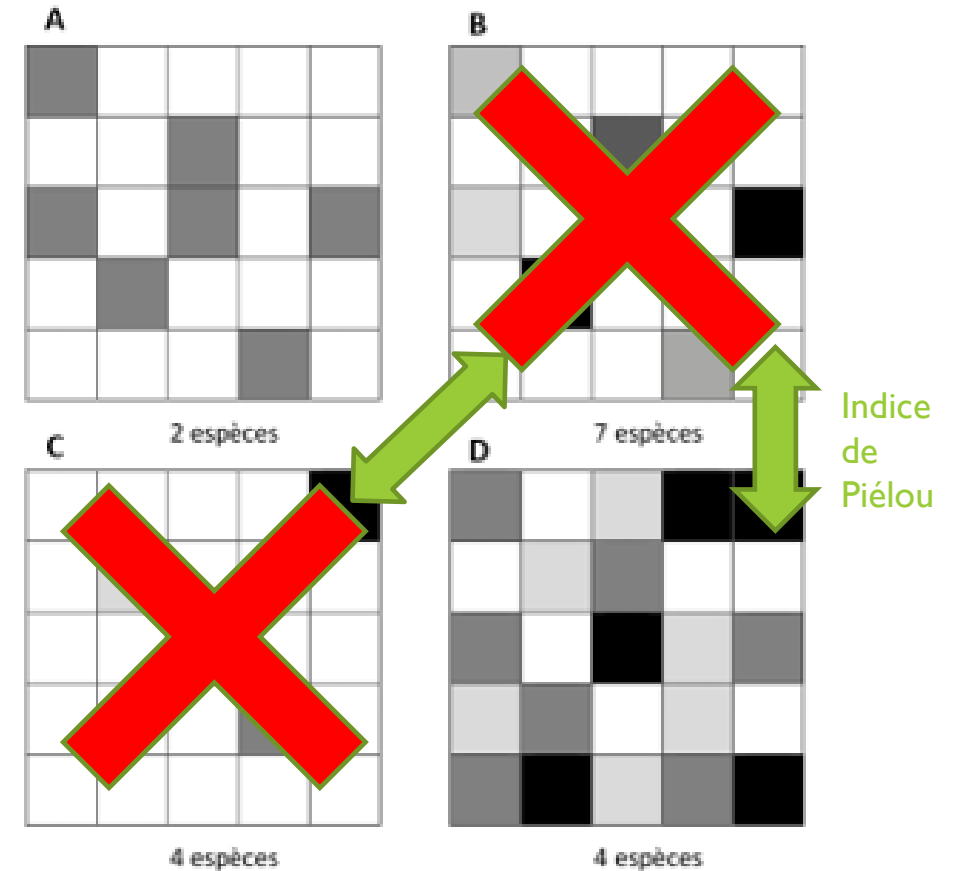


### 2. Estimation de la biodiversité d'un écosystème

#### ▪ Limites à l'utilisation de ces indices :

Ces différents indicateurs ne sont que des moyens de caractériser la biodiversité, ils présentent certains défauts.

- Ils **dépendent du nombre d'espèces** → ne permettent que de comparer des écosystèmes de richesse spécifique équivalente (une forêt tropicale, très riche en espèces ne peut donc être comparée à une toundra beaucoup plus pauvre)
- Ils ne prennent **pas en compte la diversité fonctionnelle** (rôle des espèces dans les écosystèmes, liens trophiques, intensité des liens).
- Ils ne prennent **pas en compte la dynamique d'évolution l'écosystème**

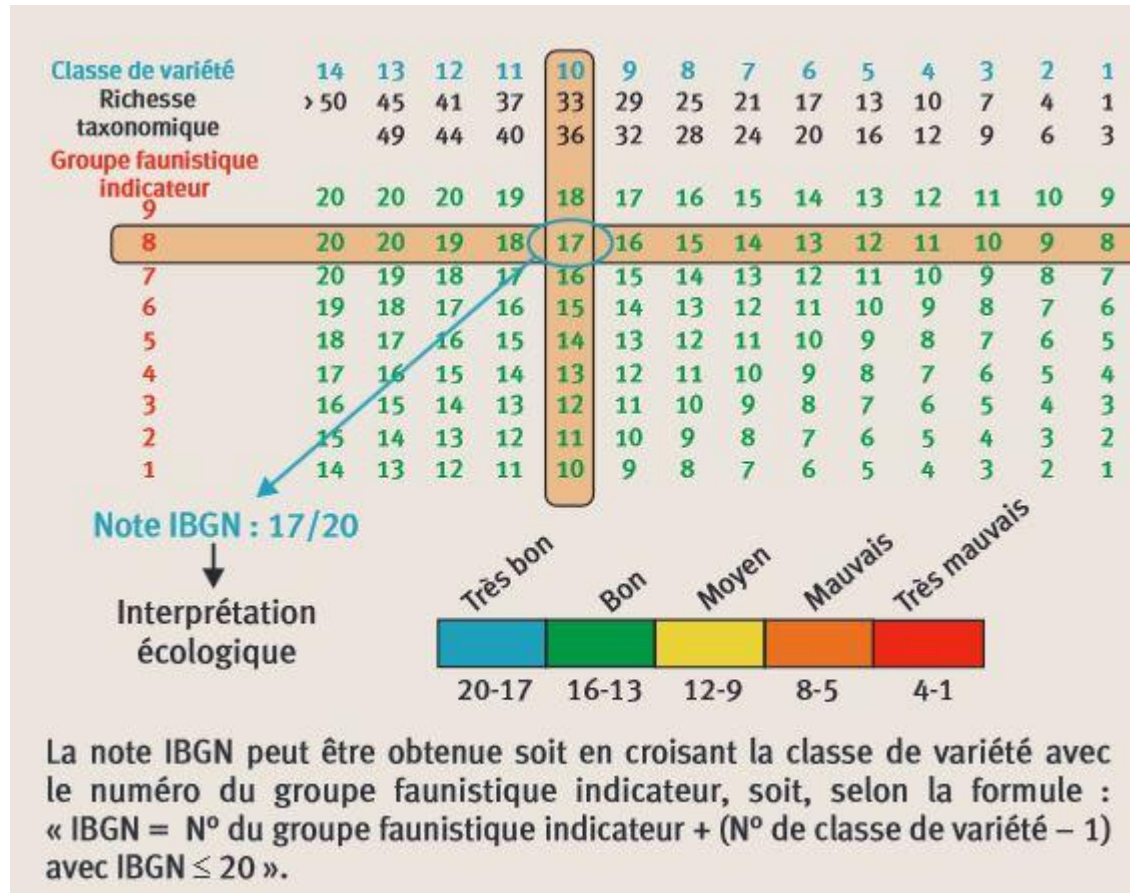


# C. LA BIOCENOSE : ENSEMBLE DES ETRES VIVANTS PEUPLANT L'ECOSYSTEME

## 2. Estimation de la biodiversité d'un écosystème

Les indices de biodiversité permettent de comparer des écosystèmes et de connaître leur état de dégradation

Indice Biologique Global Normalisé / IBGN (HU)



Exemple de tableau de détermination de l'IBGN ; Source : Archambault et Dumont (2010).

groupes faunistiques	nombre d'unités systématiques du groupe	nombre total d'unités systématiques dans le prélèvement				
		1	2 à 5	6 à 10	11 à 15	≥ 16
1 PLÉCOPTÈRES	>1	—	7	8	9	10
ÉPHÉMÉROPTÈRES Ecdyonuridés	1	5	6	7	8	9
2 TRICHOPTÈRES à fourreaux	>1	—	6	7	8	9
3 ANCYLIDÉS (Mollusques)	>2	—	5	6	7	8
ÉPHÉMÉROPTÈRES sauf Ecdyonuridés	≤2	3	4	5	6	7
4 APHELOCHEIRUS (HÉMIPTÈRES)						
ODONATES		3	4	5	6	7
GAMMARIDÉS (Crustacés)						
PHYSES (Mollusques)						
5 ASELLÉS (Crustacés)		2	3	4	5	—
SPHAERIDÉS (Mollusques)						
SANGSUES						
HÉMIPTÈRES (sauf APHELOCHEIRUS)						
6 TUBIFEX (Annélides)		1	2	3	—	—
CHIRONOMES (Diptères)						
7 ÉRISTALES (Diptères)		0	1	1	—	—

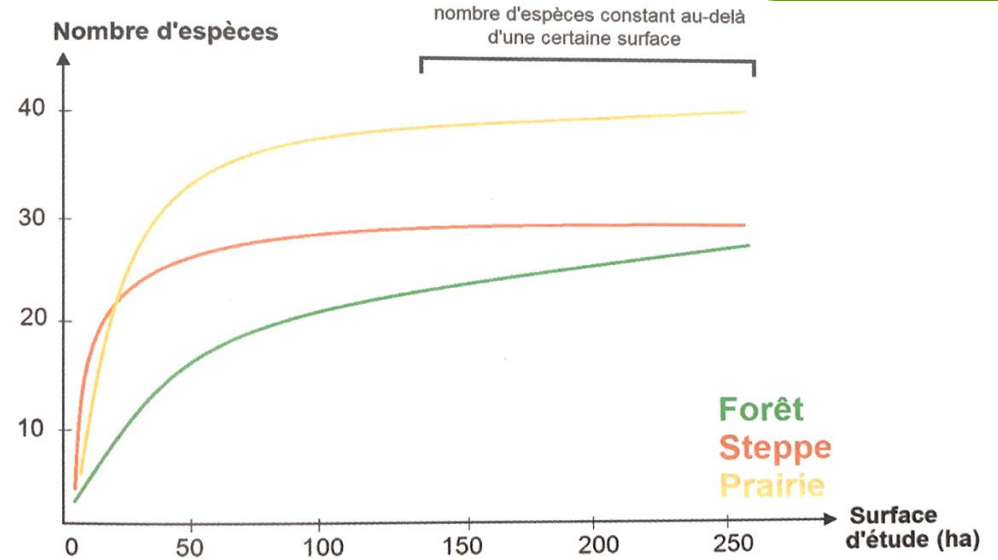
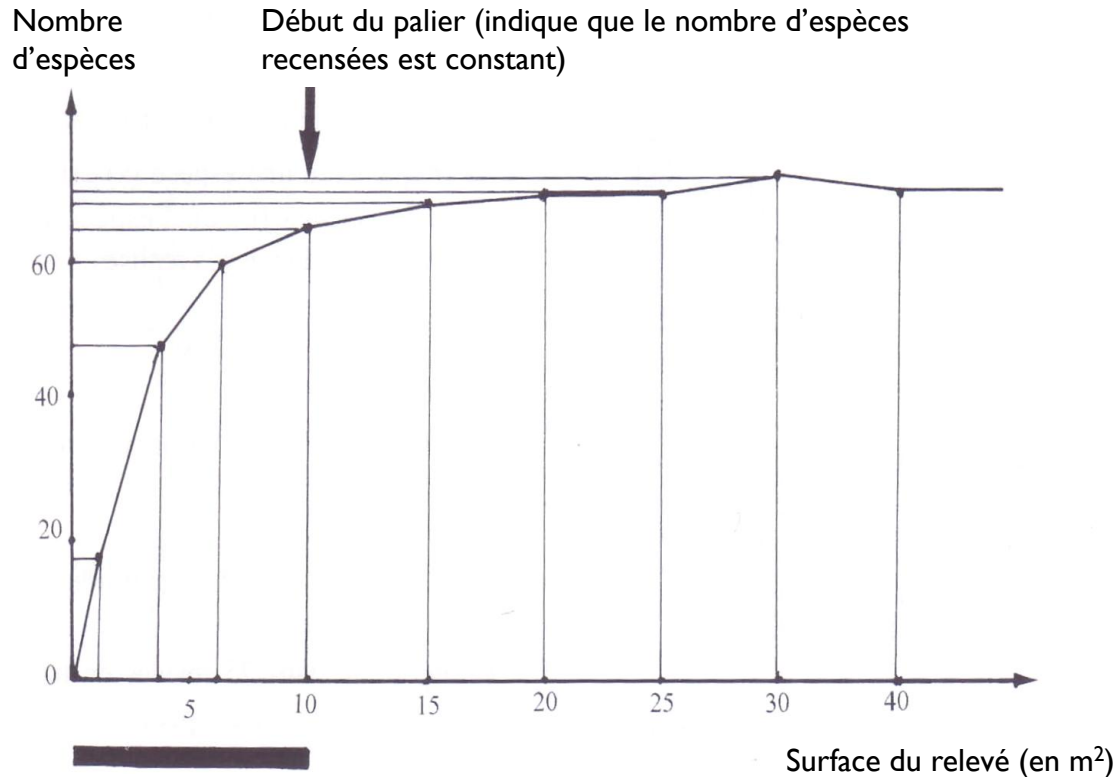
— limite de pollution    ■ eaux non polluées    ■ eaux polluées

# C. LA BIOCENOSE : ENSEMBLE DES ETRES VIVANTS PEUPLANT L'ECOSYSTEME

## 2. Estimation de la biodiversité d'un écosystème

### 2.1.4. Estimation de la surface d'échantillonnage représentative de l'écosystème

Quelle est la plus petite surface rendant compte de la nature de l'association, c'est-à-dire qui contienne toutes les espèces représentatives du groupement ?



La richesse spécifique est liée à la surface d'étude de l'écosystème (Vuibert p.655)

Aire minimale

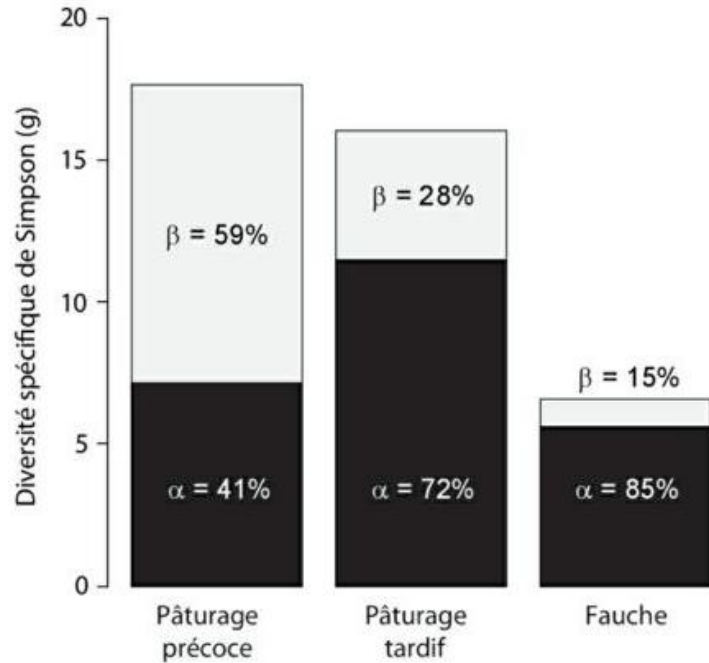
Calcul de l'aire minimale pour estimer la richesse spécifique (Faurie et al, 2012)

⇒ Il existe une relation logarithmique entre richesse spécifique et surface de l'aire étudiée, dépendante des biomes.

## C. LA BIOCENOSE : ENSEMBLE DES ETRES VIVANTS PEUPLANT L'ECOSYSTEME

### 3. Influence des modes de gestion des prairies sur la biodiversité

#### 3.1. Impact des modes de gestion des prairies : fauche ou pâturage



(d'après Mauchamp et al., 2011)

- **Pâturage précoce** : utilisation en pâturage de **longue durée** avec une **faible charge** en bétail
- **Pâturage tardif** : utilisation en pâturage tardif de **courte durée** avec une **forte charge** instantanée
- **Fauche** : utilisation en prairie de fauche avec **plusieurs coupes par année** et une **forte fertilisation**.
- Le calcul des indices se base sur la fréquence des espèces dans 10 quadrats de 50 cm de côté sur chaque parcelle :
  - diversité **ALPHA** : diversité à une échelle fine, à l'intérieur des quadrats
  - diversité **BÊTA** : hétérogénéité de la végétation (différences de composition entre les quadrats à l'échelle de la parcelle)

- **Interprétation:**

- pâturage vs fauche

- **défoliation sélective** liée aux préférences alimentaires du bétail
- **Piétinement + dépôt de bouses** => hétérogénéité spatiale
- **Fauche** = coupe systématique de toutes les espèces, sans sélection + fertilisation homogène

⇒ **Pâturage maintient plus grande biodiversité que fauche**

- Pâturage précoce vs tardif:

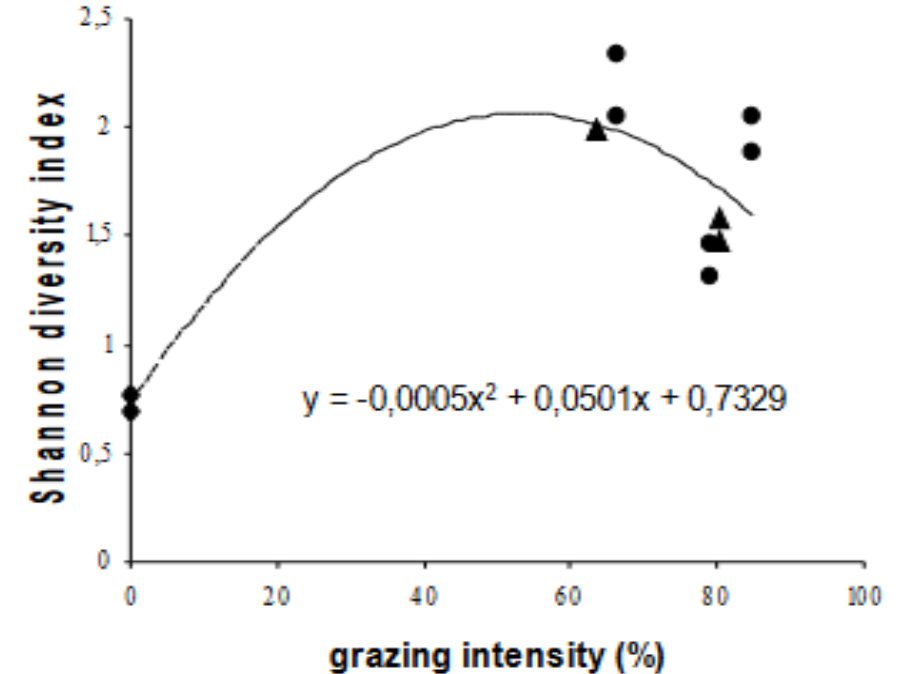
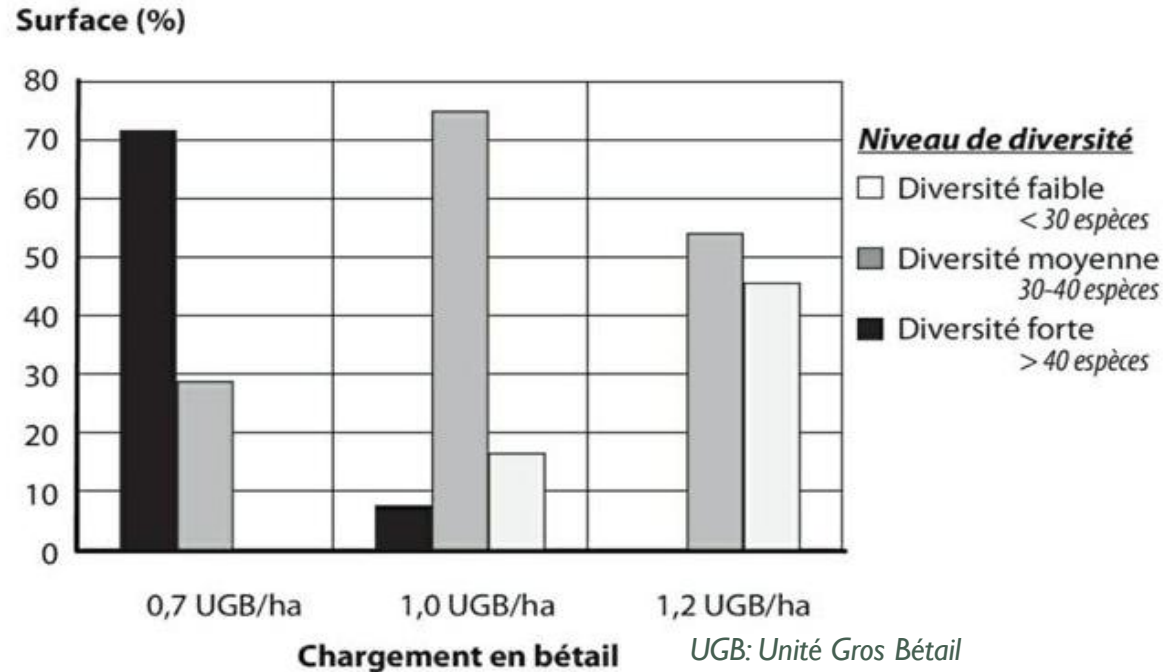
- Diversité spécifique supérieure en précoce (18) qu'en tardif (15)
- Charge du bétail diminue biodiversité
- Diversité bêta 59% > 28% en précoce
  - ✓ Défoliation sélective mais espacée + bouses espacées
    - ⇒ Favorise successions écologiques
    - ⇒ Plus grande hétérogénéité de la végétation à l'échelle de la parcelle totale

## C. LA BIOCENOSE : ENSEMBLE DES ETRES VIVANTS PEUPLANT L'ECOSYSTEME



### 3. Influence des modes de gestion des prairies sur la biodiversité

#### 3.1. Impact des modes de gestion des prairies : fauche ou pâturage



Change in Shannon diversity with grazing intensity.

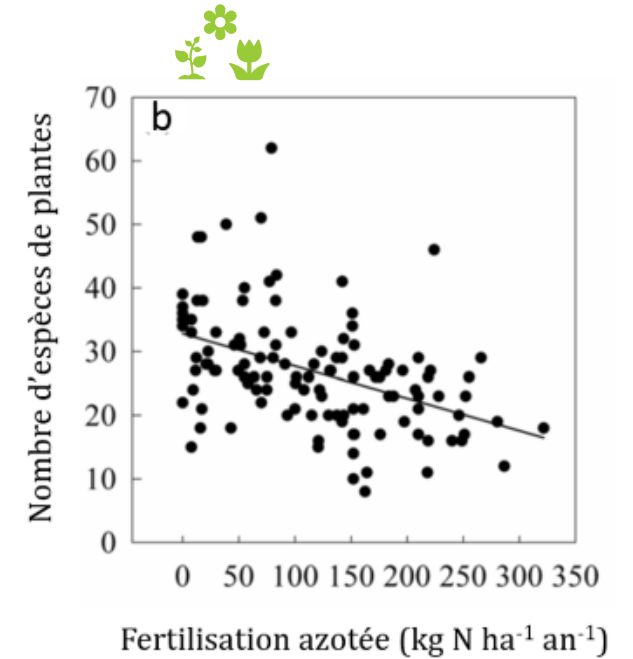
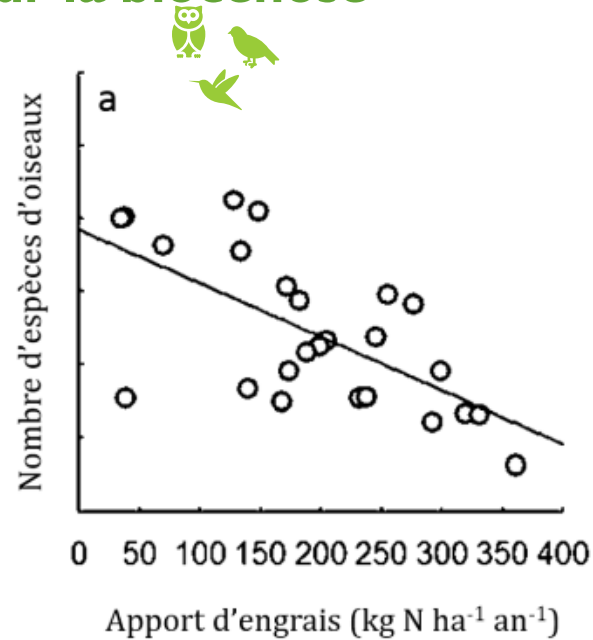
#### ■ Pâturage

- ⇒ **défoliation sélective** liée aux préférences alimentaires du bétail
- ⇒ **Piétinement + dépôt de bouses** => **hétérogénéité spatiale**
- ⇒ La richesse spécifique est affectée négativement par la charge en bétail à partir d'un certain stade de pâturage dans les parcelles étudiées dans le Cantal.

## 3.2. Impact de la fertilisation des prairies sur la biocénose

- Fertilisation minérale : engrais de synthèse de type N P K
- Fertilisation organique : fumier, lisier, compost

⇒ ↘ richesse spécifique



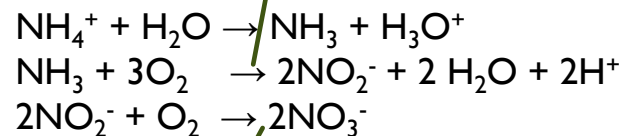
Impact de la fertilisation des prairies sur la richesse spécifique de l'écosystème

### Fertilisation des prairies

- ⇒ développement plus rapide de la végétation
- ⇒ ↗ hauteur du couvert végétal
- ⇒ ↘ abondance et accessibilité des insectes, nématodes mais aussi des sites de reproduction
- ⇒ ↘ source de nourriture pour les oiseaux

### Fertilisation des prairies

- ⇒ ↘ diversité végétale
- ⇒ ↘ disponibilité des graines pour les oiseaux granivores,



Nitrosomonas

Nitrobacter



### ■ Azote

- ⇒ ↗ Poacées (espèces compétitrices) au détriment des Fabacées (voir chapitre fabacée : intérêt de cultiver les deux ensembles, puisque les fabacées enrichissent le sol en azote ce qui favorise la croissance des poacées)

### ■ Quantités d'azote trop importantes

- ⇒ **accumulation d'azote ammoniacal dans le sol**
- ⇒ **développement des bactéries nitrifiantes**
- ⇒ transformation de  $\text{NH}_4^+$  en  $\text{NO}_3^-$
- ⇒ **acidification** du sol
- ⇒ ↘ nombreuses espèces végétales

# PLAN DU COURS

- I. L'écosystème, un espace circonscrit caractérisé par un biotope, une biocénose et des relations entretenues entre biotope et biocénose
  - A. La prairie, une surface biologique constituant une unité fonctionnelle
  - B. Le biotope : le milieu dans lequel évoluent les êtres vivants
  - C. La biocénose : ensemble des êtres vivants peuplant l'écosystème
  - D. Un écosystème structuré
  - E. Des influences réciproques entre biotope et biocénose
- II. Diversité des relations interspécifiques et conséquences sur la structure de l'écosystème
  - A. Comment définir une relation interspécifique ?
  - B. Une diversité de relations interspécifiques
  - C. Les relations interspécifiques dans un agrosystème
  - D. Effet des relations interspécifiques sur les niches écologiques et la biodiversité
- III. Fonctionnement des écosystèmes : des flux de matière et d'énergie dans un système ouvert
  - A. Les interactions trophiques constituent des chaînes et des réseaux trophiques
  - B. Flux de matière au sein d'un écosystème
  - C. Flux d'énergie au sein d'un écosystème
  - D. Fonctionnement d'un agrosystème : flux de matière et d'énergie
- IV. Dynamique des écosystèmes
  - A. Les perturbations des écosystèmes : une menace pour la stabilité de l'écosystème
  - B. Les successions écologiques : une dynamique naturelle suite à une perturbation
  - C. La stabilité des écosystèmes dépend de leur résistance et leur résilience
  - D. Les services écosystémiques et la gestion des écosystèmes (PRAC)

## D. UN ÉCOSYSTÈME STRUCTURÉ

### I. Structuration spatiale d'un écosystème

#### I. I. Structuration verticale

- Strate arborée (> 8m)
- Strate arbustive (1 à 8 m)
- Strate herbacée (5 cm à 1 m)
- Strate muscinale (0 à 5 cm)
- State hypogée (sous la surface)



Partie « haute » et talus : zone 1



Partie « haute » de la prairie : dominance des poacées (ray grass) avec présence de chardons des champs, apiacées (berce) de manière clairsemée.

Partie « basse » : zones 2 et 3



« Partie basse » avec taches de végétation monospécifique d'ortie, de rumex en association avec couvert dominant de poacées. Présence d'agrostis de renoncule rampante.



Zone piétinée dévégétalisée. Proximité du ruisseau : colonisation par le rumex

Zone correspondant au ruisseau asséché : zone 4



Taches de poacées (ray grass) de taille réduite/dominance de vastes

Strate arborée éventuelle

Strate herbacée

Strate muscinée (mousses, lichens, algues, champignons)

Strate hypogée (bulbes, rhizomes, tubercules, champignons)

On observe une structuration verticale de la prairie et des écosystèmes (en général)

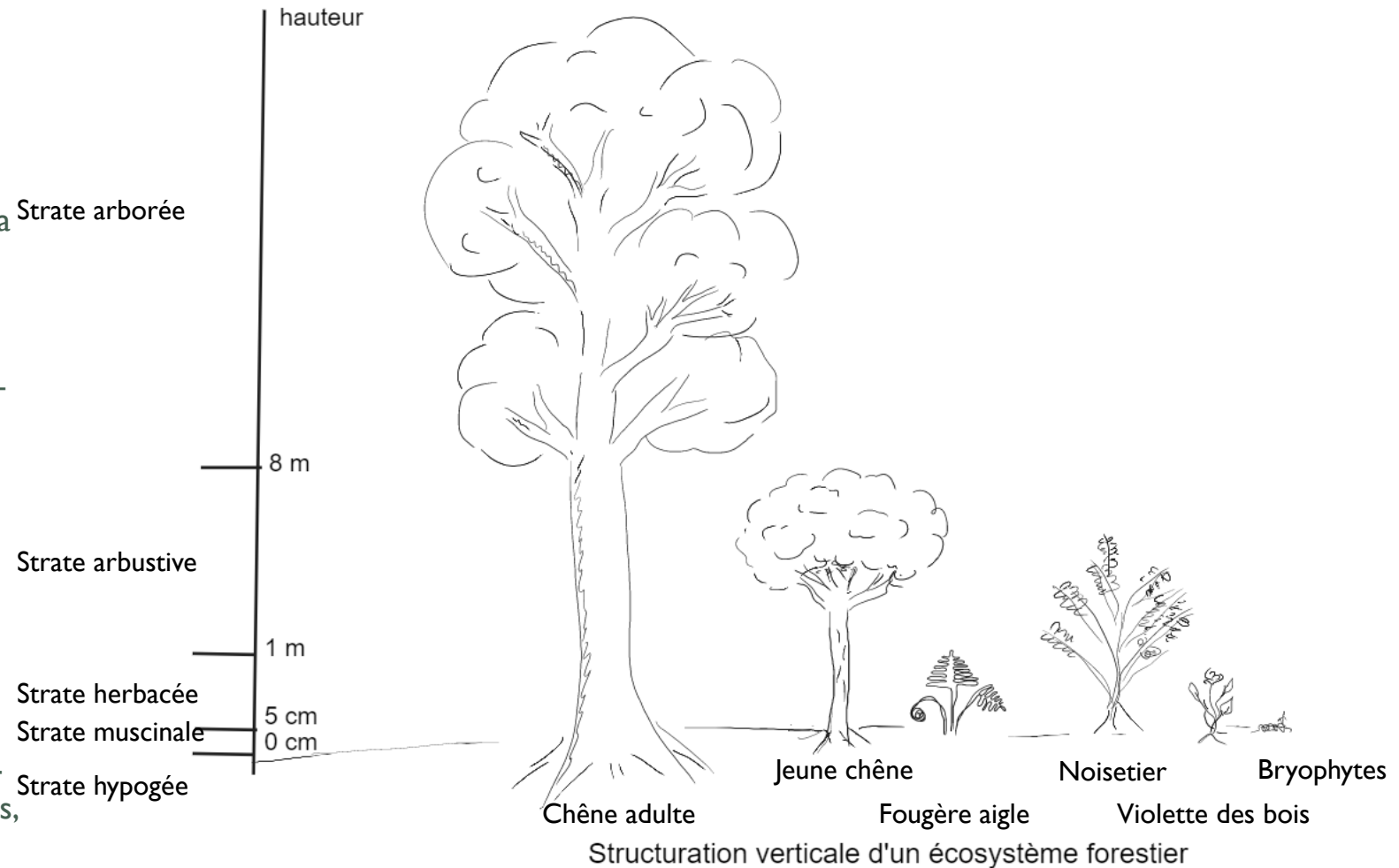
# D. UN ÉCOSYSTÈME STRUCTURÉ



## I. Structuration spatiale d'un écosystème

### I.1. Structuration verticale

- **Strate arborée (> 8m)**
  - Chêne adulte
- **Strate arbustive (1 à 8 m)**
  - Jeune chêne, noisetier + grande partie de la faune
- **Strate herbacée (5 cm à 1 m)**
  - Plantes herbacées ou ligneuses (poacées) + insectes des zones hautes (criquet)
- **Strate muscinale (0 à 5 cm)**
  - Mousses, lichens, algues, champignons, insectes des zones basses (carabes, bousiers)
- **Strate hypogée (sous la surface)**
  - Bulbes, tubercules, rhizome, racines, micro-organismes (bactéries, amibes, champignons, algues) + pédofaune



## D. UN ÉCOSYSTÈME STRUCTURÉ

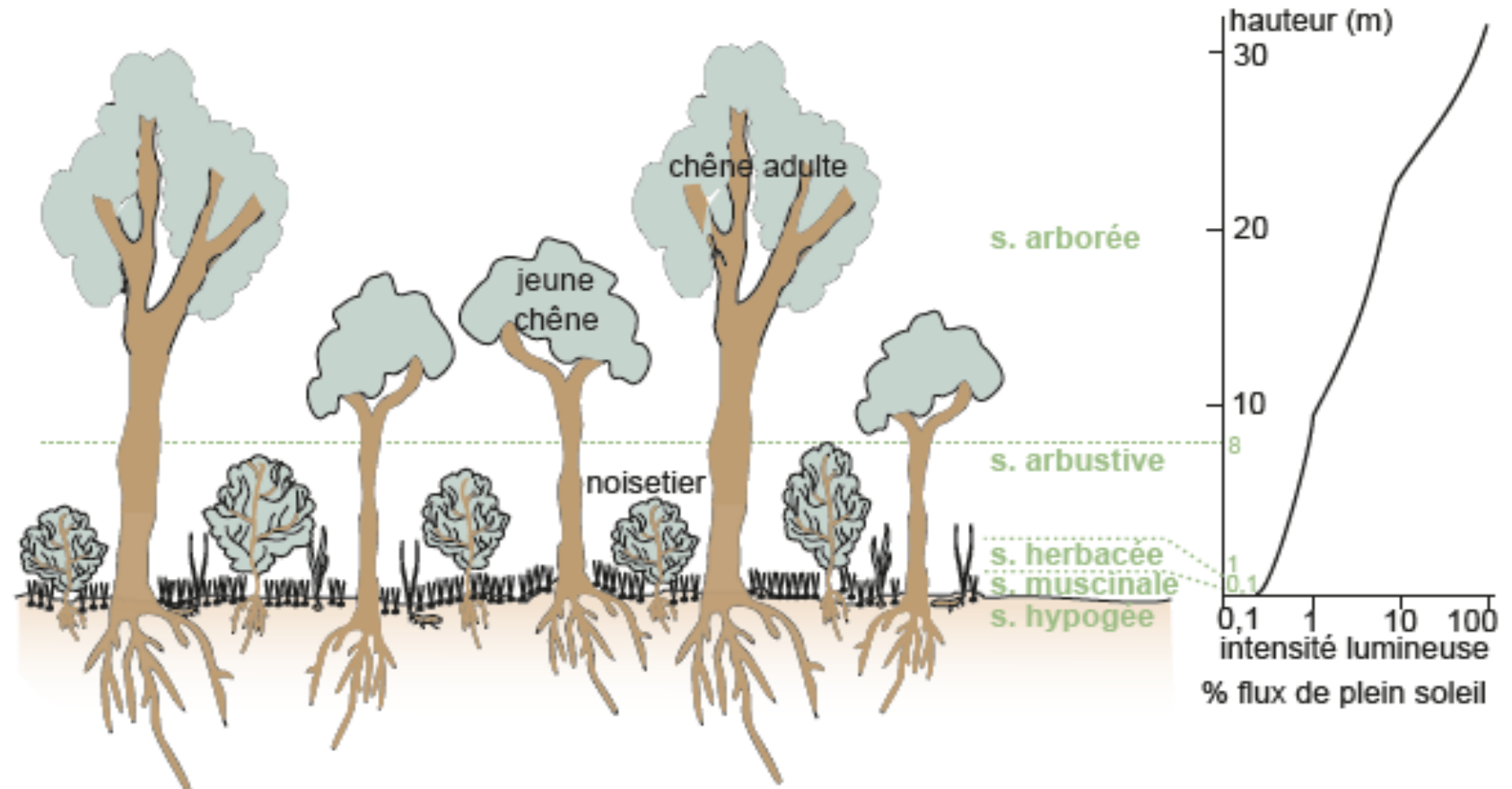
### I. Structuration spatiale d'un écosystème

#### I. I. Structuration verticale

- Strate arborée (> 8m)
- Strate arbustive (1 à 8 m)
- Strate herbacée (5 cm à 1 m)
- Strate muscinale (0 à 5 cm)
- State hypogée (sous la surface)

Limites à cette notion de stratification :

- les mousses sont aussi très souvent sur les troncs des arbres (85% des mousses)
- des espèces appartiennent aux  $\neq$  strates (lierre...)



# C. UN ÉCOSYSTÈME STRUCTURÉ

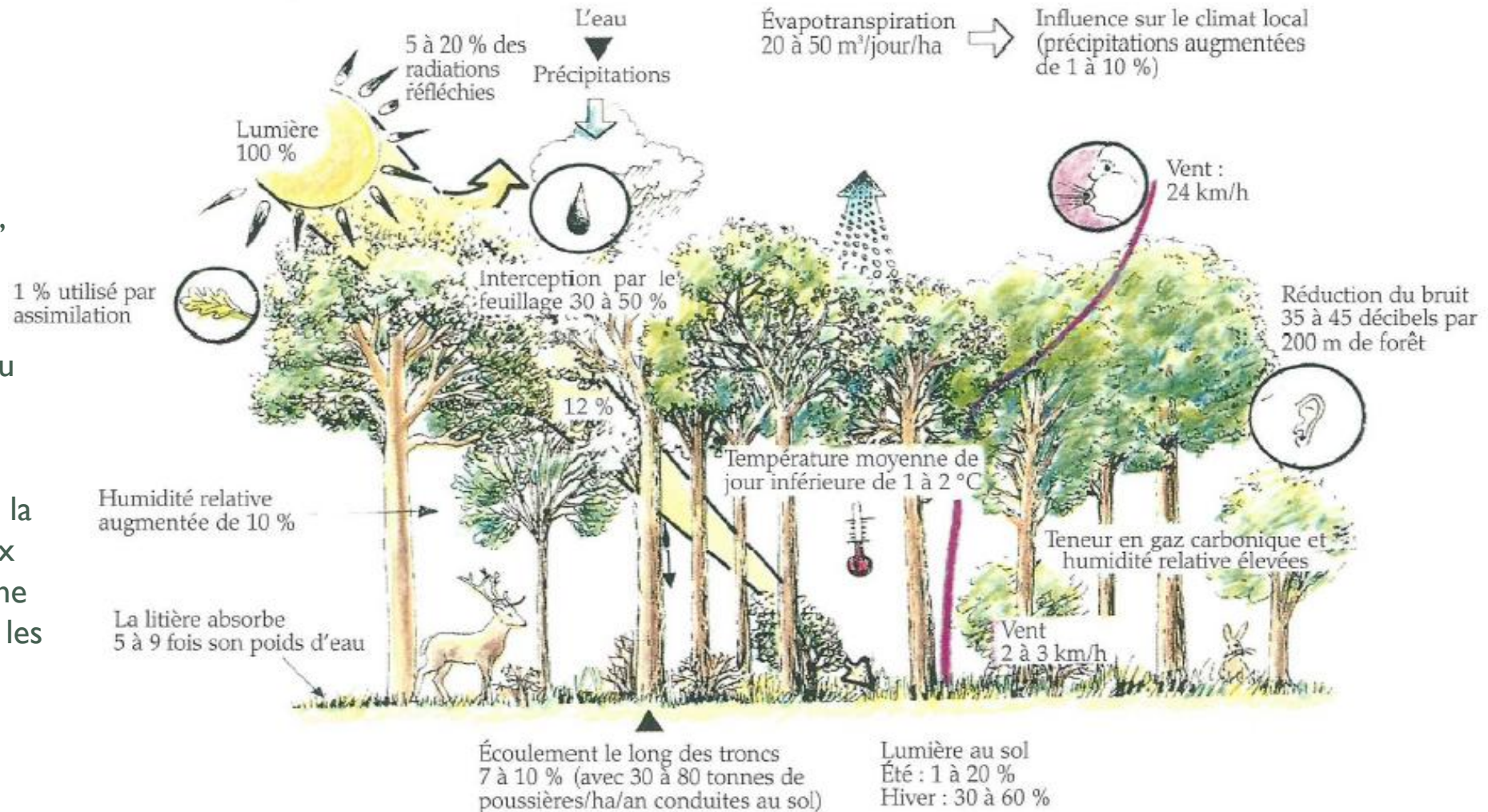
## I. Structuration spatiale d'un écosystème

### I.I. Structuration verticale

- Cette stratification est à l'origine de microclimats :

- modification de la lumière
- modification de l'humidité,
- modification de la température
- modification de l'impact du vent.

- Cette répartition verticale des végétaux conditionne en partie la **distribution des animaux**. Ex des oiseaux du sous-bois comme les Merles / des troncs comme les Pics / du feuillage comme la Mésange / aériens

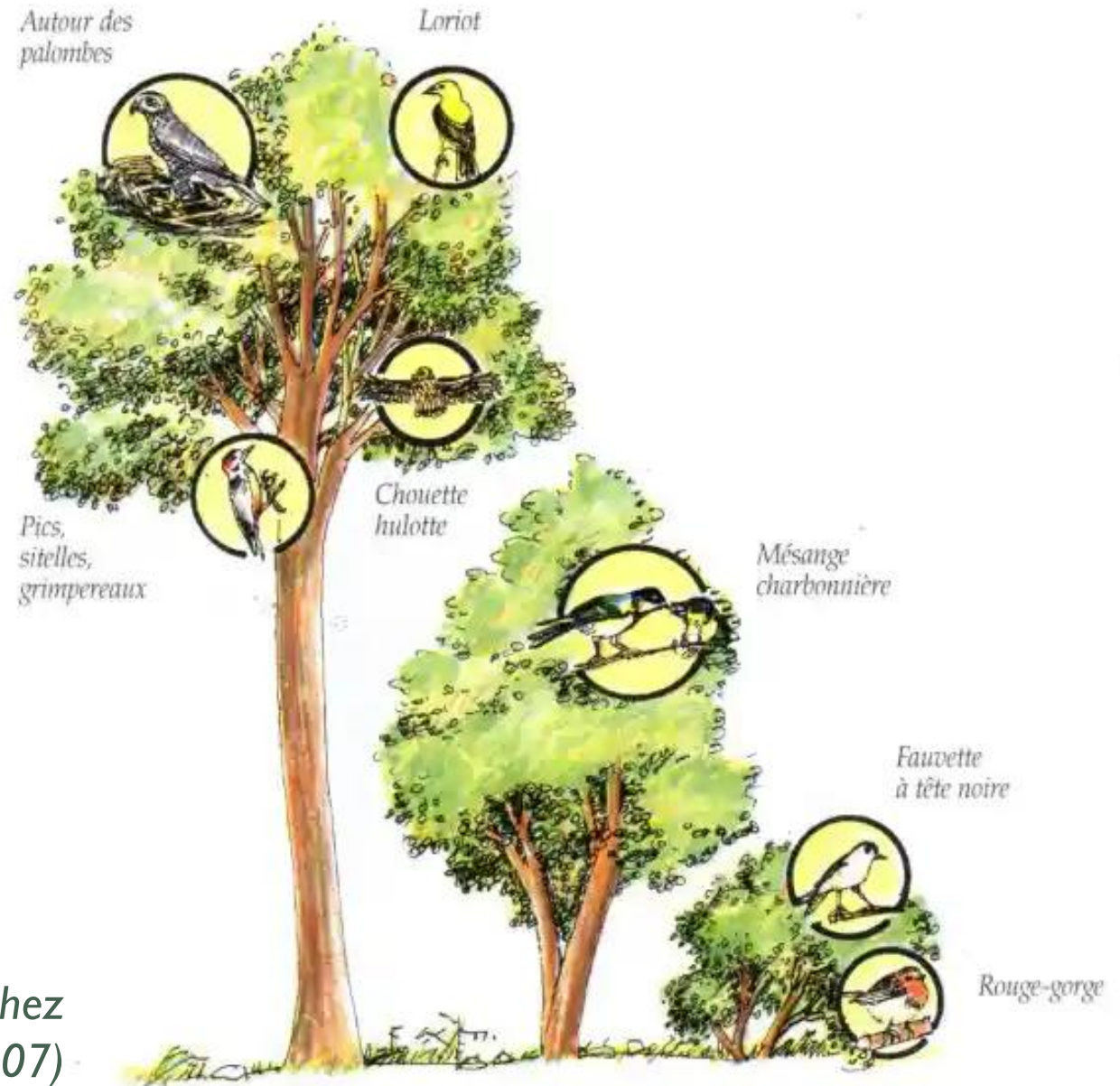


## D. UN ÉCOSYSTÈME STRUCTURÉ

### I. Structuration spatiale d'un écosystème

#### I.I. Structuration verticale

Exemple de niches écologiques observées chez des oiseaux (Fischesser et Dupuis-tate 2007)



# D. UN ÉCOSYSTÈME STRUCTURÉ

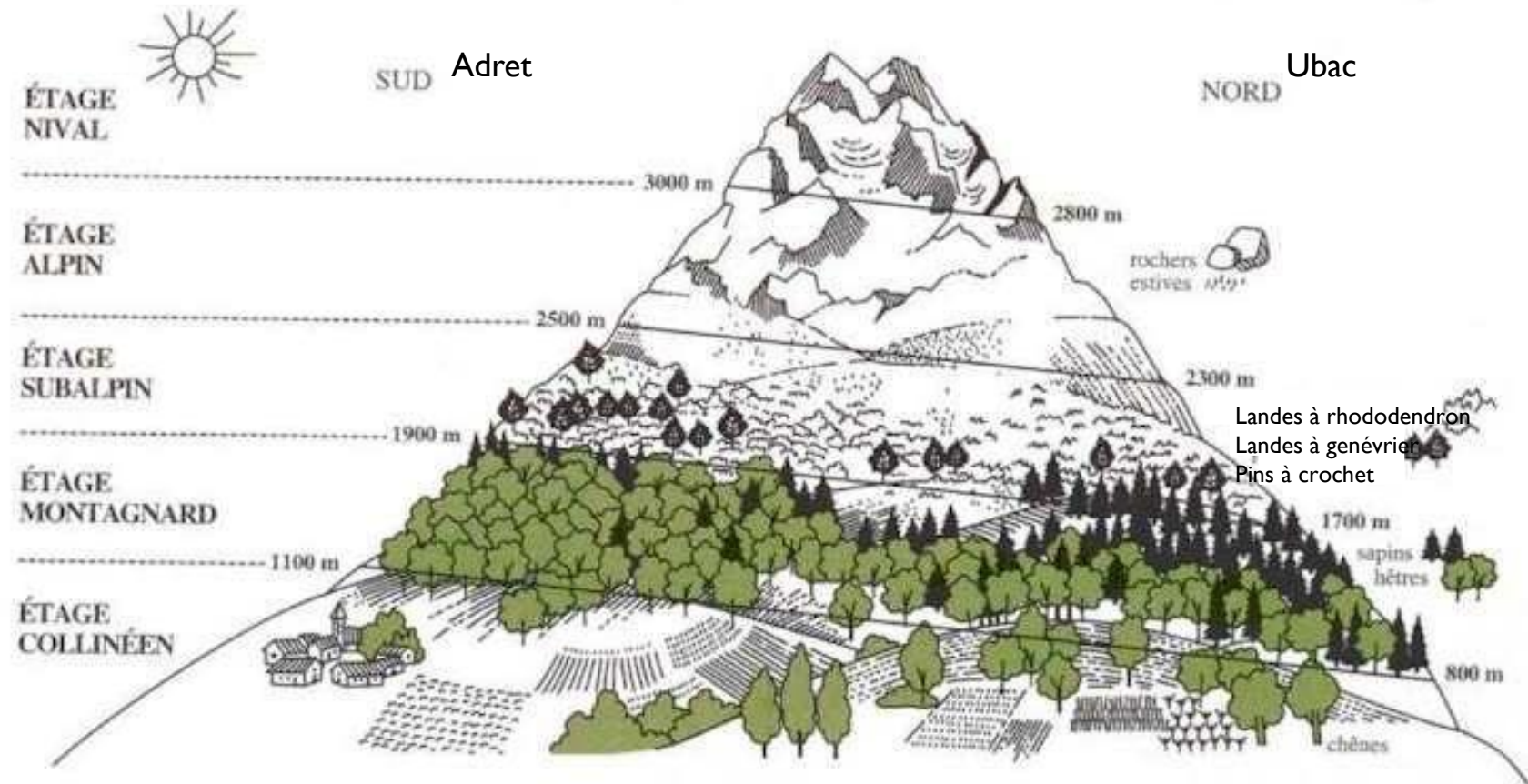
## I. Structuration spatiale d'un écosystème

### I.I. Structuration verticale



#### ▪ Etagement des espèces de l'écosystème forestier en fonction de l'altitude:

- **étage collinéen** sous les 600-800 m : forêt de **chênes**
- **étage montagnard** 700-1800 m: forêt de **hêtre** puis **sapin** et **épicéa**
- **étage subalpin** entre 1800-2000m: forêt de **pin à crochets** et de pin cembro
- **étage alpin** : **prairie alpine** = pelouse alpine



(croquis extrait: FLEURS DES PYRENEES - Philippe Moyoux - RANDON EDITION)

# La stratification verticale existe aussi pour les autres organismes de l'écosystème : exemple des lépidoptères

Hauteur de la végétation



Argus bleu céleste



Le Satyre



Demi-Deuil



Tristan

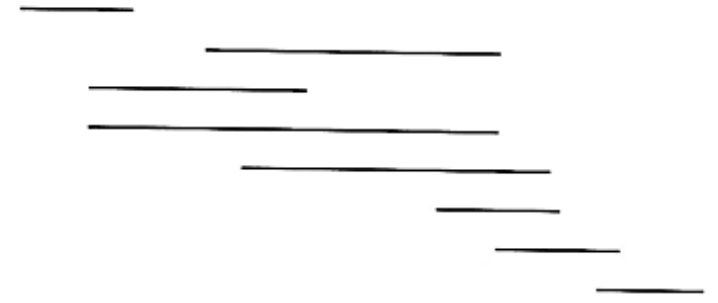


Hespéride actéon

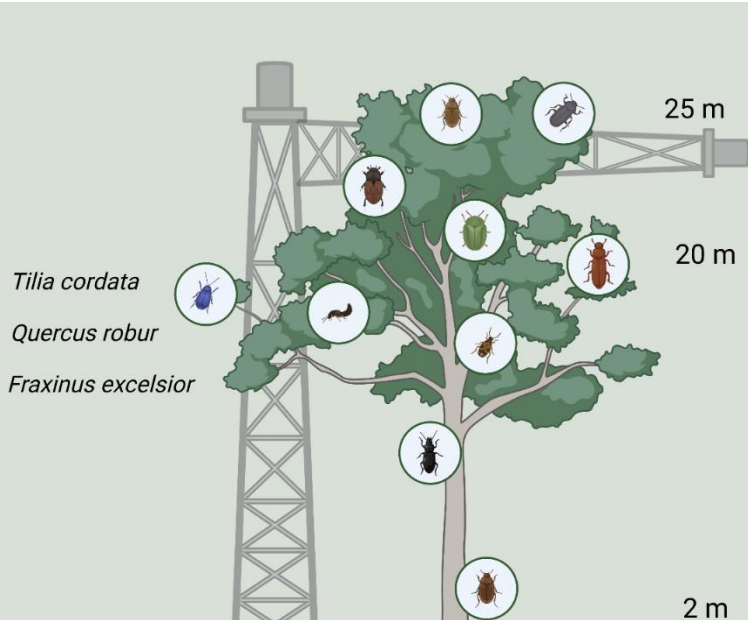
Hauteur de la végétation (en cm)

0,5 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 15 20 30 >30

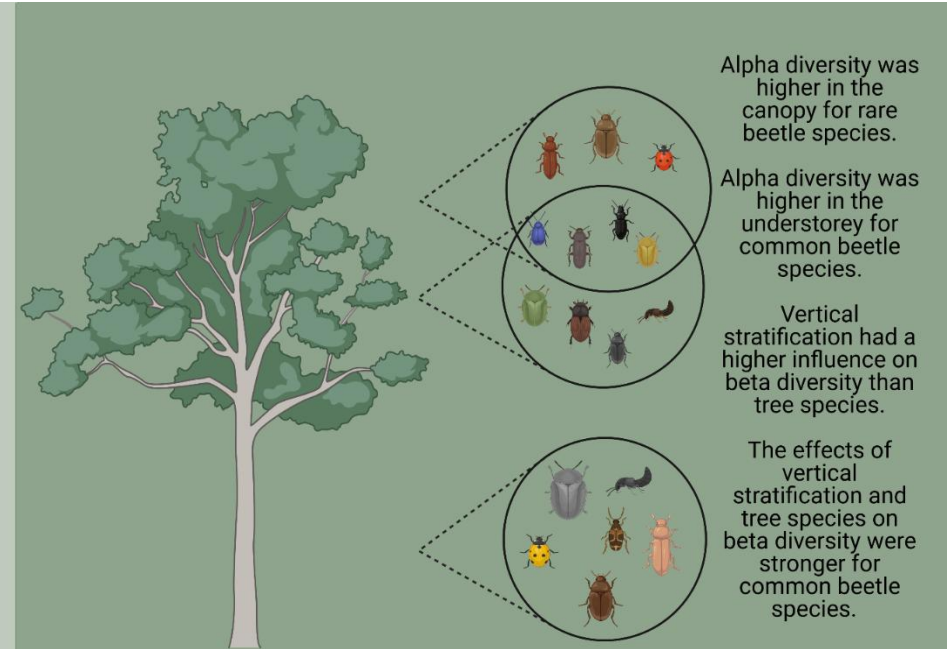
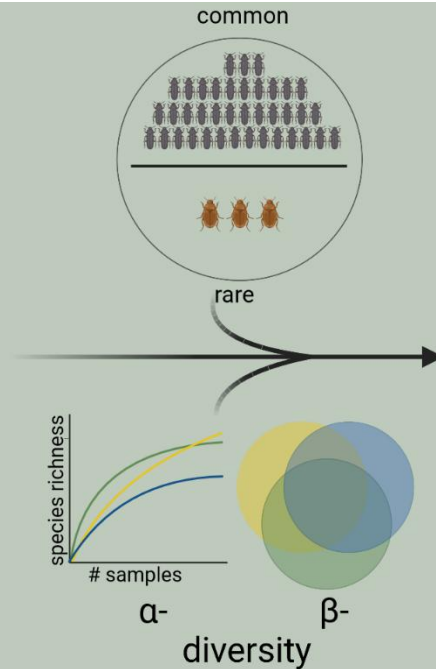
- Argus bleu céleste
- Argus bleu
- Le Tacheté
- Le Satyre
- Le Demi-Deuil
- L'Amaryllis
- Le Tristan
- L'Hespérie Actéon



Le trait horizontal correspond à la zone de présence de chaque espèce de lépidoptère.



ENCPB- BCPST1 - STÉPHANIE DALAINE



Alpha diversity was higher in the canopy for rare beetle species.

Alpha diversity was higher in the understory for common beetle species.

Vertical stratification had a higher influence on beta diversity than tree species.

The effects of vertical stratification and tree species on beta diversity were stronger for common beetle species.

## C. UN ÉCOSYSTÈME STRUCTURÉ

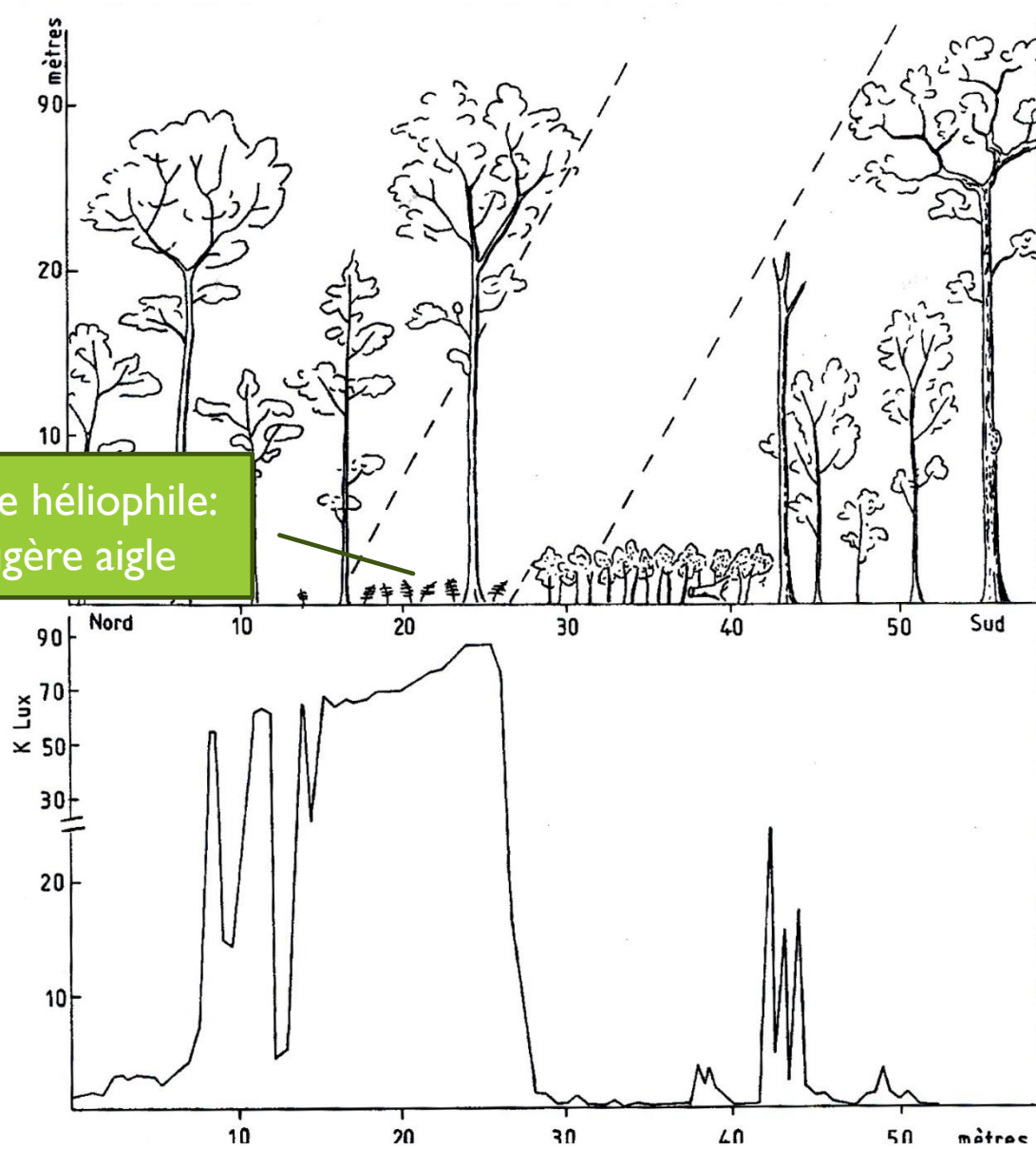
### I. Structuration spatiale d'un écosystème

#### I.1. Structuration verticale

espèce	hiver	été
chêne (115 ans)	31 - 57 %	65 - 97 %
hêtre (60 ans)	64 - 74 %	70 - 98 %
pin sylvestre	60 - 78 %	60 - 78 %

*Le % indique la part de lumière absorbée par la végétation*

⇒ La biocénose modifie le biotope :  
exemple de l'absorption de la lumière  
par la canopée



Plante héliophile:  
fougère aigle

Coupe nord-sud dans une clairière de la chênaie-hêtraie en forêt de Fontainebleau et répartition de l'éclairage (en  $10^3$  lux) à la surface de la strate herbacée et du sol nu vers midi au mois d'août, par temps ensoleillé

La partie qui reçoit directement la lumière solaire est occupée par une plante héliophile, la fougère aigle, tandis que la partie ombragée est occupée par un fourré de hêtres et de charmes (Lemée, 1966).

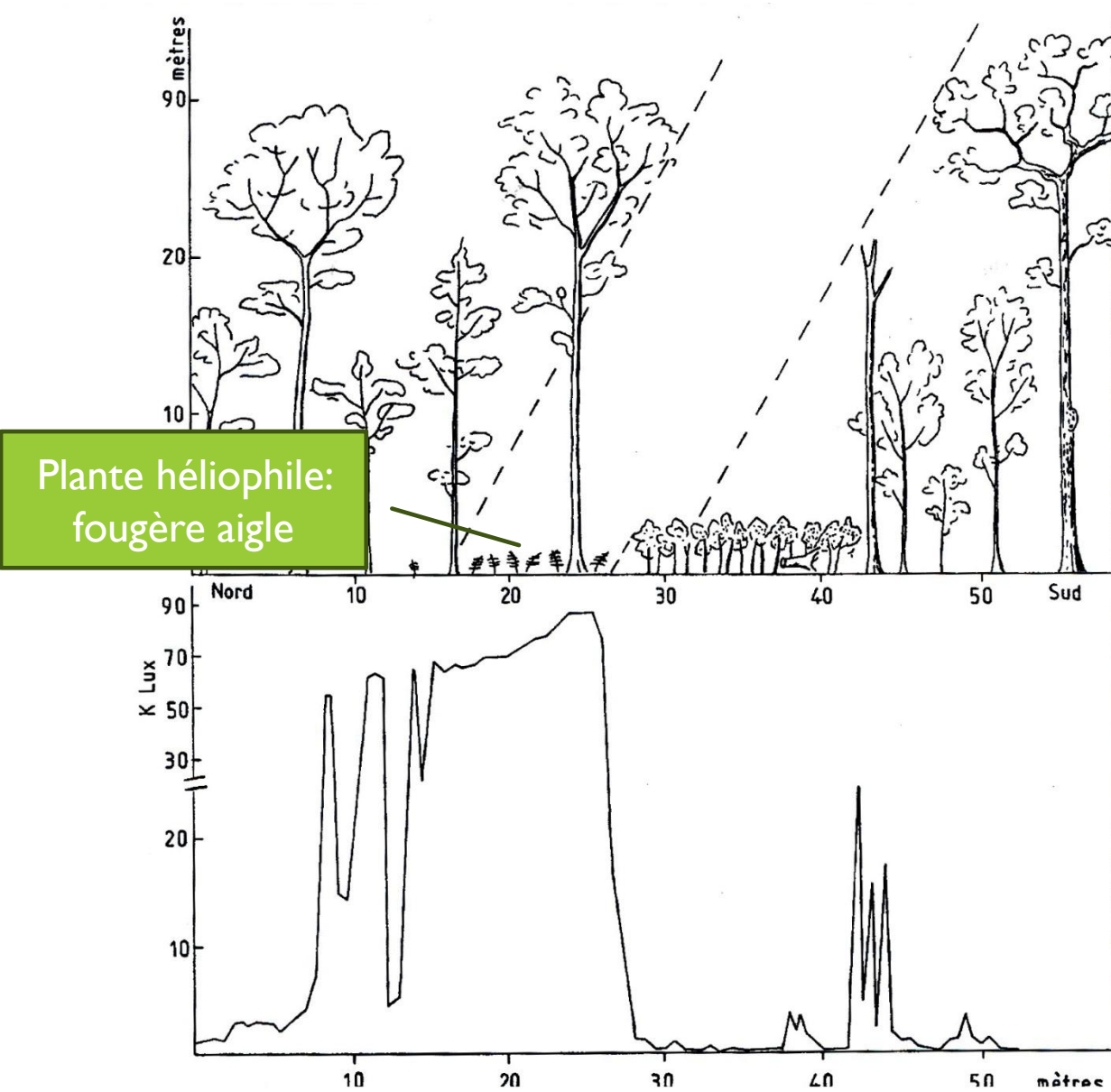
## C. UN ÉCOSYSTÈME STRUCTURÉ

### I. Structuration spatiale d'un écosystème

#### I.I. Structuration verticale



*Fougères aigles héliophiles*



Coupe nord-sud dans une clairière de la chênaie-hêtraie en forêt de Fontainebleau et répartition de l'éclairage (en  $10^3$  lux) à la surface de la strate herbacée et du sol nu vers midi au mois d'août, par temps ensoleillé

La partie qui reçoit directement la lumière solaire est occupée par une plante héliophile, la fougère aigle, tandis que la partie ombragée est occupée par un fourré de hêtres et de charmes (Lemée, 1966).

## D. UN ÉCOSYSTÈME STRUCTURÉ

### I. Structuration spatiale d'un écosystème

#### I.1. Structuration verticale

- Plantes de lumière
- Héliophytes

- Croissance maximale pour de forts éclairagements
- Absence de tolérance de l'ombre des autres



Tomate



Ciste et plantes de la garrigue



Jeune mélèze

- Plantes intermédiaires



Lierre terrestre



Oxalis

20 à 30 %  
d'ensoleillement



Aspérule odorante



Plantule de hêtre

1 %  
d'ensoleillement

Mousses  
(Hypnum ericetorum)



1/200<sup>e</sup>  
de lumière solaire  
suffit

*Oxalis ornementale* (à planter à l'ombre ...)



- Plantes de d'ombre
- Sciaphytes

- Croissance maximale pour de faibles éclairagements
- Forte densité de population

# D. UN ÉCOSYSTÈME STRUCTURÉ

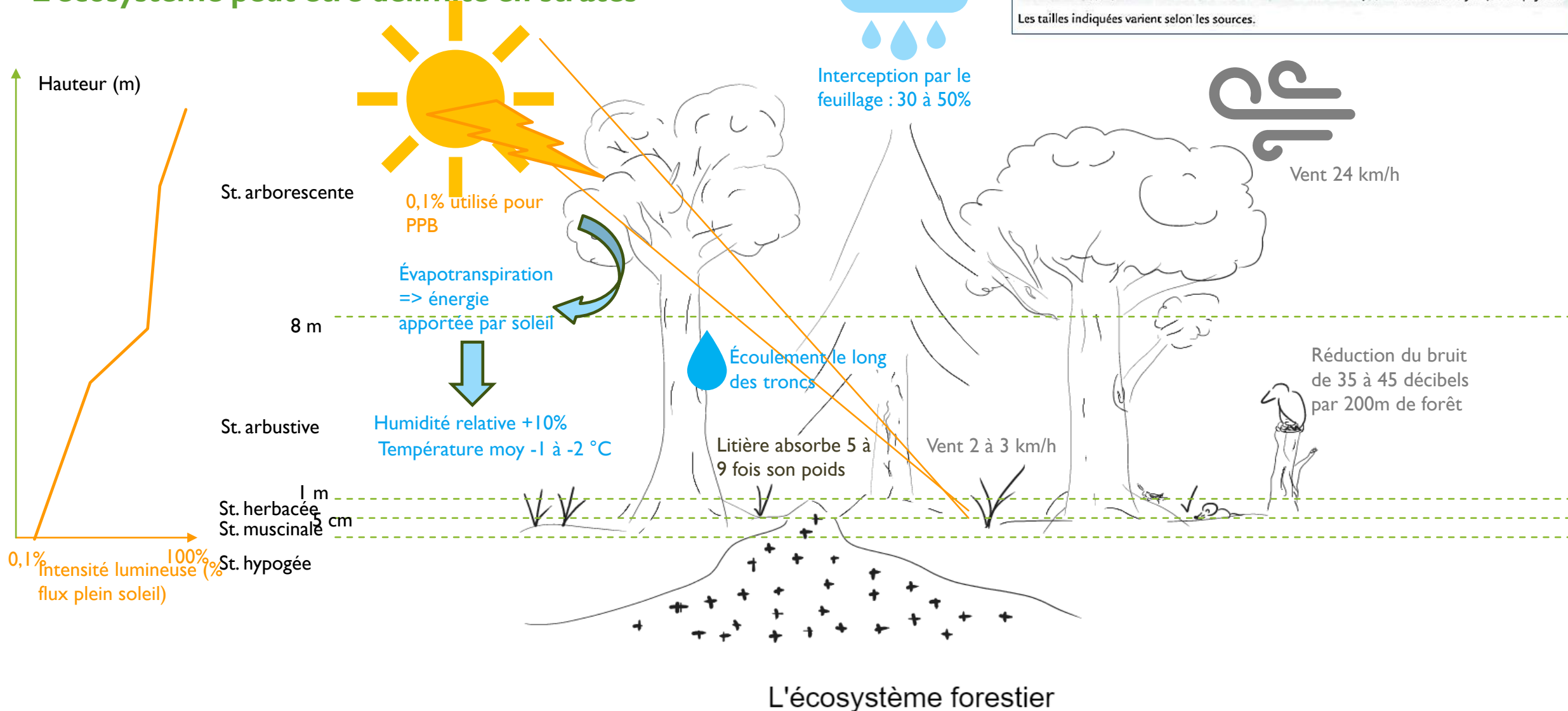
## I. Structuration spatiale d'un écosystème

### I.1. Structuration verticale

L'écosystème peut être délimité en strates

Type de strate	Hauteur	Exemples rencontrés
Strate arborée	> 8 m	Chêne, érable, hêtre, épicéa...
Strate arbustive	1 à 8 m	Sorbier, houx, if, jeunes arbres, clématites
Strate herbacée	5 cm à 1 m	Trèfles, sainfoin, bruyères, fougères, myrtiliers
Strate muscinée	0 à 5 cm	Mousses, lichens, algues, champignons
Strate hypogée	Sous la surface	Bulbe de tulipe, rhizome de muguet, champignons

Les tailles indiquées varient selon les sources.



# D. UN ÉCOSYSTÈME STRUCTURÉ



## I. Structuration spatiale d'un écosystème

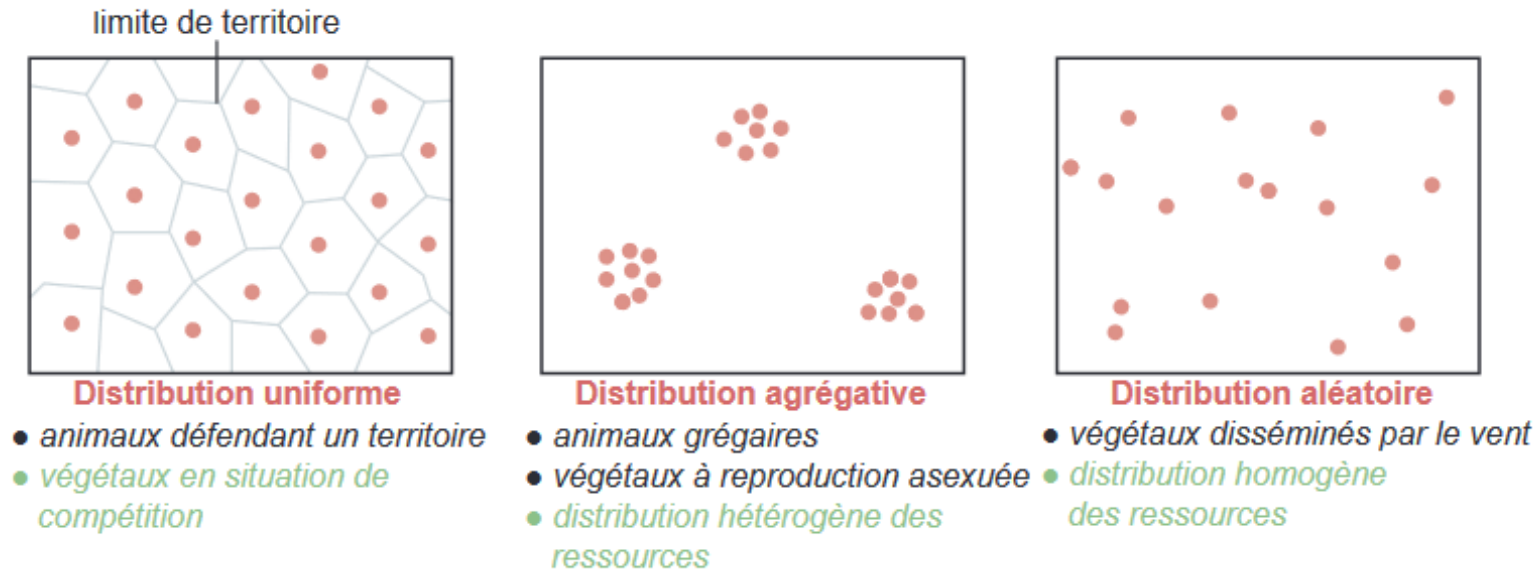
### I.2. Structuration horizontale

- **uniforme** : Buses, Noyers allélopathes, animaux défendant un territoire...

- **en agrégats** :

- pour des raisons comportementales (vaches grégaires au repos, colonies de fourmis)
- Pour des raisons reproductives (multiplication végétative par rhizomes ex : Trèfle)
- en cas **d'hétérogénéité du milieu** (haie, arbres isolés).

- **Aléatoire**: en milieu homogène, Pissenlits dont les fruits à aigrette sont disséminés par le vent.



Différentes répartitions horizontales des individus d'une population (Dunod, ed 2021)

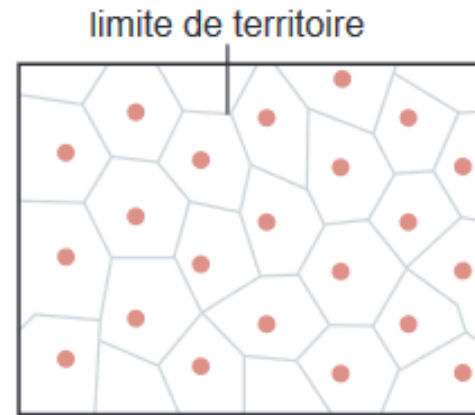
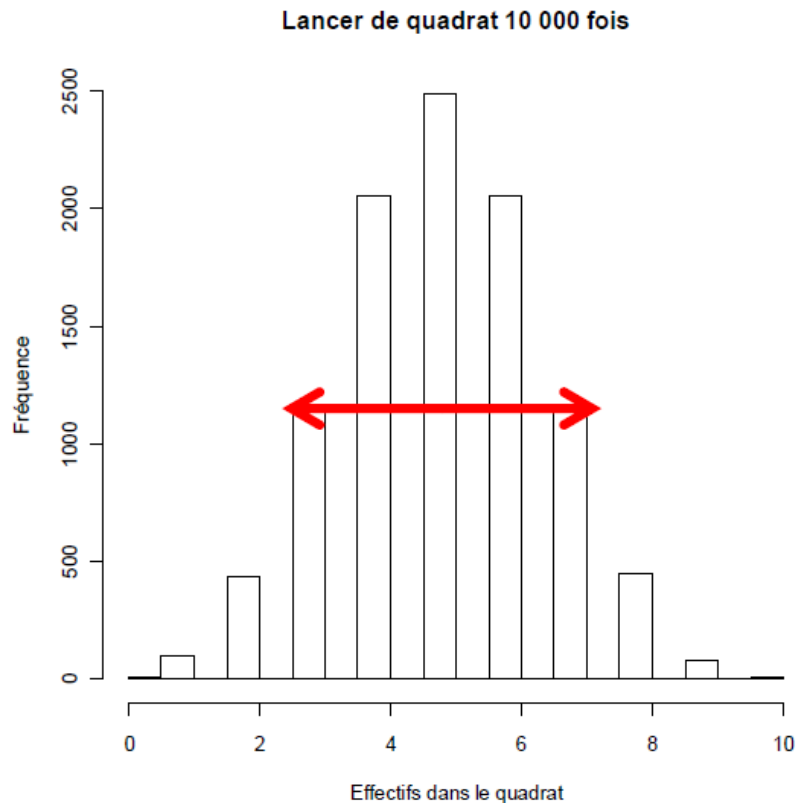
# D. UN ÉCOSYSTÈME STRUCTURÉ



## I. Structuration spatiale d'un écosystème

### I.2. Structuration horizontale

## Répartition uniforme ou homogène



Distribution uniforme

- animaux défendant un territoire
- végétaux en situation de compétition



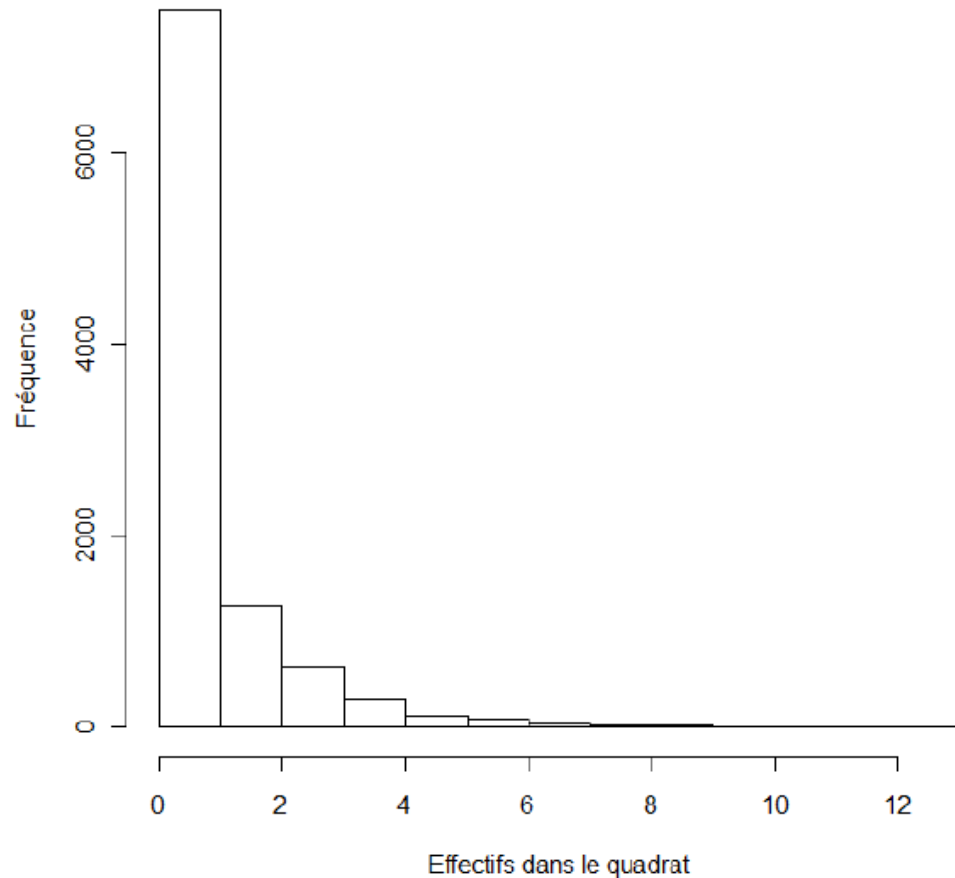
- Dans les cas de **forte compétition intraspécifique** (allélopathie chez les végétaux, territorialité chez les animaux ...)
  - ✓ *Buses, Noyers **allélopathes**, animaux défendant un territoire...*

# D. UN ÉCOSYSTÈME STRUCTURÉ

## I. Structuration spatiale d'un écosystème

### I.2. Structuration horizontale

#### Répartition agrégative



**Distribution agrégative**

- animaux grégaires
- végétaux à reproduction asexuée
- distribution hétérogène des ressources



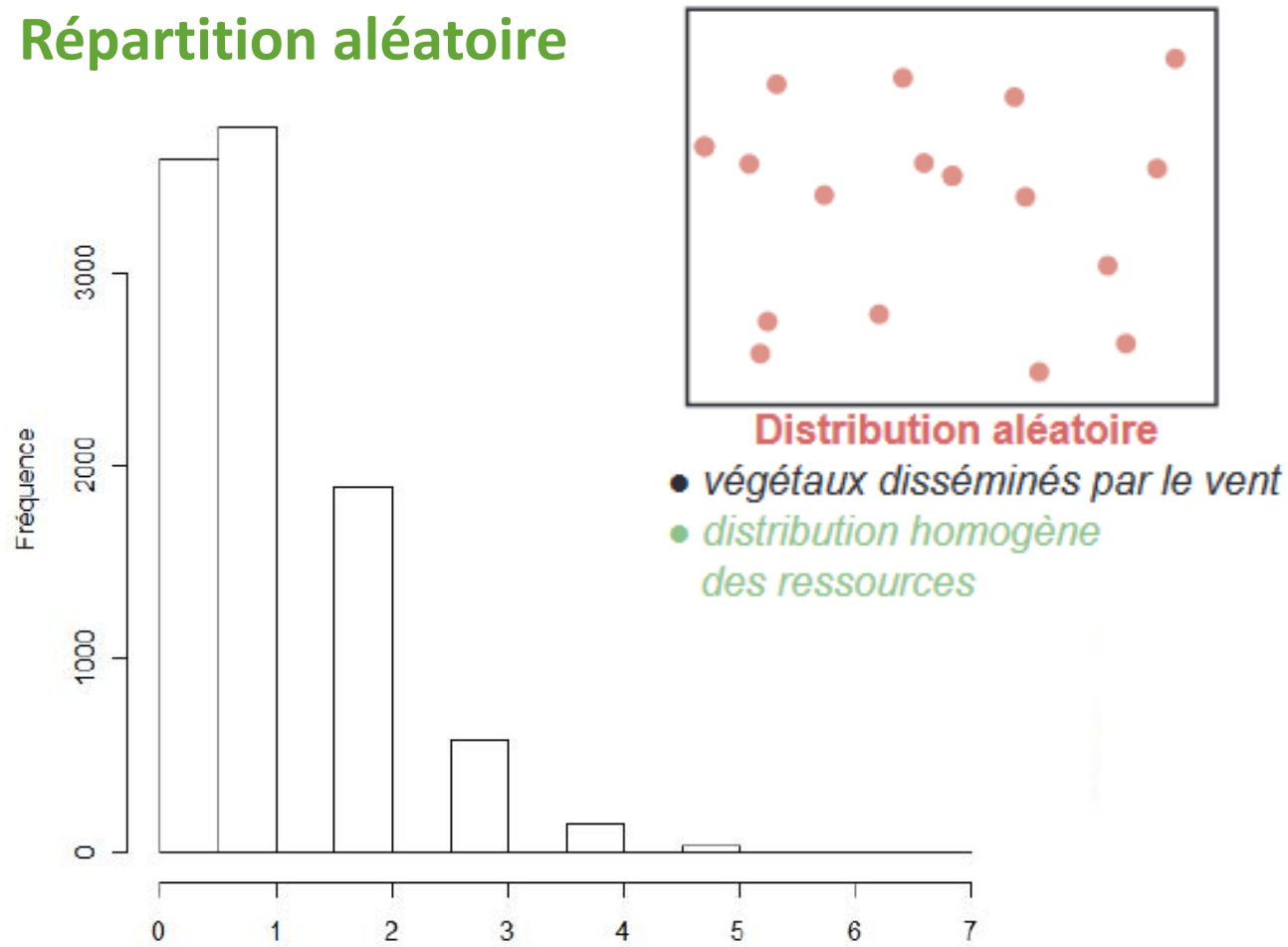
- Dans les cas de **vie sociale** ou de ressources inégalement réparties
- pour des raisons comportementales (vaches grégaires au repos, colonies de fourmis) ou reproductives (**multiplication végétative** par rhizomes ex Trèfle), ou en cas **d'hétérogénéité du milieu** (haie, arbres isolés).

# D. UN ÉCOSYSTÈME STRUCTURÉ

## I. Structuration spatiale d'un écosystème

### I.2. Structuration horizontale

#### Répartition aléatoire



<https://www.salamandre.org/article/pourquoi-le-pissenlit-prolifere/>

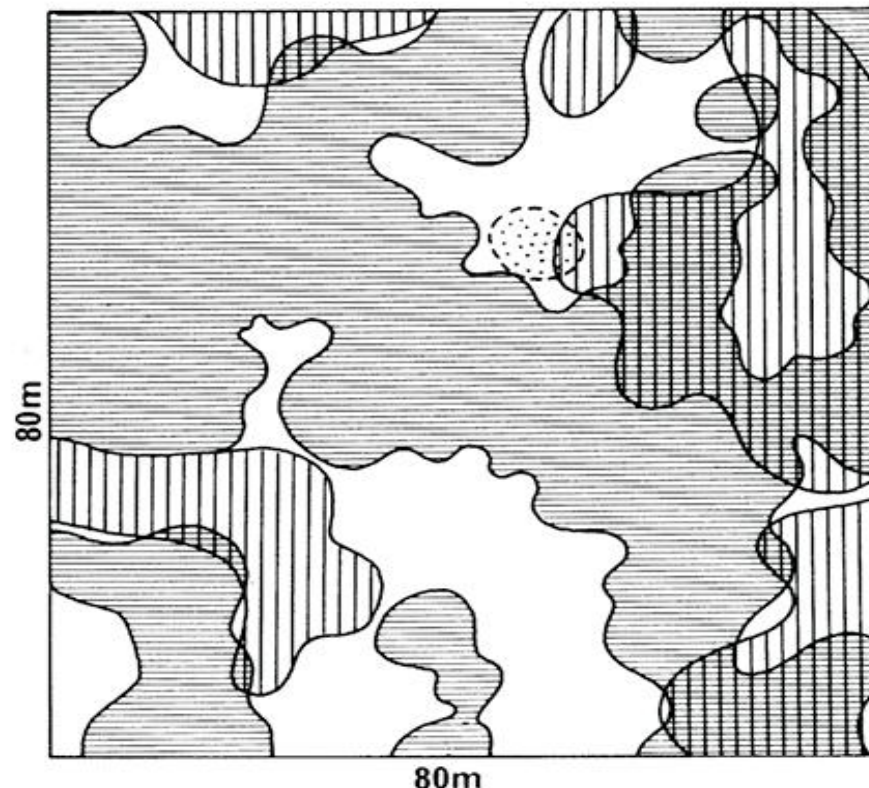
- Modalités de dispersion aléatoire, peu de compétition intraspécifique, ressources abondantes non limitantes
- en milieu homogène, Pissenlits dont les fruits à aigrette sont **disséminés par le vent**.

# D. UN ÉCOSYSTÈME STRUCTURÉ

## I. Structuration spatiale d'un écosystème

### Répartition horizontale au sein d'une forêt

- paramètres abiotiques : rocher, pente, creux
- paramètres biotiques : haie, herbacée non appétente, arbre isolé
  - ⇒ Modification locale du biotope (luminosité, vent, hygrométrie, rétention d'eau...)
  - ⇒ création de **microclimats**
  - ⇒ zonation horizontale et répartition hétérogène des espèces.



- Clairières avec semis de hêtres
- ▨ Strate arbustive (<12 m)
- ▩ Strate arborescente (>20 m)
- ▤ Fourré de ronces

Structure en mosaïque

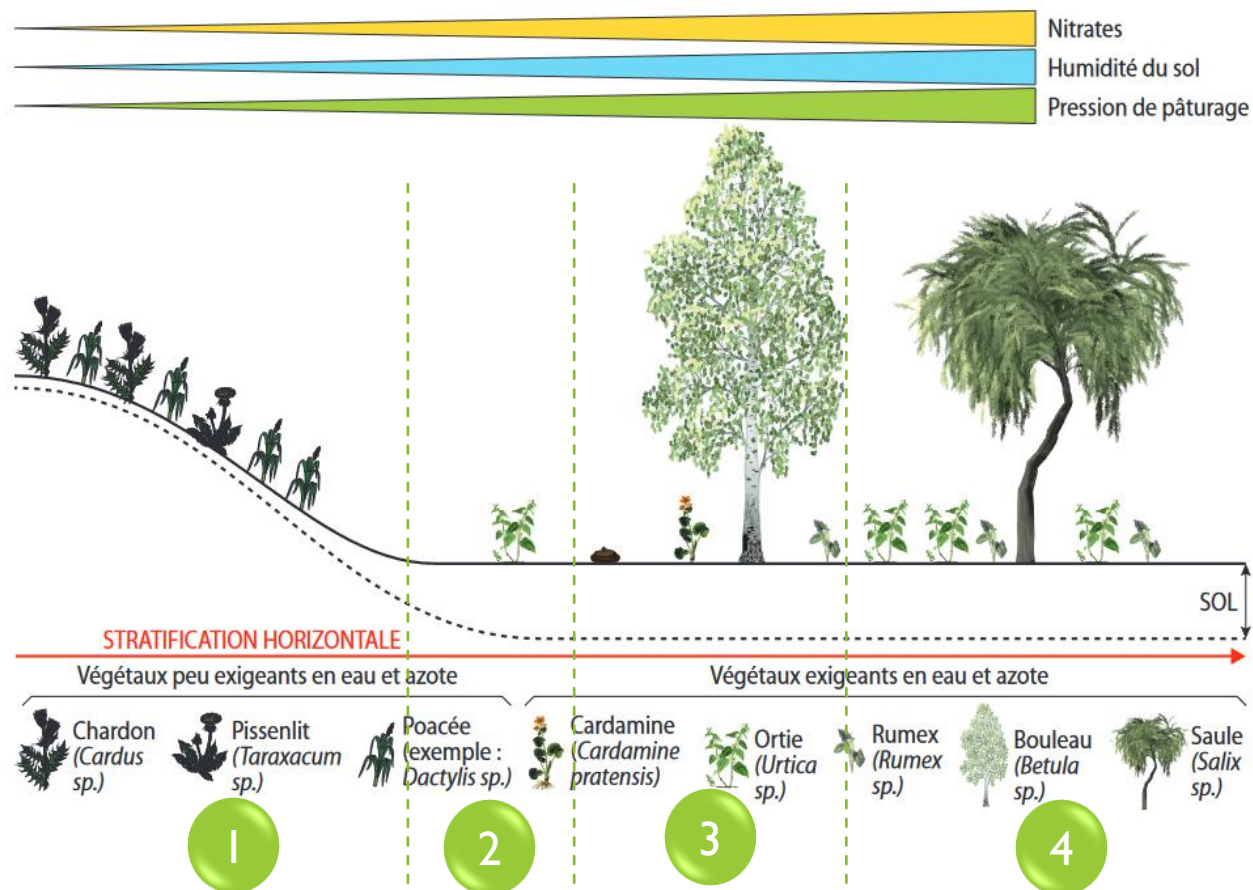
Structure spatiale d'un peuplement naturel de hêtres de la forêt de Fontainebleau

Le biotope sélectionne les espèces, la biocénose modifie en retour le biotope → il y a **INTERACTION**

# D. UN ÉCOSYSTÈME STRUCTURÉ

## I. Structuration spatiale d'un écosystème

### Répartition horizontale



- **Zone 1** : sol peu épais, fort ensoleillement, eau peu retenue (car forte pente >> fort ruissellement), faible pâturage (car pente du talus réduisant l'accès)
- **Zone 2** : sol peu épais, fort ensoleillement, eau retenue
- **Zone 3** : sol épais, fort ensoleillement, eau retenue
- **Zone 4** : sol épais, ensoleillement modéré (car ombre de l'arbre), humidité forte (car eau retenue + ombre de l'arbre)

Existence de **gradients** (azote, pression de pâturage, humidité, vent...)

⇒ répartition horizontale d'espèces

# D. UN ÉCOSYSTÈME STRUCTURÉ

## I. Structuration spatiale d'un écosystème

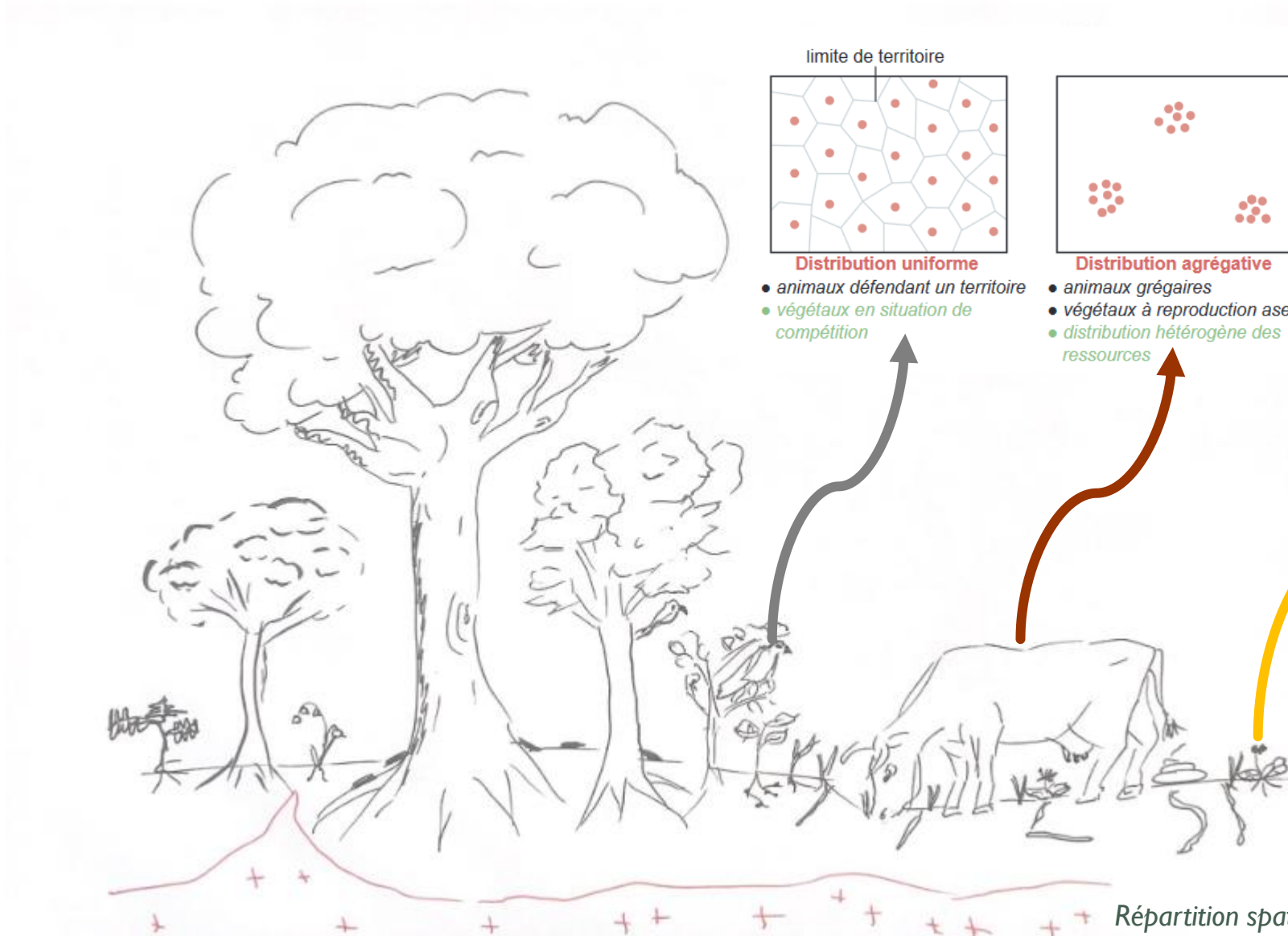
### I.2. Structuration horizontale

#### Répartition horizontale

- Piétinement du bétail sur des sols argileux en forte pente
  - ⇒ trouées et une microtopographie en terrassettes
  - ⇒ risque d'érosion et de glissement de terrain dans les endroits les plus fréquentés, comme aux abords de ce point d'eau.



- **inégalité de distribution des ressources du biotope** (eau...) ou par des **perturbations**
  - ⇒ **hétérogénéité horizontale**



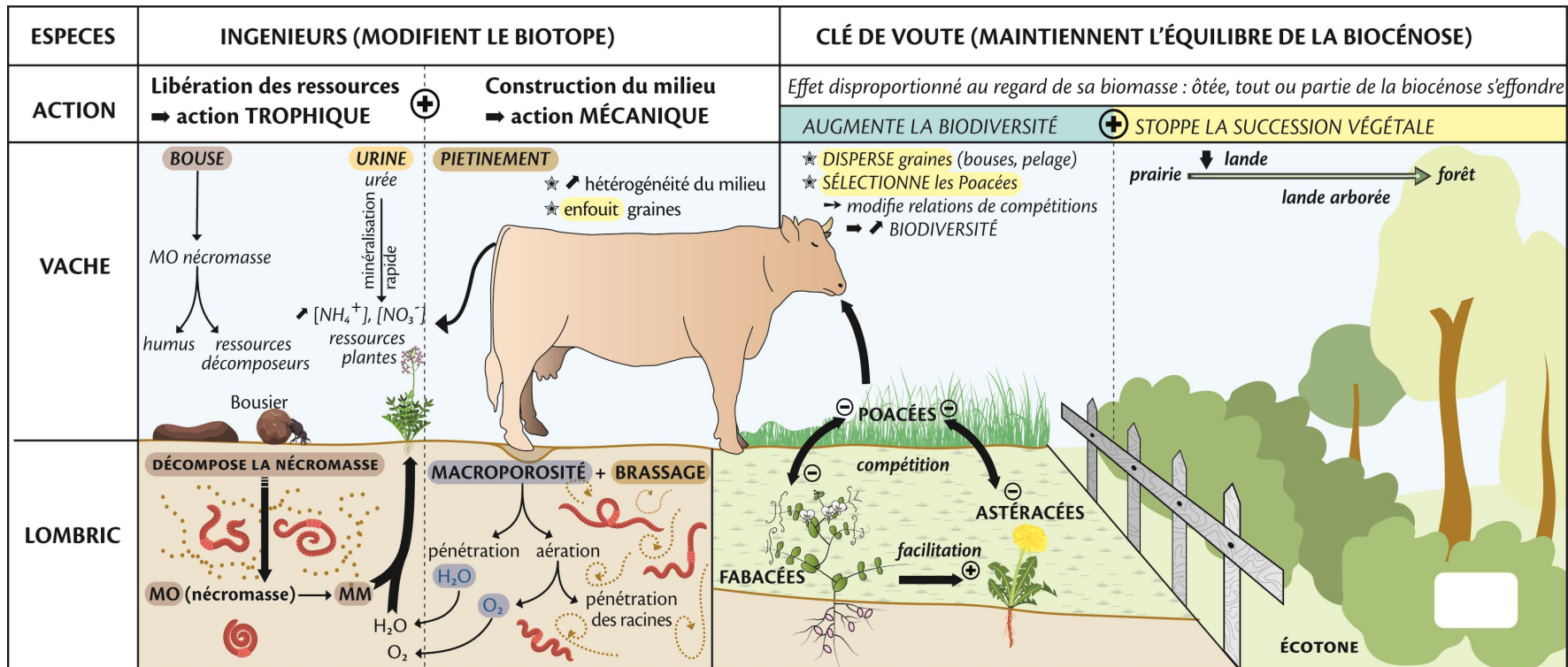
Répartition spatiale des individus de l'écosystème prairial

# D. UN ÉCOSYSTÈME STRUCTURÉ



## 2. Les espèces ingénieurs construisent le milieu ou modifient l'habitat

**Espèce ingénieur** : espèce dont la présence ou l'activité **modifie sensiblement le biotope en construisant le milieu et/ou modifiant l'habitat** des autres espèces (souvent sans directement agir sur un autre organisme) en libérant des ressources et/ou en facilitant le développement d'autres espèces.



Écotone: zone de transition entre deux écosystèmes adjacents

Illustration d'espèces ingénieurs dans l'écosystème prairial (Biologie en 2200 schémas, DeBoeck, 2022)

## 2. Les espèces ingénieurs construisent le milieu ou modifient l'habitat

### 2.1. Les lombrics, espèces ingénieurs du sol

Lombrics espèces ingénieurs du sol:

#### ■ Action mécanique :

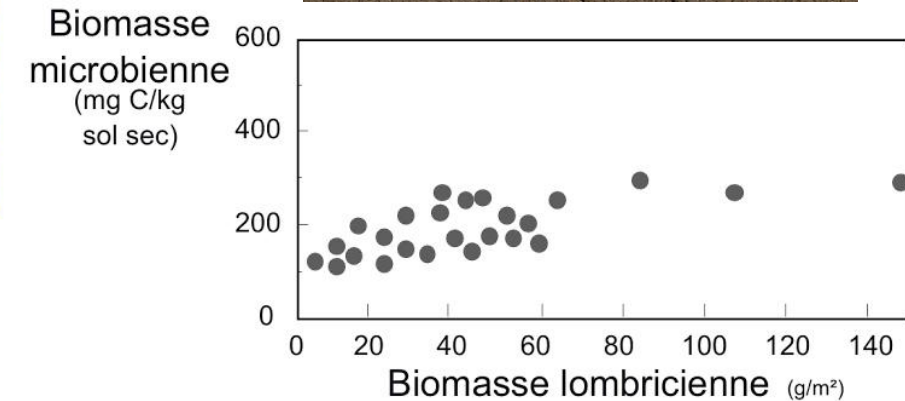
- brasse et aère le sol = bioturbations
- Facilite la circulation d'air et d'eau
- Les **turricules** (déjections) limitent le ruissellement.

Paramètres étudiés	Sol de surface	Déjections
Calcium échangeable	1,990	2,790
Magnésium échangeable	0,162	0,492
Azote (Nitrate)	0,004	0,022
Phosphore disponible	0,009	0,067
Potassium échangeable	0,032	0,358
Taux de saturation	0,074	0,093
pH	6,4	7,0

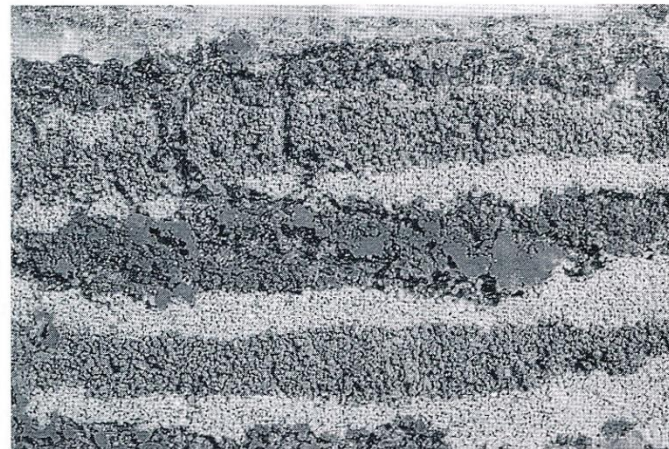
Remarque : les données d'analyse pour les sels minéraux sont exprimées en valeur pour mille.

#### ■ Action trophique :

- **décompose la nécromasse et minéralise** => enrichissement en ions minéraux, stabilisation du pH autour de 7
- influence qualitative sur la **microflore fongique et bactérienne**
- ⇒ lombrics augmentent la fertilité d'un facteur moyen de 25 % [Van Groenigen et coll., 2014],



au début de l'expérience

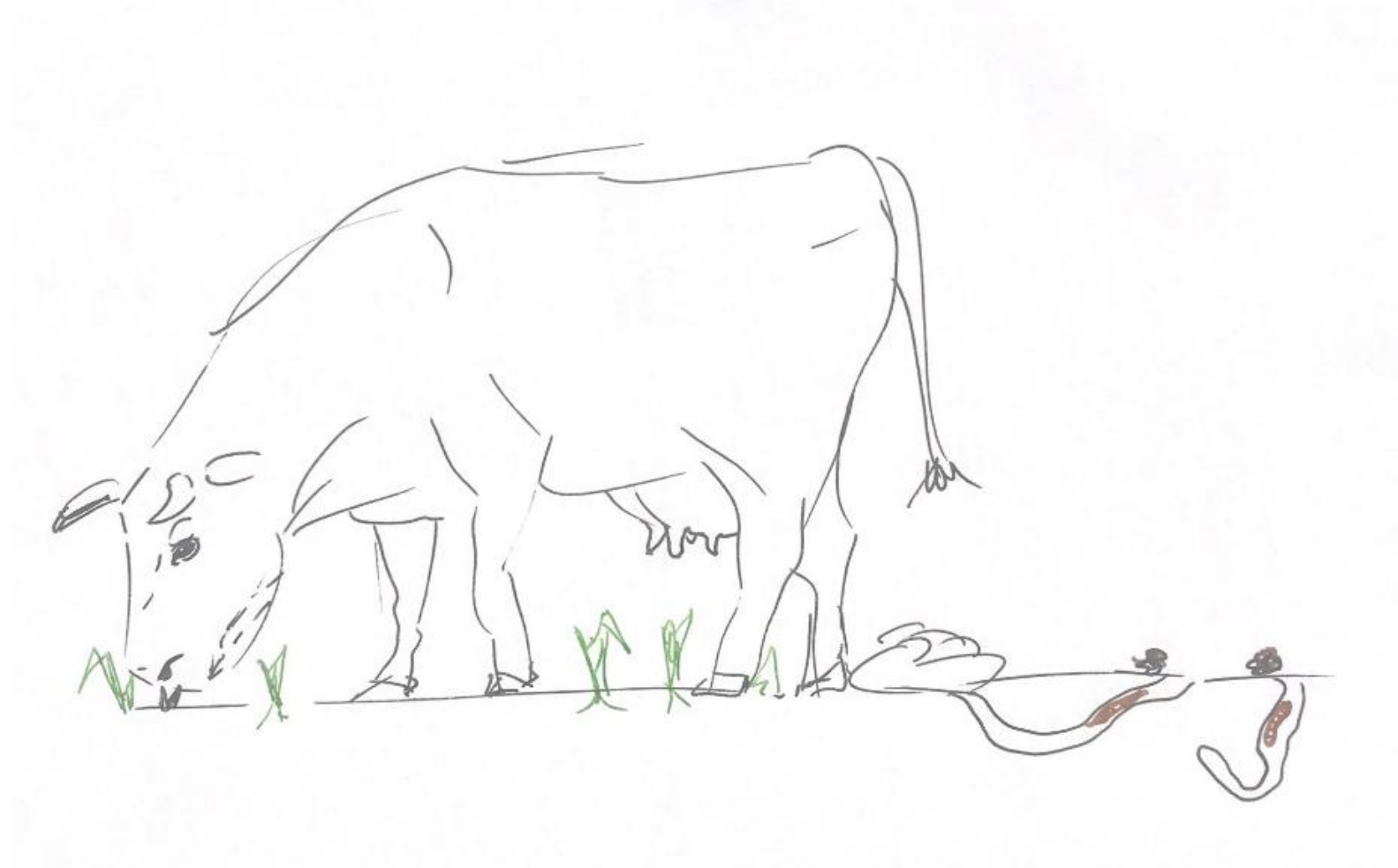


après un mois en présence de lombrics



## 2. Les espèces ingénieurs construisent le milieu ou modifient l'habitat

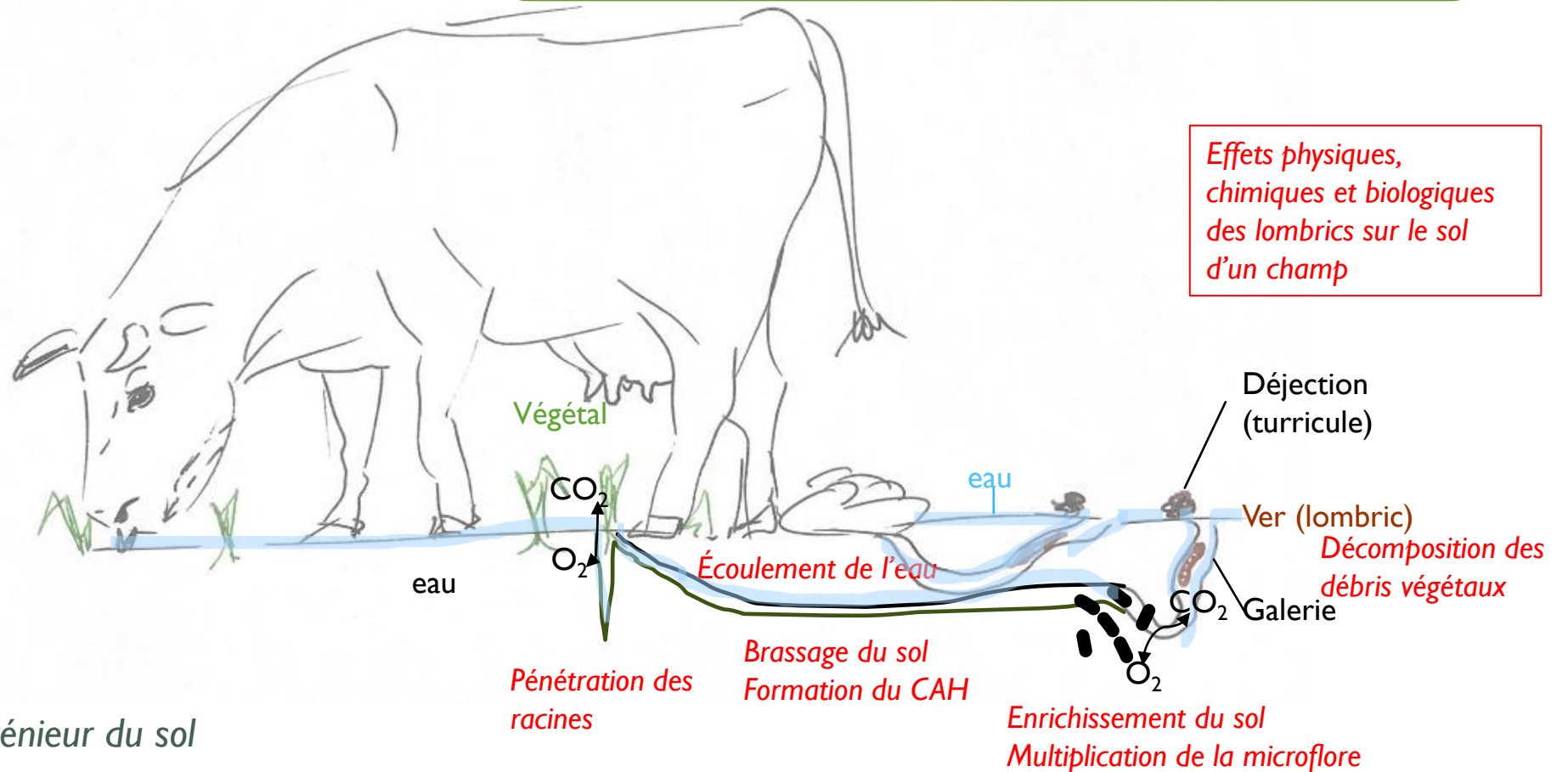
### 2.1. Les lombrics, espèces ingénieurs du sol



## 2. Les espèces ingénieurs construisent le milieu ou modifient l'habitat

### 2.1. Les lombrics, espèces ingénieurs du sol

**Espèce ingénieur** : espèce dont la présence ou l'activité **modifie sensiblement le biotope** en **construisant** le milieu et/ou **modifiant l'habitat** des autres espèces (souvent sans directement agir sur un autre organisme) en libérant des ressources et/ou en facilitant le développement d'autres espèces.

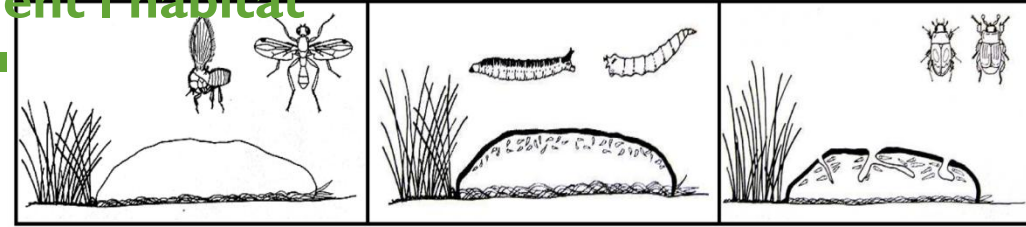


*Le lombric: une espèce ingénieur du sol*

## 2. Les espèces ingénieurs construisent le milieu ou modifient l'habitat

### 2.2. Les bovins : espèces ingénieurs de la prairie

- **Action mécanique : le piétinement enfonce les graines dans le sol** (important pour les sols en pente : les graines sont retenues dans les empreintes) et favorise **l'enracinement** des clones issus de la multiplication végétative (ex : enracinement des stolons du trèfle – cf.TP SV-A).
- **Action trophique : libération de ressources pour les autres espèces**
  - **urine** (10 à 20 l/j) augmente la biodisponibilité de **N** en restituant l'urée minéralisée en 8 jours ce qui **court-circuite la minéralisation lente de la litière**.
    - ✓ Expérience d'aspersion d'urine artificielle des champs non broutés : augmentation du couvert végétal et de la teneur en azote des feuilles.
  - **bouses** (20 kg/j= eau + MO) **fertilisent** le sol et constituent des **écosystèmes** pour d'autres organismes (coprophages).



**Phase 1 :** Evolution d'une bouse de vache. Au sortir du tube digestif les bouses sont le siège d'une activité bactérienne intense ainsi que d'une colonisation précoce par les insectes coprophiles. Diptères et Hydrophilidés sont les premiers à arriver.

**Phase 2 :** Dans les heures qui suivent le dépôt, une croûte se forme, par dessèchement de la surface. Les œufs pondus se transforment en larves. Un réseau de galeries formé par le déplacement des invertébrés permet l'oxygénation de la bouse.

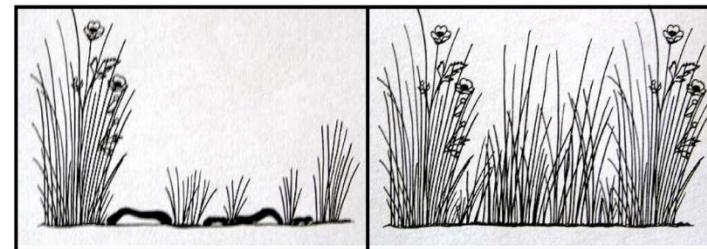
**Phase 3 :** La croûte durcit et s'épaissit mais l'intérieur reste mou. Les Coléoptères coprophages et prédateurs des différentes larves arrivent désormais.



**Phase 4 :** La bouse s'assèche de plus en plus. Les Coléoptères effectuent l'essentiel du travail d'enfouissage.

**Phase 5 :** La bouse est désormais sèche. La croûte épaisse se craquelle. L'intérieur poreux (constitué de restes de végétaux non digérés) est colonisé par la population édaphique sous-jacente, notamment par les vers de terre qui achèvent l'enfouissement.

**Phase 6 :** La bouse se craquelle et se morcelle. Des prédateurs (mammifères et oiseaux) viennent y chercher leurs proies.



**Phase 7 :** Les pluies détrempent les petits fragments qui se désagrègent rapidement ne laissant sur le sol qu'une mince couche spongieuse de débris végétaux.

**Phase 8 :** La bouse a disparu : seules des traces subsistent sur le sol. La végétation a repris ses droits...

## 2. Les espèces ingénieurs construisent le milieu ou modifient l'habitat

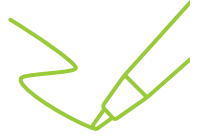
### 2.2. Les bovins : espèces ingénieurs de la prairie

- **① mouches en moins de 10 sec** (accouplement, ponte, prise alimentaire) → en 24h asticots carnivores mangeant les autres larves → 2000 larves/bouse attirant des prédateurs (coléoptères, staphylins...)
- **② petits bousiers résidents (*Aphodius*)** pondant leurs nombreux œufs dans la bouse (stratégie r de quantité = espèces prolifiques)
- **③ grands bousiers rouleurs** enfouissant leurs boules de bouse et y pondant 1 œuf par boule (stratégies K de qualité)
- → Les bousiers nettoient la prairie de ses bouses en 12 mois (au lieu de 48 mois avec les seuls facteurs physicochimiques, d'après les exp de bouses sous cloches).
- **④ Acariens, Nématodes, Papillons** attirant leurs prédateurs (Oiseaux, Blaireaux, Marmottes)

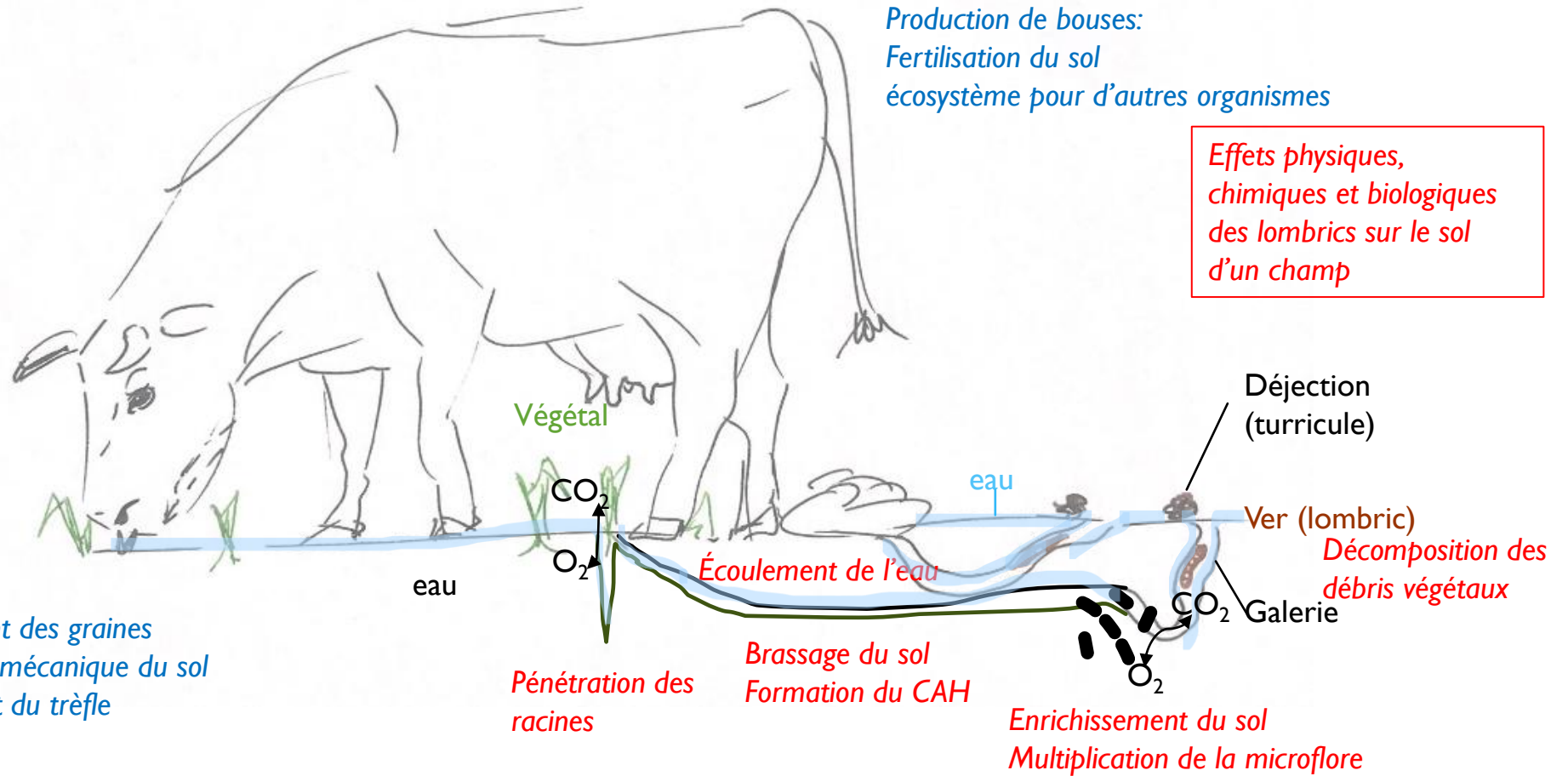


## 2. Les espèces ingénieurs construisent le milieu ou modifient l'habitat

### 2.1. Les lombrics, espèces ingénieurs du sol



Effets physiques, chimiques et biologiques de la vache sur le sol d'un champ



**Broutage :**  
Sélection des espèces  
Maintien de l'ouverture du milieu  
Formation de tiges supplémentaires par les poacées

**Piétinement:**  
Enfouissement des graines  
Structuration mécanique du sol  
Enracinement du trèfle

Le lombric et la vache : deux espèces ingénieurs de l'écosystème prairial

## 2. Les espèces ingénieurs construisent le milieu ou modifient l'habitat

### Les castors: espèces ingénieurs

- **Constat: les Castors** ont failli disparaître au début du 20<sup>ème</sup>
- Réintroduction des castors :
  - ⇒ régénération du peuplement ligneux
  - ⇒ ouverture de milieux,
  - ⇒ création de plans d'eau et de zones humides,
  - ⇒ nouveaux micro-habitats (arbre coupé, terrier, etc)
  - ⇒ une diversification des faciès d'écoulement
  - ⇒ retour de bon nombre d'espèces (Amphibiens, d'oiseaux, de libellules et de poissons,)
  - ⇒ ... mais grosse erreur en terre de feu (Patagonie) : absence de régénération des forêts de hêtre



ripisylve : végétation installée sur la berge d'un cours d'eau

*Chassé notamment pour sa fourrure, le castor est de retour en France*



**castorama**

*Désastre écologique de l'introduction (1946) du castor en terre de feu (forêt de hêtres)*

## 2. Les espèces ingénieurs construisent le milieu ou modifient l'habitat

### Les cerfs du Vercors: espèces ingénieurs

- **Constat: les cerfs du plateau du Vercors aménagent des flaques**
  - ⇒ micro-environnements humides
  - ⇒ flaques = abreuvoir aux oiseaux, aux chevreuils, aux martres, au lièvre et même au loup
  - ⇒ crottes enrichissent le sol en azote
  - ⇒ ↗ diversification des plantes



*Bain de boue pour le cerf du Vercors*



*Une troupe de becs-croisés s'abreuve dans une flaque boueuse.*

<http://www.lta38.fr/article-lynx-lynx-107119055.html>

## CONCLUSION PARTIELLE

- Un écosystème est constitué d'un biotope et d'une biocénose, pouvant être décrite à travers différents filtres selon ce qui nous intéresse.
- L'écosystème est structuré spatialement, que ce soit à travers la répartition horizontale des individus d'une population, ou la stratification verticale du peuplement biologique de l'écosystème.
- Le biotope gouverne l'implantation des espèces, car une espèce donnée ne se développe que dans des conditions physico-chimiques particulières. En outre, les espèces implantées modifient à leur tour le biotope, notamment les espèces architecte ou ingénieurs. Il y a donc une interaction entre le biotope et la biocénose. Ces espèces ingénieurs facilitent indirectement le développement d'autres êtres vivants.

# PLAN DU COURS

- I. L'écosystème, un espace circonscrit caractérisé par un biotope, une biocénose et des relations entretenues entre biotope et biocénose
  - A. La prairie, une surface biologique constituant une unité fonctionnelle
  - B. Le biotope : le milieu dans lequel évoluent les êtres vivants
  - C. La biocénose : ensemble des êtres vivants peuplant l'écosystème
  - D. Un écosystème structuré
  - E. Des influences réciproques entre biotope et biocénose
- II. Diversité des relations interspécifiques et conséquences sur la structure de l'écosystème
  - A. Comment définir une relation interspécifique ?
  - B. Une diversité de relations interspécifiques
  - C. Les relations interspécifiques dans un agrosystème
  - D. Effet des relations interspécifiques sur les niches écologiques et la biodiversité
- III. Fonctionnement des écosystèmes : des flux de matière et d'énergie dans un système ouvert
  - A. Les interactions trophiques constituent des chaînes et des réseaux trophiques
  - B. Flux de matière au sein d'un écosystème
  - C. Flux d'énergie au sein d'un écosystème
  - D. Fonctionnement d'un agrosystème : flux de matière et d'énergie
- IV. Dynamique des écosystèmes
  - A. Les perturbations des écosystèmes : une menace pour la stabilité de l'écosystème
  - B. Les successions écologiques : une dynamique naturelle suite à une perturbation
  - C. La stabilité des écosystèmes dépend de leur résistance et leur résilience
  - D. Les services écosystémiques et la gestion des écosystèmes (PRAC)

# E. DES INFLUENCES RÉCIPROQUES ENTRE BIOTOPE ET BIOCÉNOSE

## I. Influence du biotope sur la biocénose

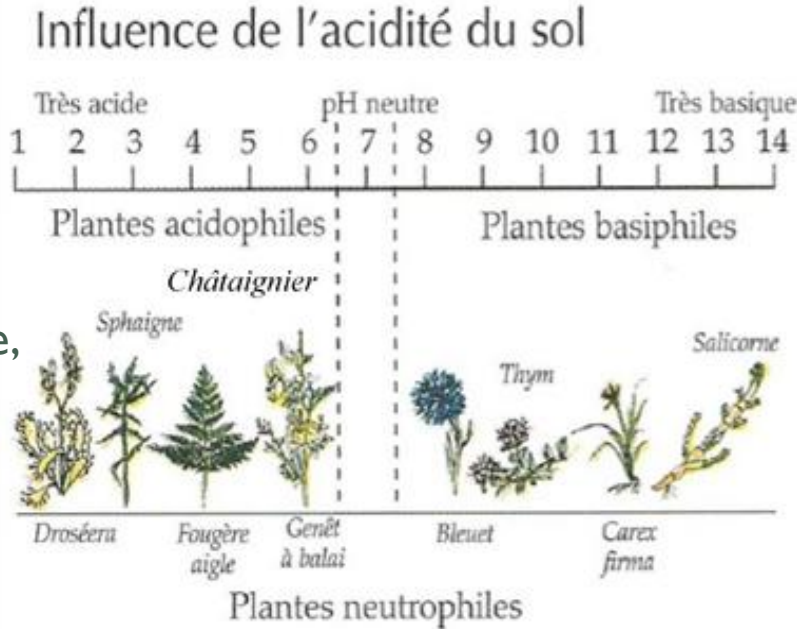
### ■ Influence du substrat sur les communautés végétales

- Plantes calcicoles (buis)
- Plantes calcifuges (myrtille)
- Plantes acidophiles (sphaigne, fougère)
- Plantes basiphiles (thym)



*Drosera* plante carnivore des tourbières acidophiles

ENCPB- BCPST1 - STÉPHANIE DALAINE

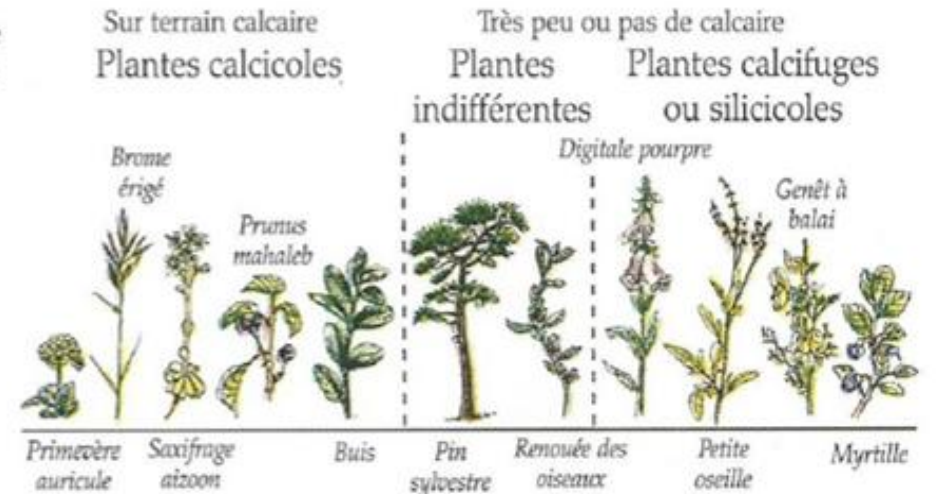


Les pH extrêmes sélectionnent sévèrement les espèces. Seules quelques-unes d'entre elles très spécialisées peuvent y s'adapter. La plupart des végétaux terrestres vivent dans une gamme moyenne de pH.



Romarin (lamiacée) plante de la garrigue (au sol calcaire) basiphile, calcicole

### Influence de la teneur en calcaire du substrat



Le calcaire soluble dans le sol influence la répartition des végétaux. Les espèces qui le fuient (calcifuges) sont souvent des plantes de sols acides (acidophiles), car un sol calcaire a un pH souvent élevé. Le calcaire y freine également l'absorption de certains éléments. Les calcicoles apprécient essentiellement les conditions écologiques induites par la présence du calcaire de sols qui se dessèchent et se réchauffent vite.

### Exigences édaphiques de diverses espèces végétales



Myrtille (souvent associée au hêtre), calcifuge<sub>97</sub>

# E. DES INFLUENCES RÉCIPROQUES ENTRE BIOTOPE ET BIOCÉNOSE

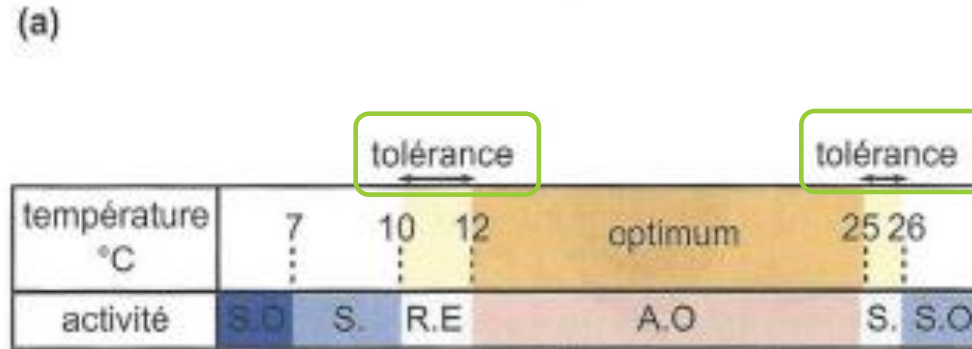


## I. Influence du biotope sur la biocénose

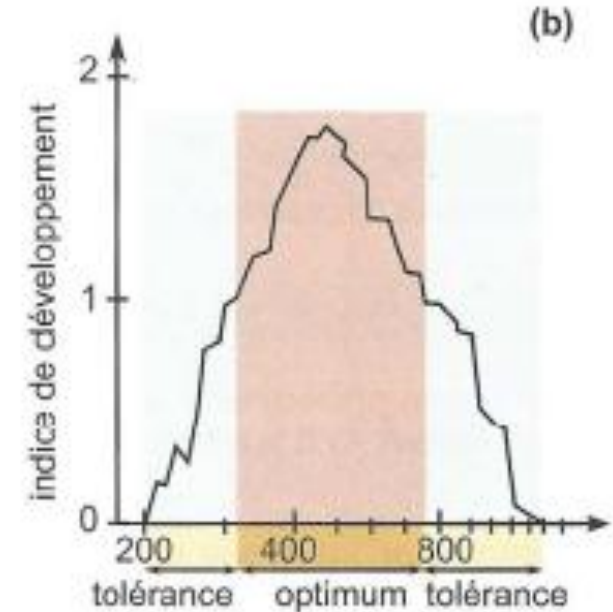
- Pour chaque espèce de l'écosystème, 3 gammes de valeurs pour chaque paramètre physico-chimique :

- Valeurs non compatibles avec la vie ou une physiologie normale
- Valeurs permettant un fonctionnement optimal : **optimum physiologique**
- Entre les 2, les conditions de **tolérance**

- Une **courbe de tolérance** représente la survie (abondance d'une population) ou une performance physiologique (croissance, activité métabolique) en fonction d'un paramètre du biotope.



S.O.: sommeil dans la coquille operculée  
 S: sommeil  
 R.E.: repos éveillé  
 A.O.: activité optimale



*Influence des 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)*



Escargot des haies



Alysson blanc

## E. DES INFLUENCES RÉCIPROQUES ENTRE BIOTOPE ET BIOCÉNOSE



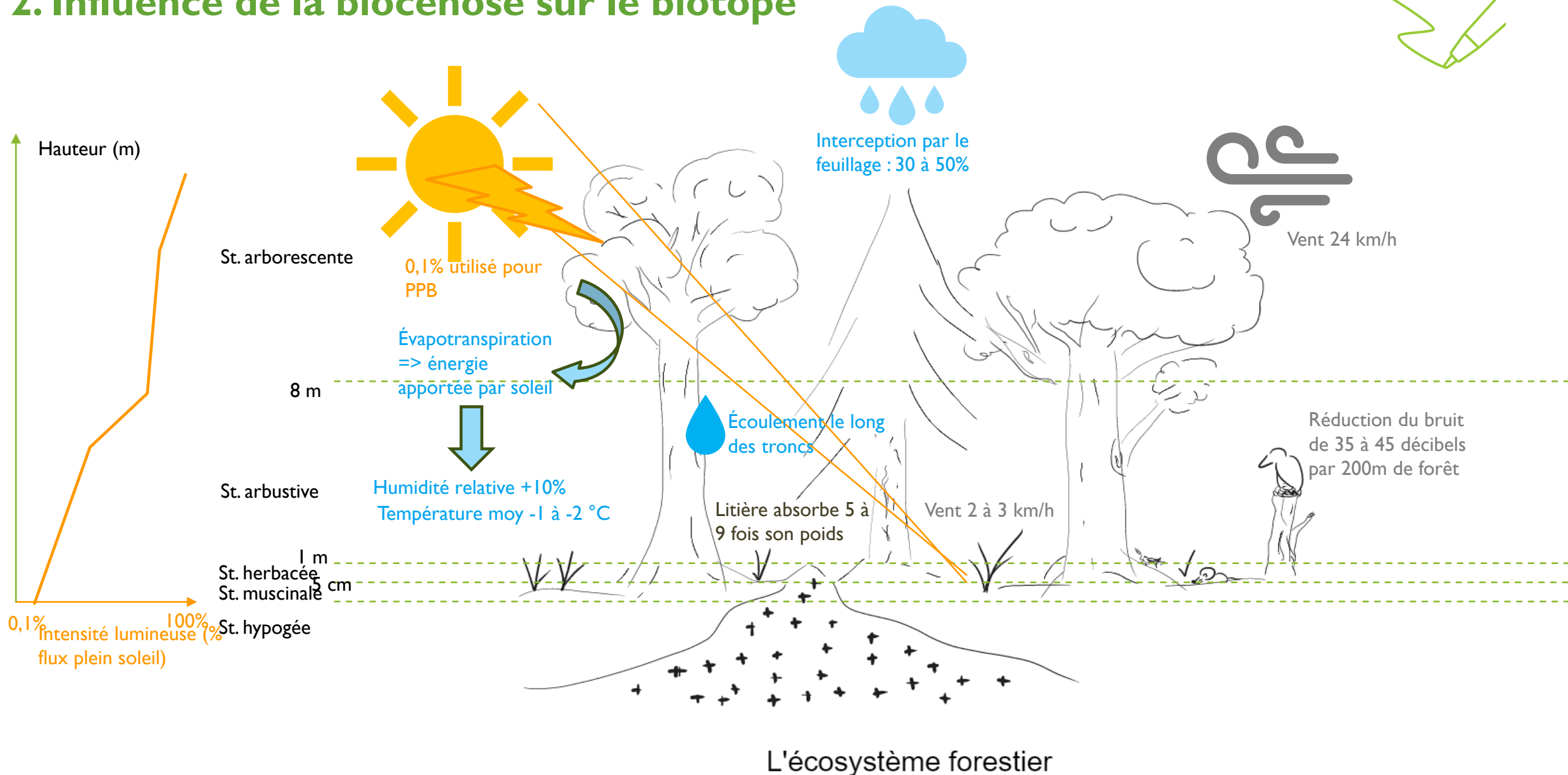
### 2. Influence de la biocénose sur le biotope

- Effet du **piétinement** par les bovins
  - Action mécanique
- **acidification** du sol par certaines espèces. Ex : Epicéa
  - Action chimique
- action **brise-vent** des haies (fondamental pour l'élevage)
  - Action mécanique
- Végétation d'une forêt → **cycle de l'eau** par **évapotranspiration** foliaire (cf rivières atmosphériques, SV-B)
- Arbres d'une forêt → modification du biotope → **microclimat** (luminosité et vent faible (convection faible))
  - forte humidité
  - milieu **tamponné** thermiquement
  - ⇒ biotope modifie en retour le développement des arbres (cf. luminosité) : interaction au sein des paramètres abiotiques et biotiques dans la forêt



# E. DES INFLUENCES RÉCIPROQUES ENTRE BIOTOPE ET BIOCÉNOSE

## 2. Influence de la biocénose sur le biotope



## E. DES INFLUENCES RÉCIPROQUES ENTRE BIOTOPE ET BIOCÉNOSE



### 3. Impact de l'homme sur les agroécosystèmes

#### 3.1. Impact sur le biotope :

- amendements, engrais, irrigation, cultures et élevages dans des bâtiments



Amendement calcaire (chaulage)

#### 3.2. Impact sur la biocénose :

- certains êtres vivants choisis par l'agriculteur (les plantes cultivées, les animaux élevés) ; d'autres spécifiquement éliminés (adventices des cultures = « mauvaises herbes ») ; ex: chiendent, liseron, bleuet, coquelicot = plantes messicoles)

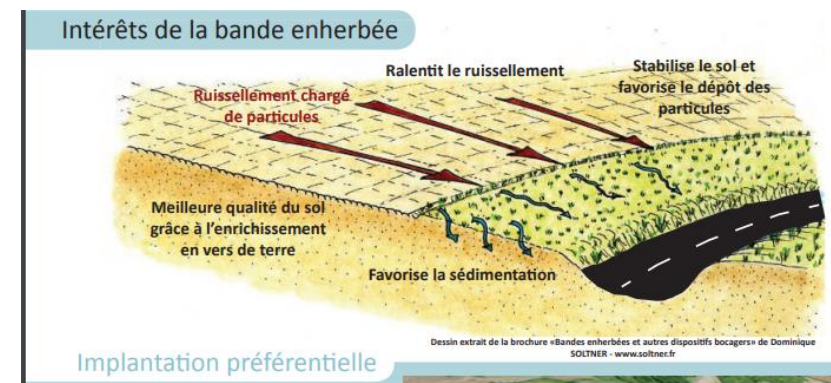


Plante messicole (coquelicot, bleuet)



Plante messicole (chiendent sur blé tendre)

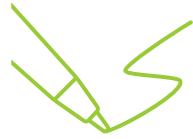
- Les infrastructures agro écologiques** = tout habitat semi-naturel d'un agroécosystème où la dynamique naturelle est favorisée. Exemple : prairies permanentes, bandes enherbées en bord de route, haies, arbres isolés, lisière de forêt, zones humides
- Ces infrastructures agroécologiques jouent le rôle de **refuge** qui favorise la diversité végétale et augmente ainsi la richesse spécifique végétale.



Bande enherbée



# BILAN: L'ÉCOSYSTÈME PRAIRIE



Érosion, lessivage, lixiviation  
Minéralisation excessive →  
destruction du CAH

Pollution des nappes  
phréatiques, diminution de la  
biodiversité, (diminution des  
insectes pollinisateurs →  
diminution des oiseaux  
insectivores → diminution  
des carnivores →  
augmentation des cervidés  
→ disparition des jeunes  
pousses d'arbres)

Érosion du sol et de la  
biodiversité florale  
Absence de bande enherbée  
30 cm  
Érosion, lixiviation

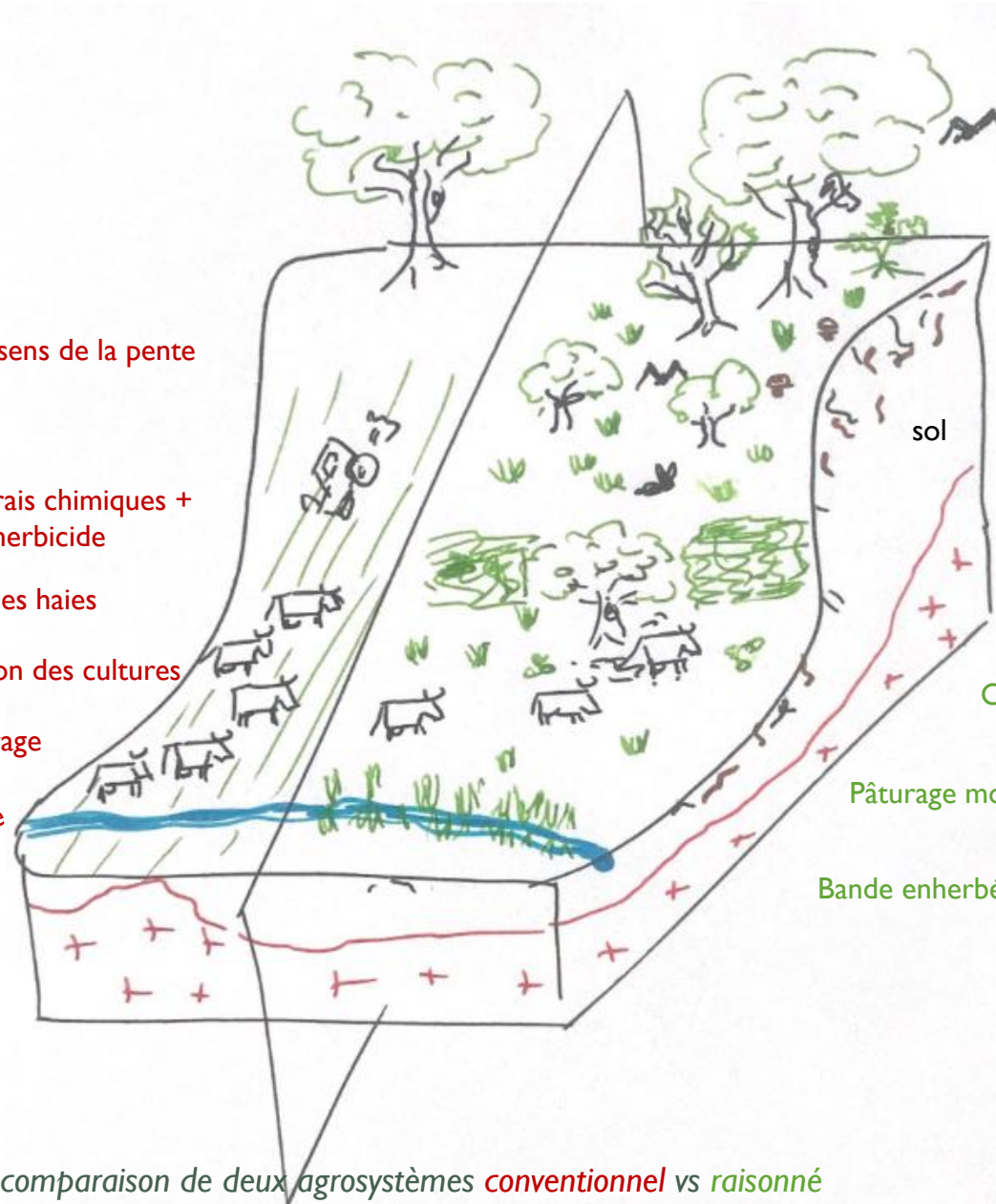
← Labour dans le sens de la pente

← Apport d'engrais chimiques +  
insecticide + herbicide

← Destruction des haies

← Absence de rotation des cultures

← Surpâturage



Forêt → Maintien de la biodiversité  
Nbreux services  
écosystémiques  
(combustible, construction,  
chasse, écotourisme)

Pédofaune (lombrics, amibes,  
champignons, bactéries,  
collemboles, ...)  
1 m

lande → Entretien de la biodiversité  
et évolution vers la forêt

haie → Augmentation de la biodiversité  
Diminution des ravageurs  
augmentation des oiseaux  
ombre

Chêne isolé → Ombre/protection contre  
vent/pluie (bien-être animal)

Pâturage modéré → Services de production tout  
en maintenant la biodiversité

Bande enherbée → Limite l'érosion  
Diminution de la pollution  
des eaux

# PLAN DU COURS

- I. L'écosystème, un espace circonscrit caractérisé par un biotope, une biocénose et des relations entretenues entre biotope et biocénose
  - A. La prairie, une surface biologique constituant une unité fonctionnelle
  - B. Le biotope : le milieu dans lequel évoluent les êtres vivants
  - C. La biocénose : ensemble des êtres vivants peuplant l'écosystème
  - D. Un écosystème structuré
  - E. Des influences réciproques entre biotope et biocénose
- II. Diversité des relations interspécifiques et conséquences sur la structure de l'écosystème
  - A. Comment définir une relation interspécifique ?
  - B. Une diversité de relations interspécifiques
  - C. Les relations interspécifiques dans un agrosystème
  - D. Effet des relations interspécifiques sur les niches écologiques et la biodiversité
- III. Fonctionnement des écosystèmes : des flux de matière et d'énergie dans un système ouvert
  - A. Les interactions trophiques constituent des chaînes et des réseaux trophiques
  - B. Flux de matière au sein d'un écosystème
  - C. Flux d'énergie au sein d'un écosystème
  - D. Fonctionnement d'un agrosystème : flux de matière et d'énergie
- IV. Dynamique des écosystèmes
  - A. Les perturbations des écosystèmes : une menace pour la stabilité de l'écosystème
  - B. Les successions écologiques : une dynamique naturelle suite à une perturbation
  - C. La stabilité des écosystèmes dépend de leur résistance et leur résilience
  - D. Les services écosystémiques et la gestion des écosystèmes (PRAC)

## II. DIVERSITÉ DES RELATIONS INTERSPÉCIFIQUES ET CONSÉQUENCES SUR LA STRUCTURE DE L'ÉCOSYSTÈME

### A. COMMENT DÉFINIR UNE RELATION INTERSPÉCIFIQUE ?

Fitness (=valeur sélective ou succès reproducteur)  
:  $w = \text{viabilité} \times \text{fécondité}$

- Relations interspécifiques
  - ⇒ Valeur sélective ou fitness pour chaque espèce
- Fitness = survie x fécondité
  - ⇒ Succès reproducteur
- N.B. si longue survie mais aucun descendant
  - ⇒ Fitness nulle

	<b>+</b> (positive)	<b>0</b> (neutre)	<b>-</b> (négative)
<b>+</b>			
<b>0</b>			
<b>-</b>			

*Catégorisation des relations interspécifiques*

## II. DIVERSITÉ DES RELATIONS INTERSPÉCIFIQUES ET CONSÉQUENCES SUR LA STRUCTURE DE L'ÉCOSYSTÈME

### A. COMMENT DÉFINIR UNE RELATION INTERSPÉCIFIQUE ?



- Relations interspécifiques

- ⇒ Valeur sélective ou fitness pour chaque espèce
- **Fitness = survie x fécondité**
- ⇒ Succès reproducteur
- N.B. si longue survie mais aucun descendant
- ⇒ Fitness nulle

		Conséquence pour l'espèce A		
		+ (positive)	0 (neutre)	- (négative)
Conséquence pour l'espèce B	+	Mutualisme (symbiose)	commensalisme	Exploitation/ prédation/ parasitisme
	0		neutralisme	amensalisme
	-			compétition

*Catégorisation des relations interspécifiques*

# PLAN DU COURS

- I. L'écosystème, un espace circonscrit caractérisé par un biotope, une biocénose et des relations entretenues entre biotope et biocénose
  - A. La prairie, une surface biologique constituant une unité fonctionnelle
  - B. Le biotope : le milieu dans lequel évoluent les êtres vivants
  - C. La biocénose : ensemble des êtres vivants peuplant l'écosystème
  - D. Un écosystème structuré
  - E. Des influences réciproques entre biotope et biocénose
- II. Diversité des relations interspécifiques et conséquences sur la structure de l'écosystème
  - A. Comment définir une relation interspécifique ?
  - B. Une diversité de relations interspécifiques
  - C. Les relations interspécifiques dans un agrosystème
  - D. Effet des relations interspécifiques sur les niches écologiques et la biodiversité
- III. Fonctionnement des écosystèmes : des flux de matière et d'énergie dans un système ouvert
  - A. Les interactions trophiques constituent des chaînes et des réseaux trophiques
  - B. Flux de matière au sein d'un écosystème
  - C. Flux d'énergie au sein d'un écosystème
  - D. Fonctionnement d'un agrosystème : flux de matière et d'énergie
- IV. Dynamique des écosystèmes
  - A. Les perturbations des écosystèmes : une menace pour la stabilité de l'écosystème
  - B. Les successions écologiques : une dynamique naturelle suite à une perturbation
  - C. La stabilité des écosystèmes dépend de leur résistance et leur résilience
  - D. Les services écosystémiques et la gestion des écosystèmes (PRAC)

## B. UNE DIVERSITÉ DE RELATIONS INTERSPÉCIFIQUES

### I. Des relations de facilitation

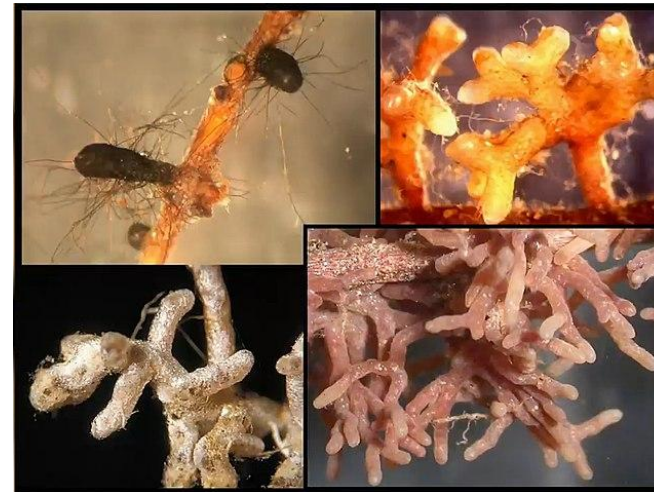
- **Coopération** si transitoire et non intime
- **Symbiose** si durable et intime
- Quelques caractéristiques des symbioses :
  - **Spécificité** de l'interaction
  - Intimité de l'interaction
  - Nécessité de l'interaction
  - **Echanges génétiques** plus ou moins fréquents
  - **Coévolution** entre les partenaires de la symbiose
  - Bénéfices variables : protection, reproduction, nutrition



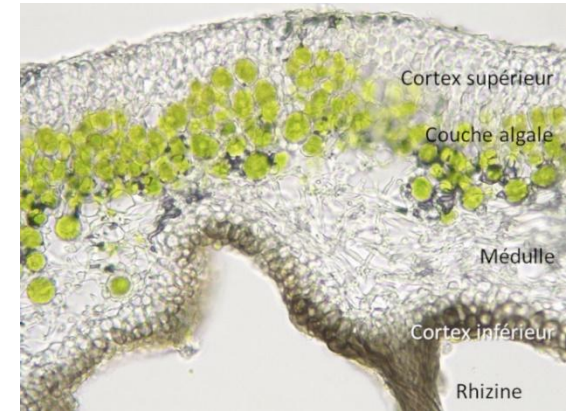
L'interaction puceron fourmi est du commensalisme, et devient mutualisme en présence de coccinelle



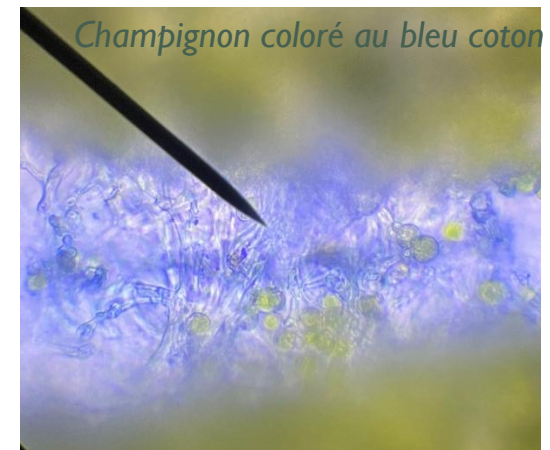
Bactéries fixatrices d'azote associées aux racines des Fabacées



Ectomycorhize racinaire (mutualisme)

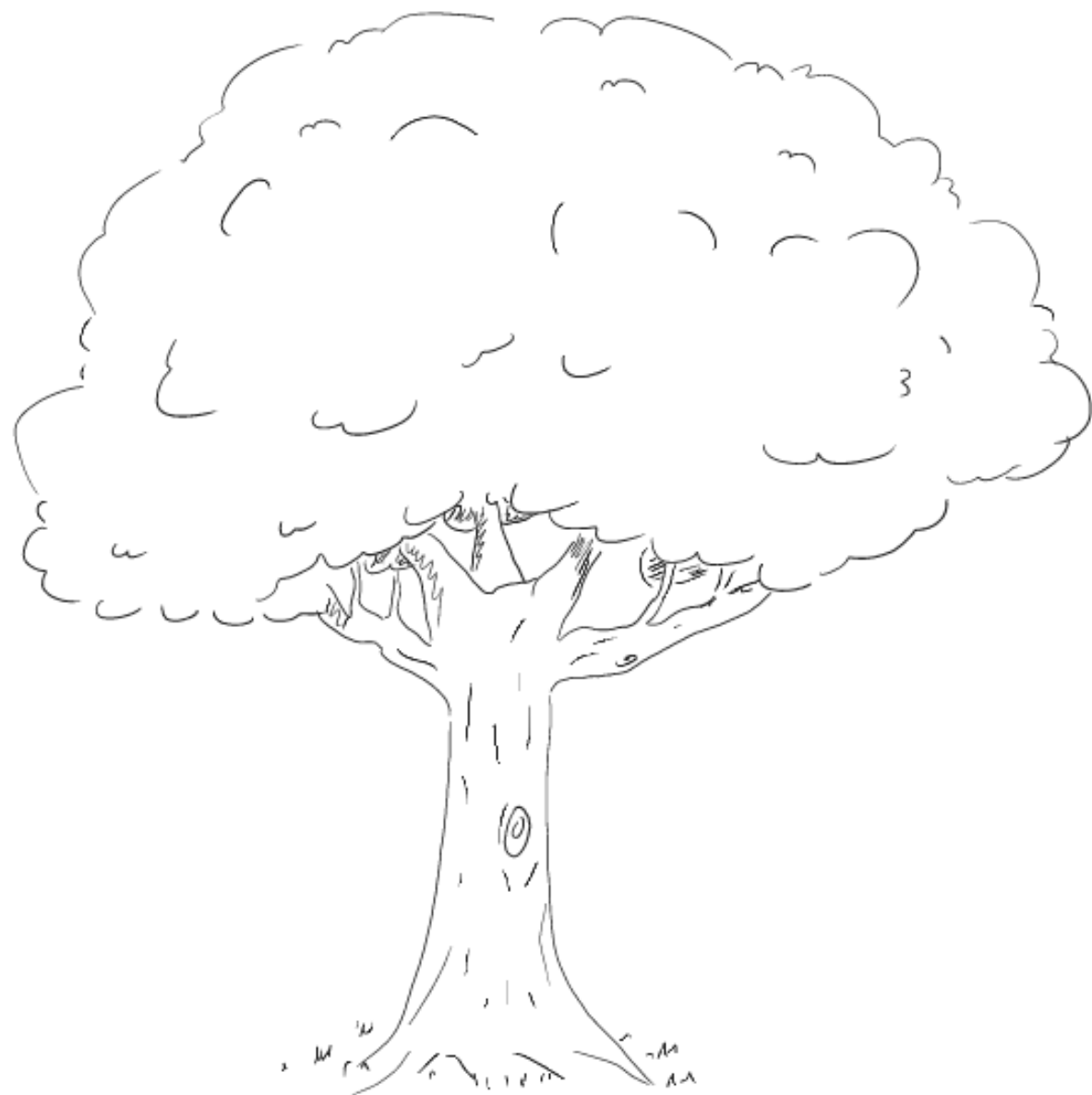


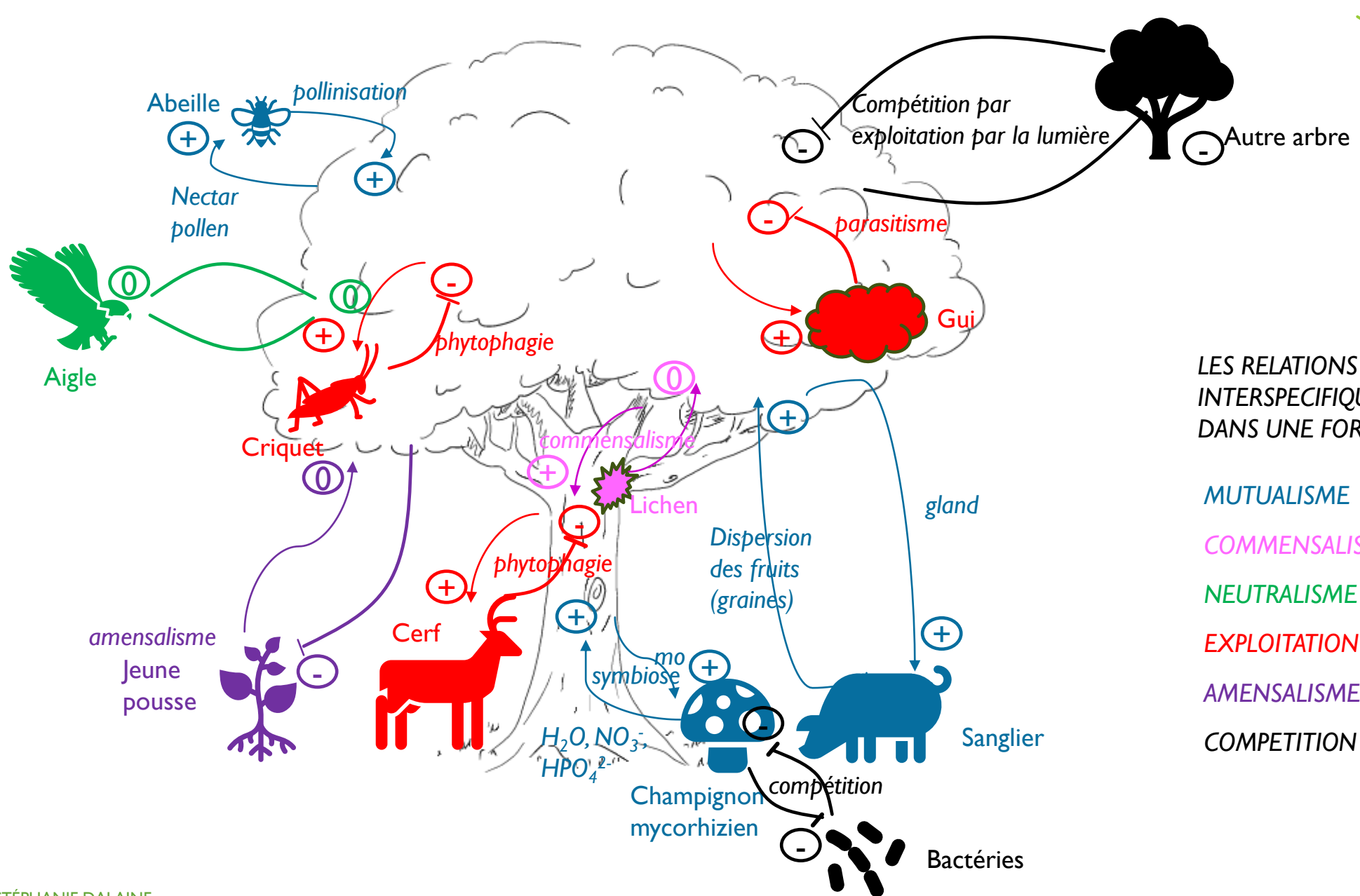
Symbiose entre algue et champignon dans le cas du lichen



Héron garde-bœuf







LES RELATIONS INTERSPECIFIQUES DU CHENE DANS UNE FORET/

- MUTUALISME
- COMMENSALISME
- NEUTRALISME
- EXPLOITATION
- AMENSALISME
- COMPETITION

## B. UNE DIVERSITÉ DE RELATIONS INTERSPÉCIFIQUES

### 2. Des relations d'exploitation

#### ■ Relations mangeur-mangé

- **Herbivorie ou phytophagie** : exemple Vache / Fabacée (trèfle, luzerne, ....) ou Vache / Poacée (fétuque, ...) ; insectes xylophages du bois (ex : scolytes)
- **Prédation** : exemple Buse ou renard / campagnol ou mulot ; homme et espèces chassées ou élevées
- **Parasitisme** : relation **durable et intime** entre le parasite et son hôte et qui ne tue pas l'hôte.
  - ✓ Exemples : Gui ; galles des arbres = boursouflures abritant les larves d'un insecte ou d'un acarien ayant pondu dans les feuilles cf microclimats d'un arbre (cf Faurie) ; Tique / Vache

**Relations d'exploitation** : positive pour un partenaire et négative pour l'autre



Relation d'exploitation de type phytophagie



Relation d'exploitation de type prédation



Relation d'exploitation de type parasitisme (ex Gui)



Relation d'exploitation de type parasitoïde (guêpe parasitoïde)

## B. UNE DIVERSITÉ DE RELATIONS INTERSPÉCIFIQUES

### 2. Des relations d'exploitation

- **Parasitisme** : relation durable et intime entre le parasite et son hôte et qui ne tue pas l'hôte.

Exemples : Gui

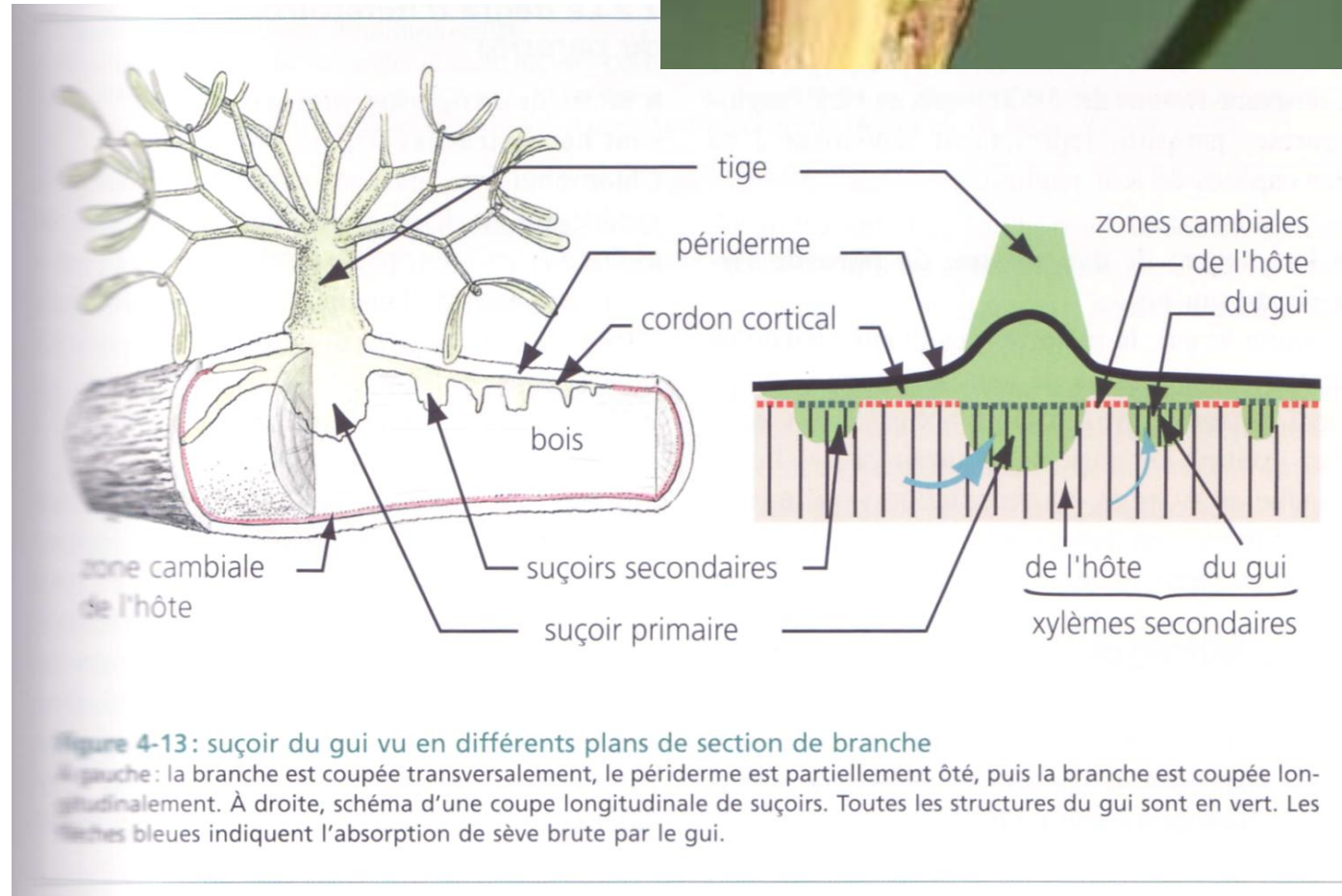
Le gui produit des cordons progressant sous l'écorce de l'arbre parasité, ces cordons génèrent des **suçoirs** qui se greffent sur le xylème secondaire de l'arbre : **les suçoirs prélèvent ainsi la sève brute de l'hôte.**



Relation d'exploitation de type parasitisme (ex Gui)



Emergence du suçoir du gui, déposé par les fientes d'oiseaux (ex Gui)



Le Gui blanc, parasite d'arbres comme le pommier, le peuplier, le tilleul, le saule

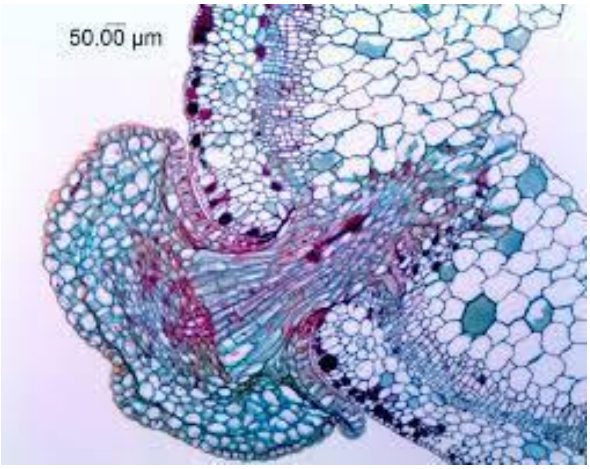
# I. Des relations interspécifiques d'exploitation



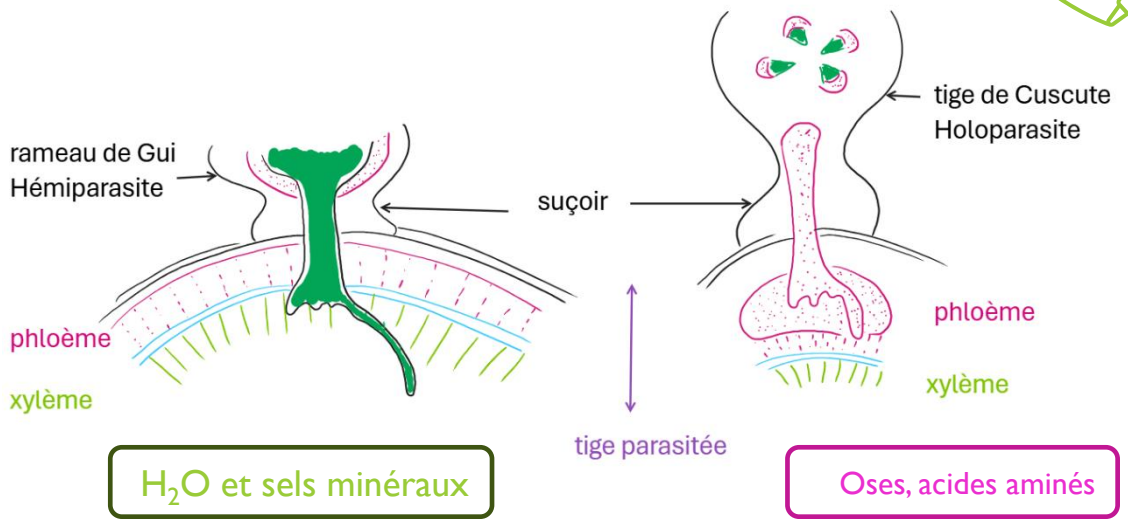
Orobanche, chimioorganohétérotrophe  
⇒ Holoparasite



Cuscute, chimioorganohétérotrophe  
⇒ Holoparasite



Gui: photolithoautotrophe  
⇒ hémiparasite de végétaux ligneux



La Cuscute via ses suçoirs envahit les tubes de phloème => hétérotrophe au C = holoparasite

## B. UNE DIVERSITÉ DE RELATIONS INTERSPÉCIFIQUES

### 2. Des relations d'exploitation



*Orobanche, plante parasite*



*Raflesia, plante parasite, et caractérisée par une odeur de viande en putréfaction*



*Puceron, insectes parasites, présentant un stylet perforant et prélevant la sève élaborée*

## B. UNE DIVERSITÉ DE RELATIONS INTERSPÉCIFIQUES

### 2. Des relations d'exploitation

Diversité des relations d'exploitation

Durée de l'interaction



**parasitisme**  
Prélèvement de matière sur l'hôte sans le tuer

**parasitoïdes**  
Sacrifice de l'hôte à un stade de développement

**Phytophagie**  
Consommation des parties accessibles → régénérescence possible

**Prédation**  
sensu stricto  
Chasse → mort → consommation

Degré de létalité



Une tique adulte (*Ixodes ricinus* mâle)  
(source Wikipédia)



*Trichogramma dendrolimi* femelle en train de pondre sur l'œuf d'un papillon noctuidé.



Prim'Holstein (S. Dalaine)



Loup gris commun (Wikipédia)

## B. UNE DIVERSITÉ DE RELATIONS INTERSPÉCIFIQUES

### 2. Des relations d'exploitation

Exemple de prédateurs:  
Buse, geais, taupe



Caractéristiques du prédateur:  
Mobilité forte  
Développement des organes sensoriels  
Développement du système nerveux  
Technique de chasse  
Dispositif de capture (griffes, serres, mandibules)  
Système enzymatique en lien avec une alimentation carnivore  
Généralement stratégie K

Exemple de proies:  
Campagnol, sauterelle,  
ver de terre



Caractéristiques de la proie:  
Structure ou comportement permettant une protection (fuite, terriers, alerte, ...)  
Tendance à la stratégie r

## B. UNE DIVERSITÉ DE RELATIONS INTERSPÉCIFIQUES

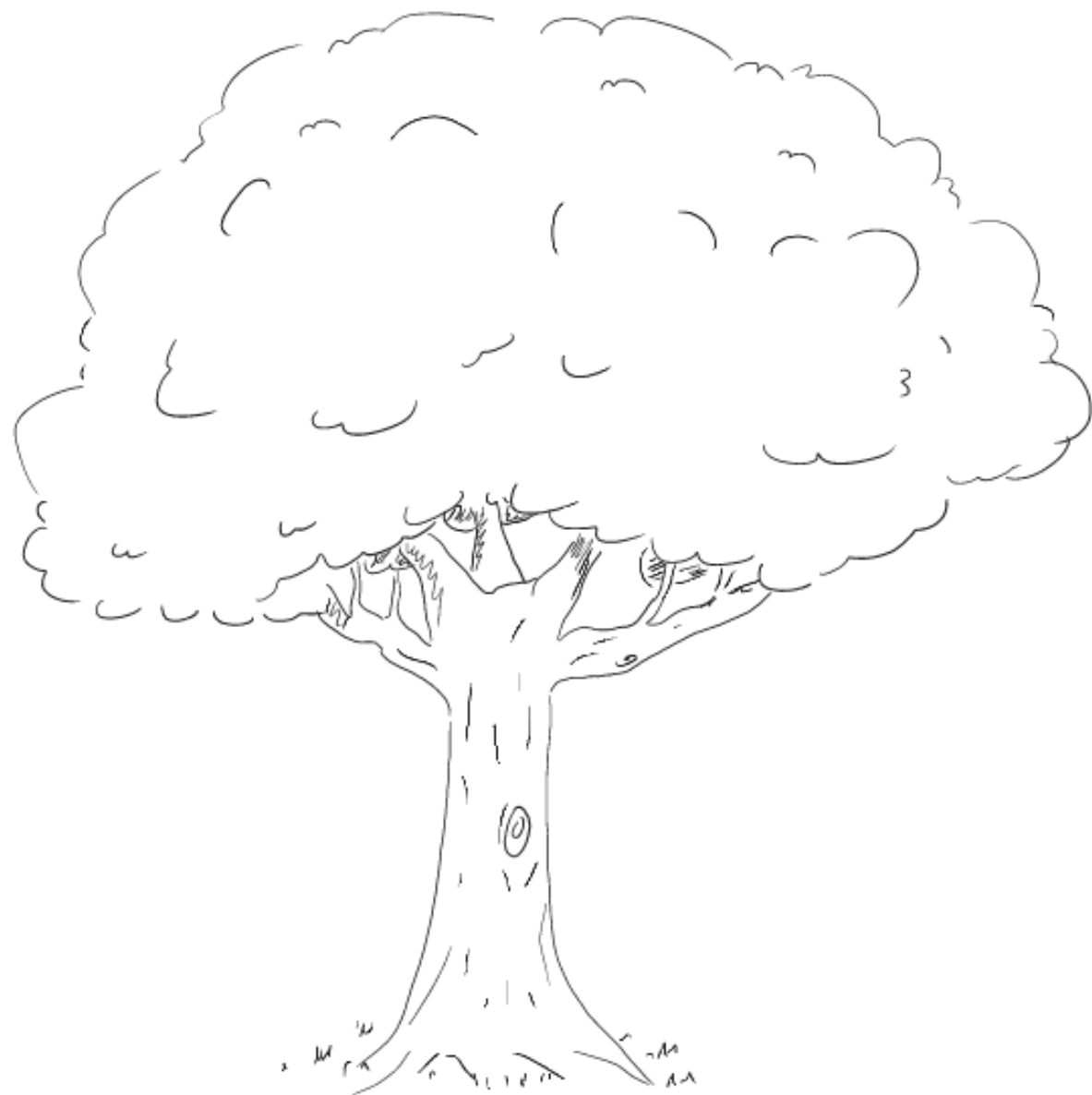
### 2. Des relations d'exploitation

Exemple de parasites : douve du foie, tænia (endoparasites), tique (ectoparasite)



- Caractéristiques :
  - Relation **plus ou moins spécifique** entre hôte et parasite
  - **Cycle de vie complexe** avec une **vie fixée** sur l'hôte pendant au moins un stade du cycle.
  - **Stratégie r** : production de nombreux descendants
  - **Forme de résistance et stratégies de défense** vis-à-vis de l'hôte
  - Organes favorisant la fixation sur l'hôte et l'absorption de ses ressources
  - **Réduction des organes locomoteurs et sensoriels**







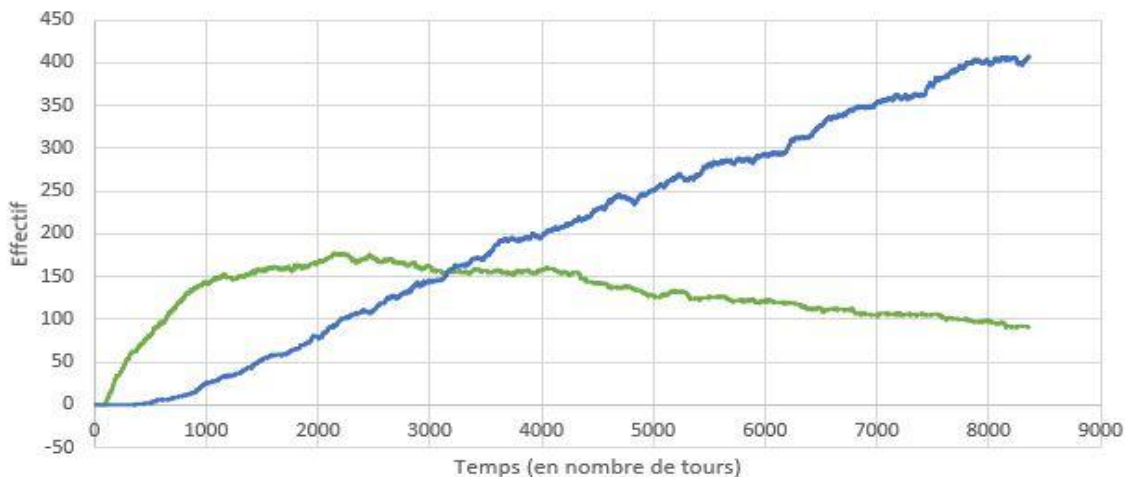
## B. UNE DIVERSITÉ DE RELATIONS INTERSPÉCIFIQUES



### 3. Des relations de compétition

- **Compétition par exploitation** d'une ressource : l'utilisation de ressources commune diminue leur disponibilité
  - Compétition pour la lumière dans l'écosystème forestier => structuration verticale de l'écosystème forestier
    - ✓ Ex : *chênes héliophiles vs hêtres sciaphiles*

Evolution des populations de hêtres et de chêne au cours du temps après une coupe claire



**Relations de compétition** : négatives pour les deux partenaires



*Chêne héliophile isolé dans la jardinière d'un balcon!*



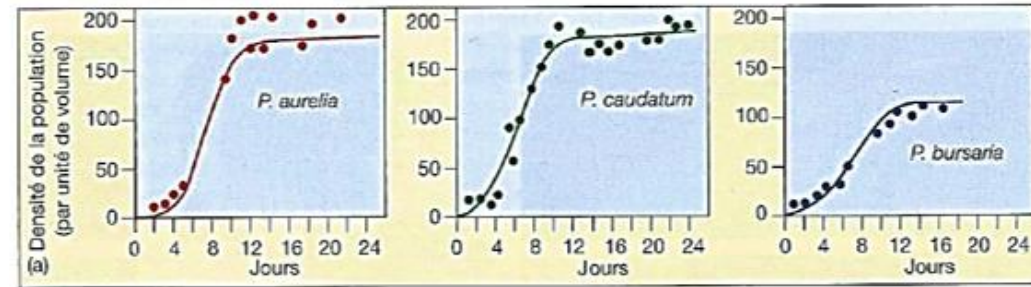
*Hêtre sciaphile, germera à l'ombre du chêne...*

## B. UNE DIVERSITÉ DE RELATIONS INTERSPÉCIFIQUES

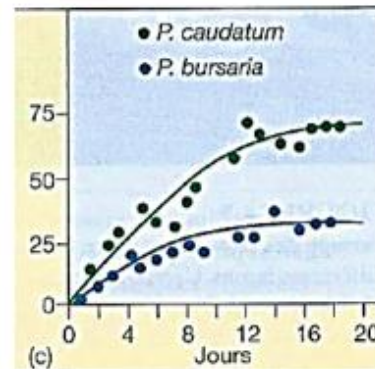
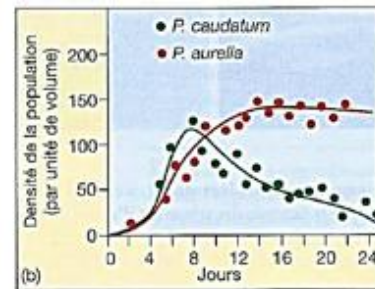
### 3. Des relations de compétition

- **Compétition par exploitation** d'une ressource : l'utilisation de ressources commune diminue leur disponibilité
  - Ex: *Compétition entre espèces (interspécifique) de paramécie pour l'accès aux ressources nutritives (avoine)*
  - *P. aurelia* et *P. caudatum* semblent occuper une niche écologique équivalente
  - ✓ Co-culture de *P. aurelia* et *P. caudatum* ⇒ exclusion compétitive de niche
  - ✓ Co-culture de *P. aurelia* et *P. bursaria* ⇒ chevauchement de niche

Croissance séparée de trois espèces de Paramécies avec avoine comme substrat



Coculture de deux espèces de Paramécies avec avoine comme substrat



Déclin et disparition d'une population  
**Compétition par exploitation**  
⇒ **Exclusion compétitive de la niche écologique**

Croissance de deux populations réduites  
Une plus affectée que l'autre  
**Compétition partielle**  
⇒ **Chevauchement des deux niches écologiques**

Mise en évidence d'une **compétition interspécifique**  
⇒ **Accès aux ressources**

## B. UNE DIVERSITÉ DE RELATIONS INTERSPÉCIFIQUES

Relations de compétition : négatives pour les deux partenaires

### 3. Des relations de compétition

- **Compétition par interférence : émission de substances**
- **Antibiose** chez les microorganismes.
  - ✓ Ex découverte de la pénicilline
  - ✓ Certains champignons (*Actinomycètes*) exercent une inhibition spécifique de la croissance des autres microorganismes comme des bactéries par sécrétion de substances antibiotiques
- **Allélopathie entre plantes :**

On observe un espace nu autour des pieds d'épervière (*Hieracium pilosella*) dû à des exsudats racinaires contenant des métabolites secondaires qui inhibent la germination ou la croissance des plantes voisines.



Culture simultanée de bactéries à gauche et de champignons à droite!



La litière de pins australiens inhibe complètement la germination des plantes de sous-bois



Juglone substance toxique émise par les bourgeons du noyer

## B. UNE DIVERSITÉ DE RELATIONS INTERSPÉCIFIQUES

Relations de compétition : négatives pour les deux partenaires

### 3. Des relations de compétition

- **Compétition par interférence : émission de substances**
- **Compétition par interférence, cas des anémones de mer dans l'estran.**
  - ✓ *anémone tomate de mer (*Actinia equina*) déploie ses tentacules rouges dans une flaque d'eau. Sur le bord externe du sommet de la colonne, une couronne de tentacules bleus spécialisés en forme de boules, les **acrorhages**, est visible. Les acrorhages concentrent une quantité importante de cellules urticantes, les **nématocytes**, qui permettent à l'anémone de se défendre en cas d'agression.*
  - ✓ **compétition interspécifique** basée sur une réponse acrorhagiale d'un type un peu différent qui décroît avec le degré de divergence des espèces : 72% d'agression entre *Actinia equina* et *Actinia fragacea* (deux anémones actiniidées génétiquement proches, dont on pense qu'elles sont issues d'une spéciation sympatrique récente)



Tomate de mer (*Actinia equina*) et Anémone fraise (*Actinia fragacea*) à marée basse, sur un rocher de l'estran



Les acrorhages concentrent des nématocytes, cellules urticantes

## B. UNE DIVERSITÉ DE RELATIONS INTERSPÉCIFIQUES

### 4. Des relations unilatérales ou neutres

- **Commensalisme** : facilitation unilatérale (+/0).

Une espèce consomme les restes de repas ou les déchets de l'autre espèce.

✓ *Ex : bousier de la vache*

Une espèce fournit un support et des conditions favorables au développement de l'autre espèce.

✓ *Ex : lichens sur les arbres ; épiphytes sur les arbres (lianes comme le lierre, la clématite, ...)*

- **Amensalisme** : interaction neutre pour un protagoniste et néfaste pour l'autre (-/0)

✓ *Ex : destruction des lichens des troncs par les grattements de la vache ou des cerfs ; arbre faisant de l'ombre aux jeunes pousses et freinant leur croissance.*

- **Neutralisme** : impact nul sur les fitness des 2 espèces partenaires (0/0). Les 2 espèces cohabitent sans que leur présence influe l'autre.

✓ *Ex : buse / vache*



*Commensalisme de la vache pour le bousier*



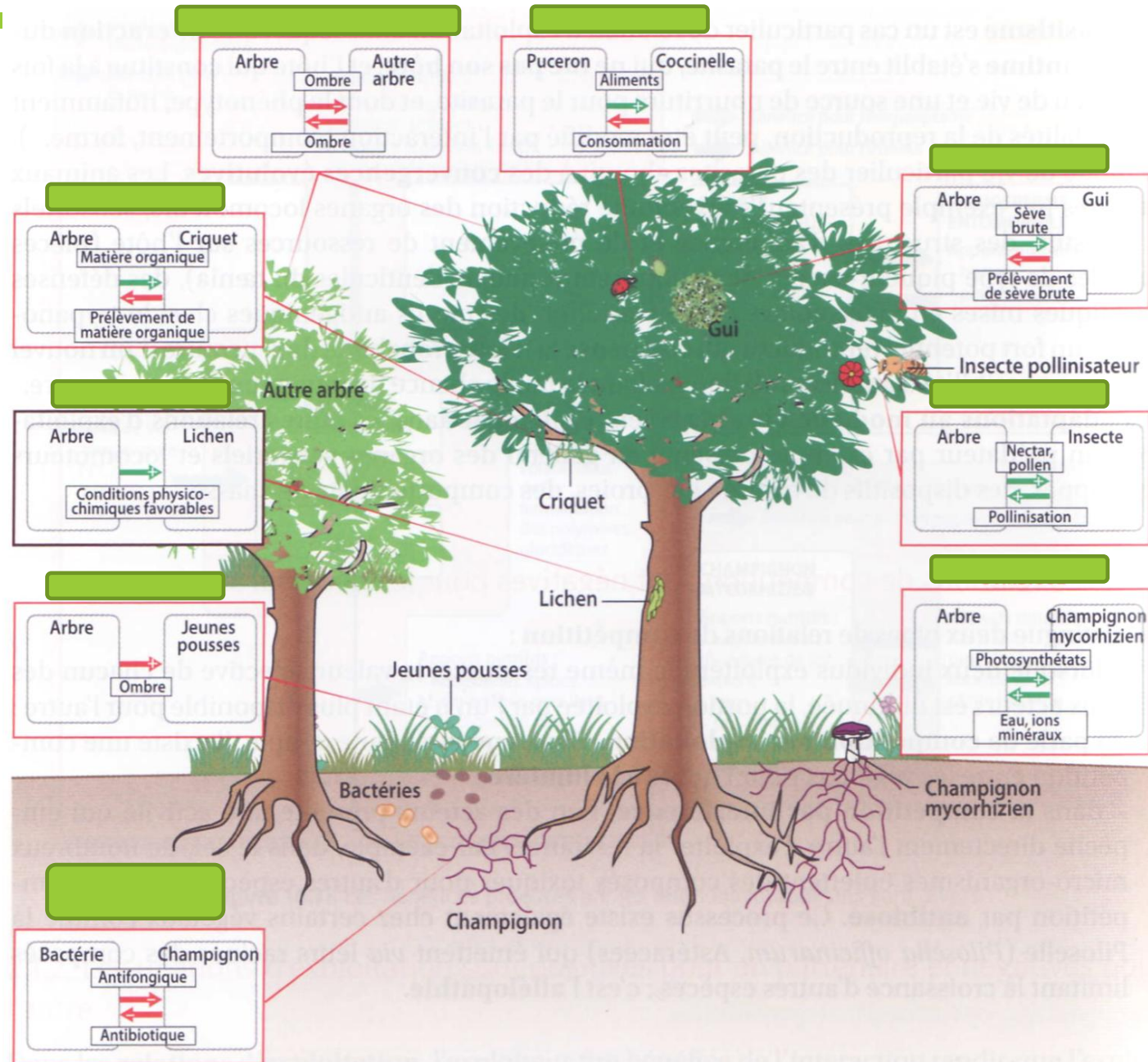
*Amensalisme de la vache sur les lichens des troncs d'arbre par grattements*



*Neutralisme de la vache et de la buse*

## B. UNE DIVERSITÉ DE RELATIONS INTERSPÉCIFIQUES

### BILAN



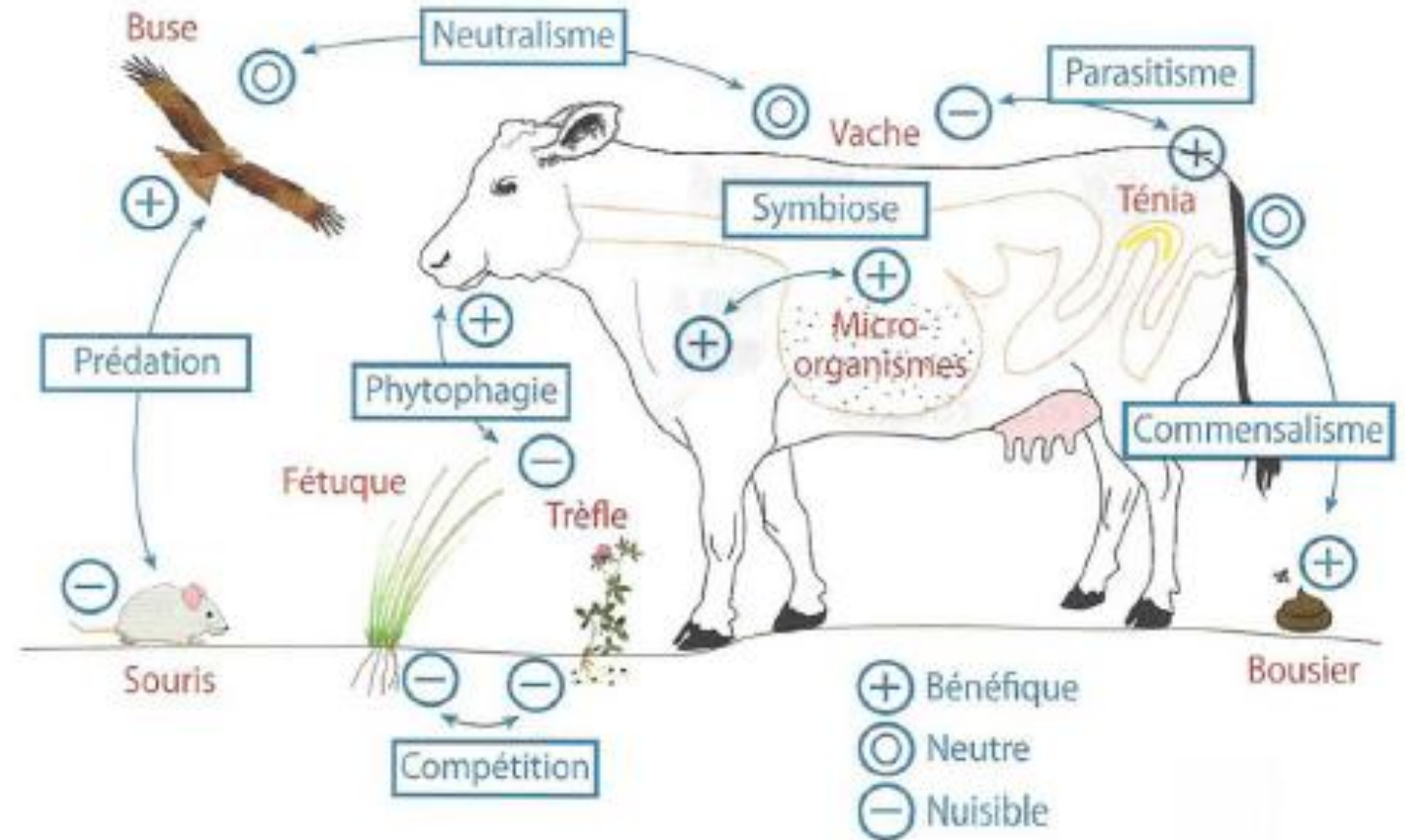
## B. UNE DIVERSITÉ DE RELATIONS INTERSPÉCIFIQUES



### BILAN

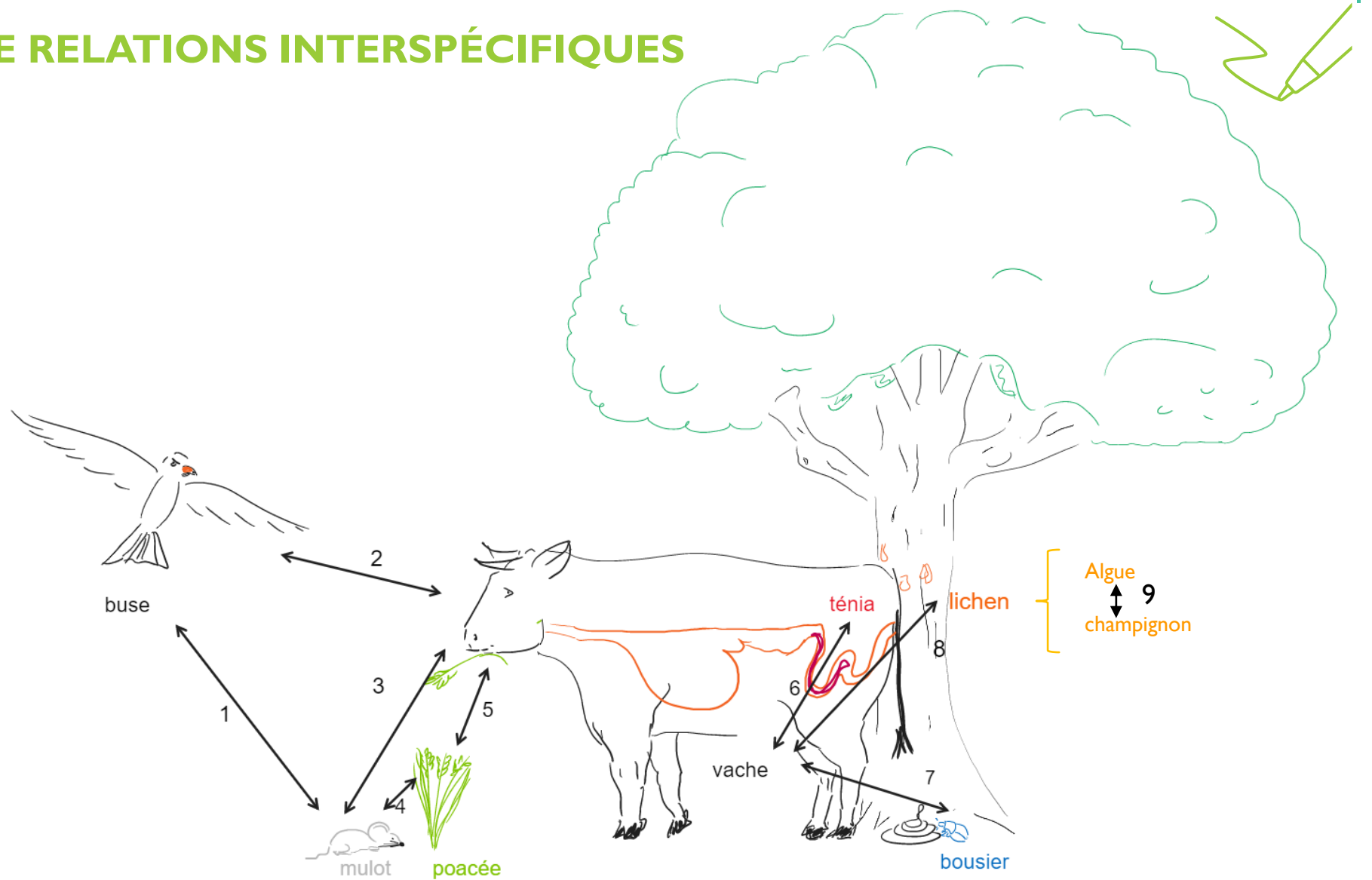
Ces relations d'exploitation au sens large varient ainsi selon :

- Leur **spécificité** (les bovins réalisent un broutage massif peu sélectif tandis que certaines espèces prélèvent uniquement certaines espèces, ex Criquet – Poacées ; parasitisme +/- sélectif)
- Leur **léthalité** (herbivore ne tue pas sa « proie », le parasite est plus ou moins pathogène)



## B. UNE DIVERSITÉ DE RELATIONS INTERSPÉCIFIQUES

### BILAN



Les relations interspécifiques

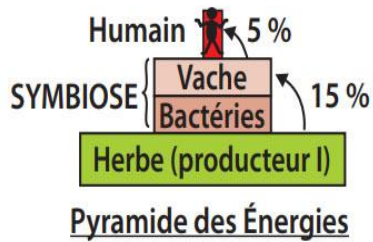
# DES RELATIONS SOUVENT TROPHIQUES, MODIFIANT LA FITNESS, AUX CARACTÉRISTIQUES VARIABLES

Effet de A sur la fitness de B

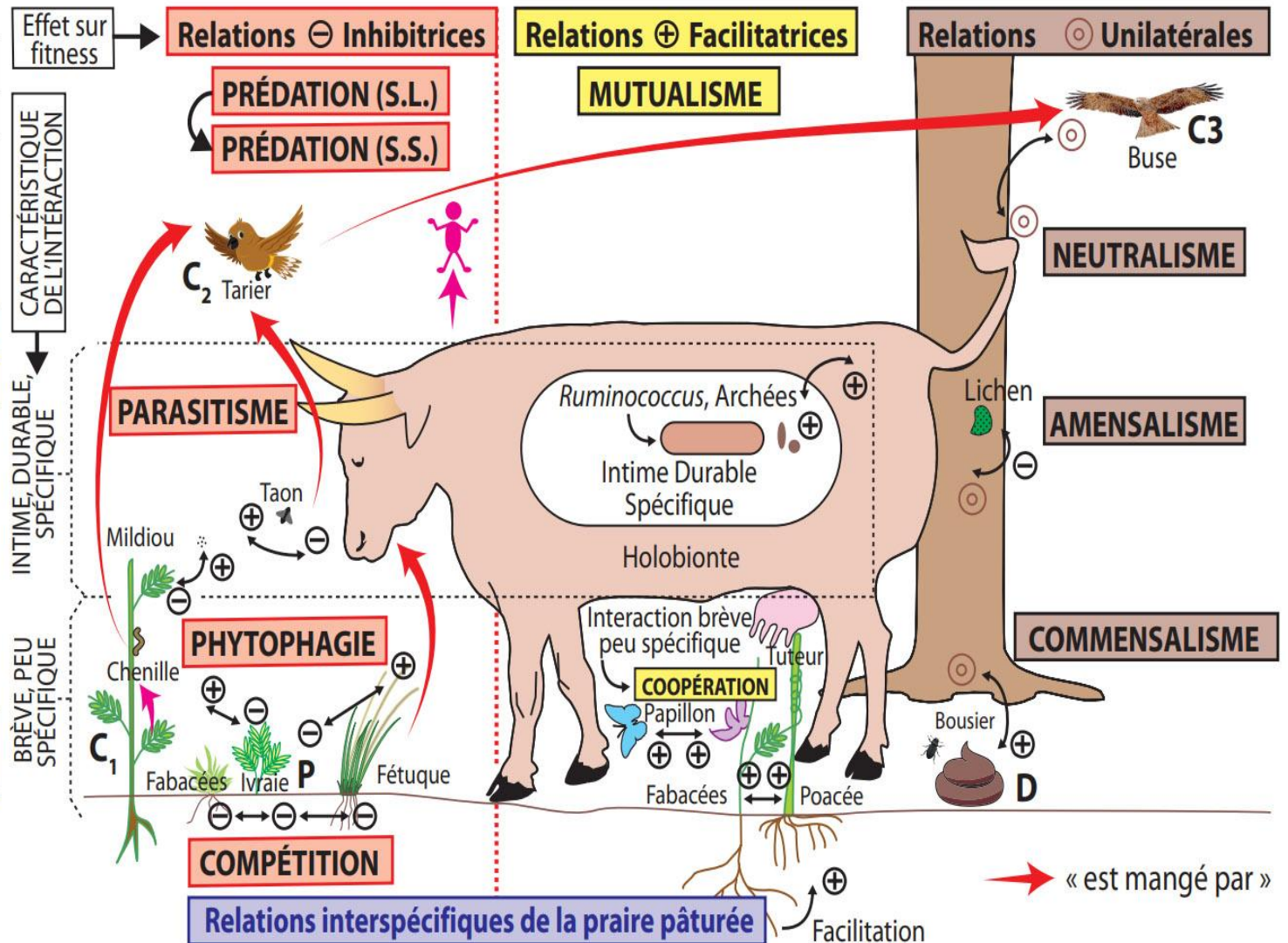
A \ B	⊖	⊕	⊙
⊖	<b>COMPÉTITION</b>		
⊕	<b>PRÉDATION (SI)</b> • PRÉDATION (SS) • PHYTOPHAGIE <b>PARASITISME</b>	<b>MUTUALISME</b> • SYMBIOSE • COOPÉRATION	
⊙	<b>AMENSALISME</b>	<b>COMMENSALISME</b>	<b>NEUTRALISME</b>

Effet de B sur la fitness de A

**Une typologie selon les effets sur la Fitness**



**Des relations souvent TROPHIQUES influant sur la circulation de matière et d'énergie**



Source: Aurélie Denis

## B. UNE DIVERSITÉ DE RELATIONS INTERSPÉCIFIQUES

### 5. Des limites qui dépendent du stade et contexte écologique

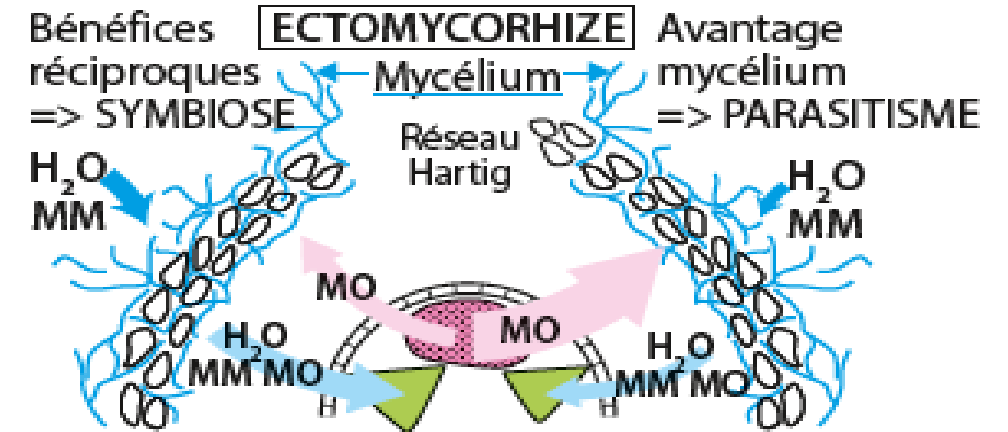


#### ■ Limites symbiose/parasitisme

Des **continuums** s'observent dans certaines relations interspécifiques.

Ex : interactions champignon / plante (ectomycorhizes) : symbiose / parasitisme

Ex: digestion des ciliés dans la caillette de la vache: vache = prédateur???



Frontière difficile entre symbiose et parasitisme dans le cas des ectomycorhizes



Digestion des ciliés dans la caillette de la vache

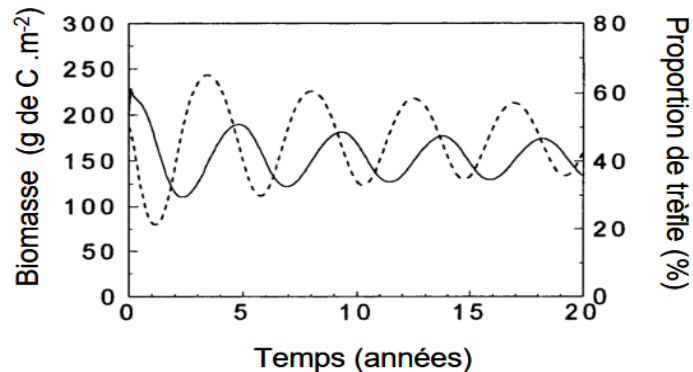
## B. UNE DIVERSITÉ DE RELATIONS INTERSPÉCIFIQUES

### 5. Des limites qui dépendent du stade et contexte écologique

- Des facteurs biotiques et abiotiques modifient les relations interspécifiques :

Le **stade de développement** des espèces végétales (jeune pousse ou plant adulte) et animales (chenille phytophage / insecte pollinisateur) cf arbre âgé à comparer avec arbre jeune

Le **contexte écologique** selon les caractéristiques du biotope ou de la biocénose



**Figure 4** : Evolution au cours du temps de la biomasse totale (ligne solide) et de la proportion de trèfle (pointillés) simulées pour une association trèfle blanc – ray-grass anglais pâturée en situation où l'azote est le principal facteur limitant la production (d'après Schwinning et Pearson, 1996b).



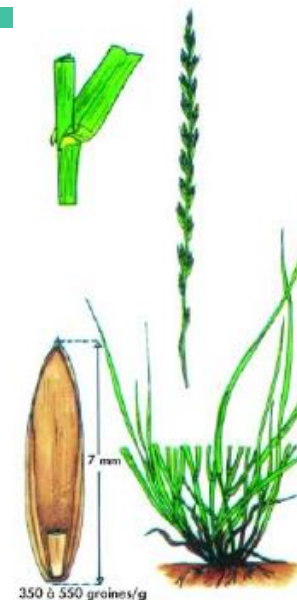
#### Le trèfle blanc (*Trifolium repens*)

##### Avantages :

- Bonne association avec les poacées pérennes
- Bien adapté au pâturage
- Appétence et valeur nutritive excellente
- Diminution de la fertilisation azotée
- Bonne production d'été en absence de sécheresse

##### Limites :

- Risque de météorisation en cas de surabondance
- Maintien difficile du bon équilibre avec la poacée



#### Ray-grass (ivraie) anglais (*Lolium perenne*)

##### Avantages :

- Excellente plante de pâture (végétation basse et dense)
- Bonne valeur alimentaire
- Implantation et exploitation faciles
- Assez bonne tolérance aux excès d'eau
- Bonne pérennité (3 à 6 ans selon le milieu et la variété)
- Bonne association avec le trèfle blanc

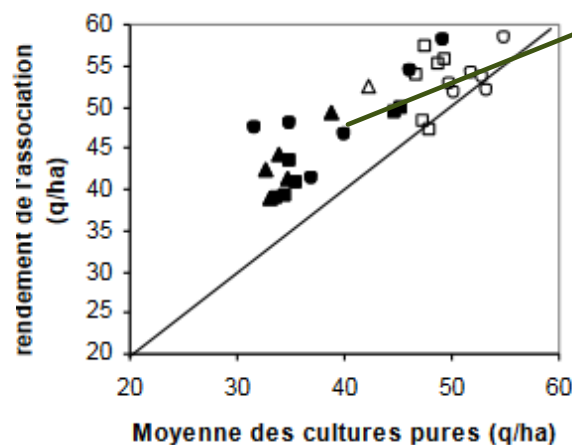
##### Limites :

- Production stoppée par la chaleur
- Assez sensible aux rouilles
- Difficile à faucher avec une barre de coupe

##### Critères de choix des variétés :

- Précocité, souplesse d'exploitation
- Répartition du rendement
- Ploïdie
- Pérennité
- Résistance aux maladies (rouilles)

Les relations interspécifiques entre Fabacées et Poacées au sein de la prairie



Pois Hr, réactifs à la photopériode pour l'initiation florale

**Figure 3** : Comparaison du rendement de l'association pois-blé et de la moyenne des cultures pures sur 3 années d'essais variétaux dans le cas des variétés Hr (symboles pleins) et des variétés hr (symboles vides) (INRA Dijon, Agri Obtentions)

Les Poacées et les Fabacées constituent les deux familles botaniques les plus importantes pour l'agriculture. Leur **culture en association** (simultanément sur la même parcelle) est un usage ancien qui permet de valoriser les différences écologiques, agronomiques et nutritionnelles des deux familles.

## B. UNE DIVERSITÉ DE RELATIONS INTERSPÉCIFIQUES

### 5. Des limites qui dépendent du stade et contexte écologique

- 2 espèces végétales (Ivraie Poacée et Trèfle Fabacée) en compétition pour les ressources

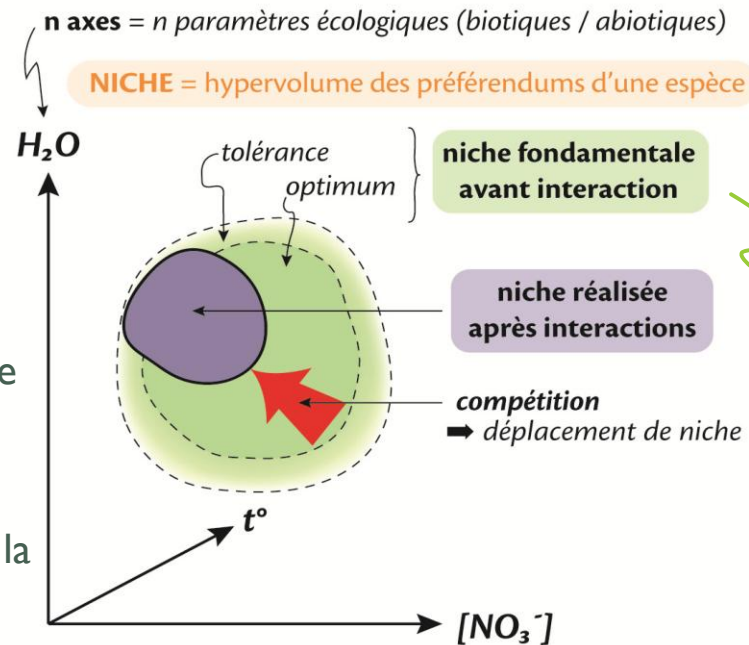
- Poacée plus compétitive pour prélever N du sol
- Transferts directs et indirects d’N de Fabacée vers Poacée

- ⇒ **Équilibre dynamique**

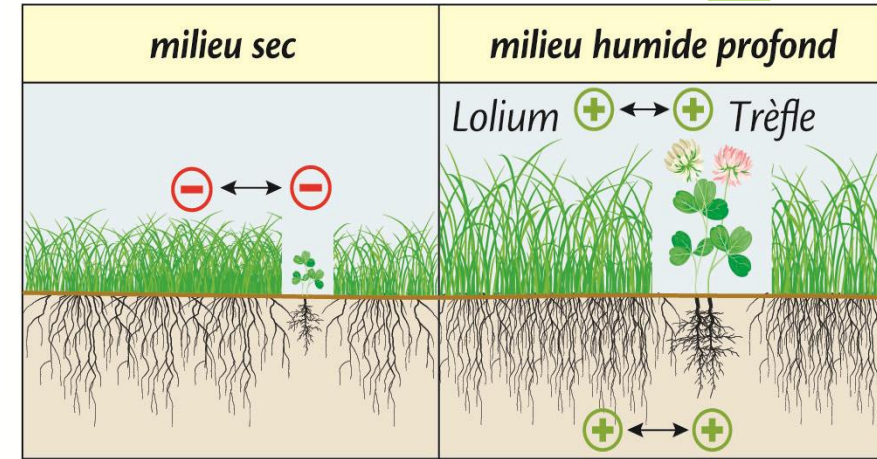
- ✓ Soit niche écologique restreinte
- ✓ Soit niche écologique augmentée

Compétition (accès à l’eau) devient mutualisme (transfert d’N de la fabacée vers la poacée et tuteur de la poacée pour la fabacée)

Niche écologique (n.f.): ensemble des conditions environnementales dans lesquelles vit et se perpétue la population. Cette notion d'hyper-volume à n dimensions regroupe l'habitat, le régime alimentaire, les activités ainsi que les relations d'une espèce avec le milieu et avec les autres espèces



Niche fondamentale et réalisée du Trèfle rampant

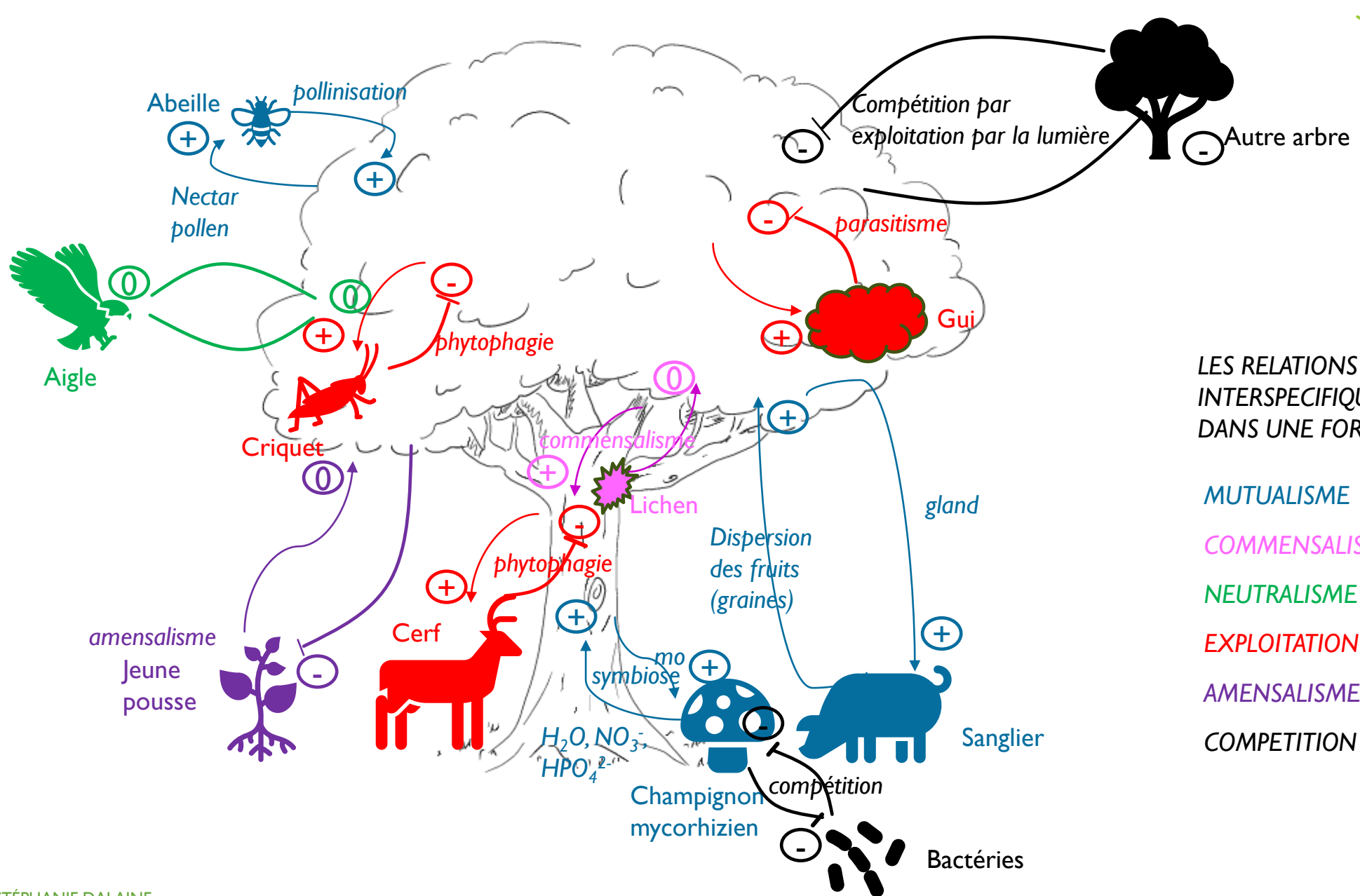


**COMPÉTITION**

gain de biomasse aérienne et souterraine en co-culture

**MUTUALISME**

- Niche fondamentale: **AVANT** interaction avec autres espèces
- Niche réalisée **APRÈS** interaction



LES RELATIONS INTERSPECIFIQUES DU CHENE DANS UNE FORET/

- MUTUALISME
- COMMENSALISME
- NEUTRALISME
- EXPLOITATION
- AMENSALISME
- COMPETITION

# PLAN DU COURS

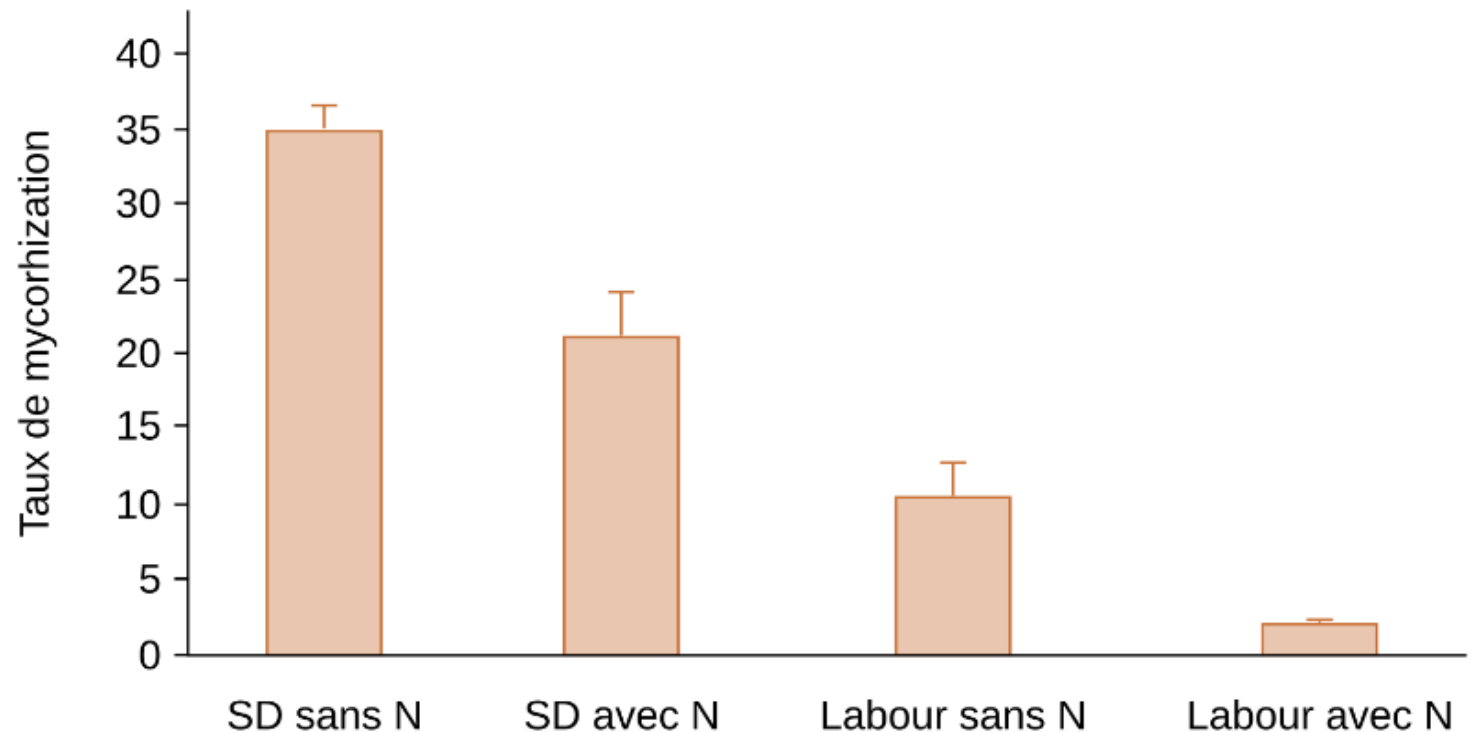
- I. L'écosystème, un espace circonscrit caractérisé par un biotope, une biocénose et des relations entretenues entre biotope et biocénose
  - A. La prairie, une surface biologique constituant une unité fonctionnelle
  - B. Le biotope : le milieu dans lequel évoluent les êtres vivants
  - C. La biocénose : ensemble des êtres vivants peuplant l'écosystème
  - D. Un écosystème structuré
  - E. Des influences réciproques entre biotope et biocénose
- II. Diversité des relations interspécifiques et conséquences sur la structure de l'écosystème
  - A. Comment définir une relation interspécifique ?
  - B. Une diversité de relations interspécifiques
  - C. Les relations interspécifiques dans un agrosystème
  - D. Effet des relations interspécifiques sur les niches écologiques et la biodiversité
- III. Fonctionnement des écosystèmes : des flux de matière et d'énergie dans un système ouvert
  - A. Les interactions trophiques constituent des chaînes et des réseaux trophiques
  - B. Flux de matière au sein d'un écosystème
  - C. Flux d'énergie au sein d'un écosystème
  - D. Fonctionnement d'un agrosystème : flux de matière et d'énergie
- IV. Dynamique des écosystèmes
  - A. Les perturbations des écosystèmes : une menace pour la stabilité de l'écosystème
  - B. Les successions écologiques : une dynamique naturelle suite à une perturbation
  - C. La stabilité des écosystèmes dépend de leur résistance et leur résilience
  - D. Les services écosystémiques et la gestion des écosystèmes (PRAC)

# C. LES RELATIONS INTERSPÉCIFIQUES DANS UN AGROSYSTÈME

## I. Influence du travail du sol et de la fertilisation azotée sur le taux de mycorhization des racines de blé

- Influence du travail du sol et de la fertilisation azotée sur le taux de mycorhization des racines de blé
- Effet de différents types de travaux du sol sur l'abondance et la biomasse des vers de terre

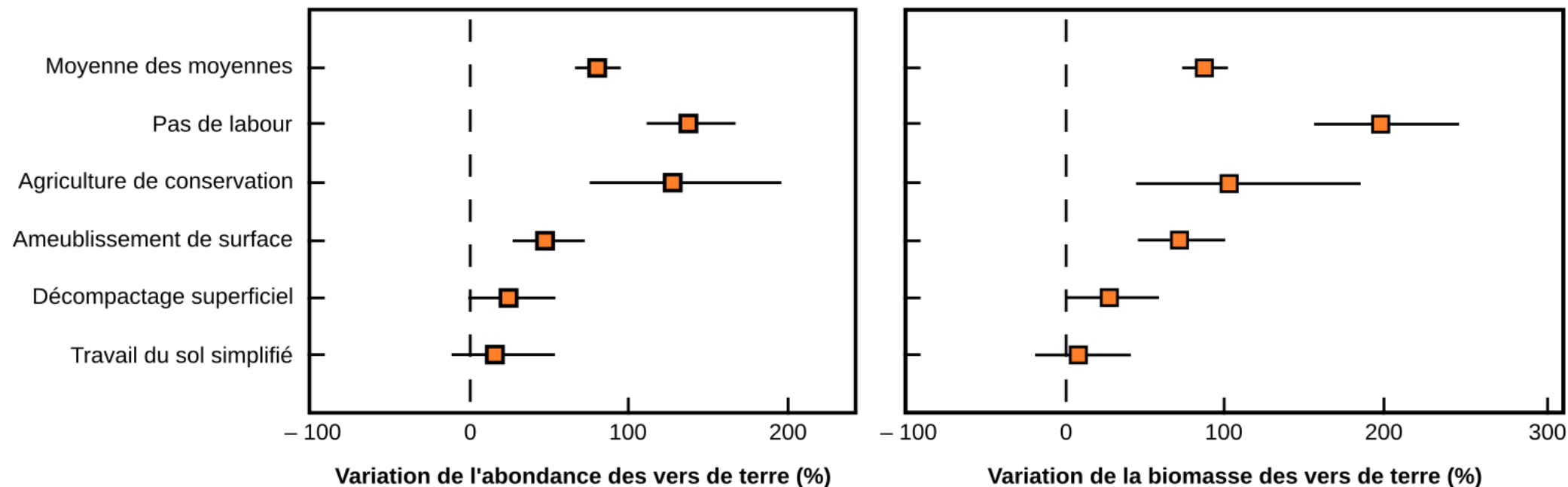
Les progrès du machinisme agricole ont permis un travail du sol (labour notamment) plus fréquent visant à réduire le développement des adventices = « mauvaises herbes » mais aux conséquences délétères sur les organismes du sol et sur les interactions entre les espèces.



- ✓ SD sans N : semis direct sur sol sans azote appliqué depuis 6 ans.
- ✓ SD avec N : semis direct sur sol avec azote appliqué depuis 6 ans.
- ✓ Labour sans N : labour + herse rotative sur sol sans azote appliqué depuis 6 ans.
- ✓ Labour avec N : labour + herse rotative sur sol avec azote appliqué depuis 6 ans.

# C. LES RELATIONS INTERSPÉCIFIQUES DANS UN AGROSYSTÈME

## 2. Effet de différents types de travaux du sol sur l'abondance et la biomasse des vers de terre



Les valeurs sont données en pourcentage du témoin, représenté par le labour conventionnel, qui correspond à l'enfouissement par une charrue des résidus végétaux à une profondeur de 20 à 40 cm. Pour chaque type de traitement, le carré représente la moyenne et les barres les intervalles de confiance à 95 %.

- ✓ *Pas de labour* : pas de travail du sol excepté éventuellement de petits trous faits pour planter les graines.
- ✓ *Agriculture de conservation* : pas de travail du sol et une couverture permanente du sol (par les résidus des cultures précédentes ou par du paillage).
- ✓ *Ameublissement de surface* : travail du sol sur moins de 15 cm de profondeur, sans retourner la terre. *Décompactage superficiel* : travail sur sol sur plus de 15 cm de profondeur, sans retourner la terre.
- ✓ *Travail du sol simplifié* : travail du sol moins de 15 cm de profondeur, en retournant la terre.

<https://planet-vie.ens.fr/thematiques/ecologie/production-agricole-agrosystemes/structure-et-fonctionnement-des-agrosystemes>

# PLAN DU COURS

- I. L'écosystème, un espace circonscrit caractérisé par un biotope, une biocénose et des relations entretenues entre biotope et biocénose
  - A. La prairie, une surface biologique constituant une unité fonctionnelle
  - B. Le biotope : le milieu dans lequel évoluent les êtres vivants
  - C. La biocénose : ensemble des êtres vivants peuplant l'écosystème
  - D. Un écosystème structuré
  - E. Des influences réciproques entre biotope et biocénose
- II. Diversité des relations interspécifiques et conséquences sur la structure de l'écosystème
  - A. Comment définir une relation interspécifique ?
  - B. Une diversité de relations interspécifiques
  - C. Les relations interspécifiques dans un agrosystème
  - D. Effet des relations interspécifiques sur les niches écologiques et la biodiversité
- III. Fonctionnement des écosystèmes : des flux de matière et d'énergie dans un système ouvert
  - A. Les interactions trophiques constituent des chaînes et des réseaux trophiques
  - B. Flux de matière au sein d'un écosystème
  - C. Flux d'énergie au sein d'un écosystème
  - D. Fonctionnement d'un agrosystème : flux de matière et d'énergie
- IV. Dynamique des écosystèmes
  - A. Les perturbations des écosystèmes : une menace pour la stabilité de l'écosystème
  - B. Les successions écologiques : une dynamique naturelle suite à une perturbation
  - C. La stabilité des écosystèmes dépend de leur résistance et leur résilience
  - D. Les services écosystémiques et la gestion des écosystèmes (PRAC)

## D. EFFET DES RELATIONS INTERSPÉCIFIQUES SUR LES NICHES ÉCOLOGIQUES ET LA BIODIVERSITÉ



### I. Restriction de la niche écologique à la niche réalisée

- Chaque espèce a des **exigences** physiologiques particulières en termes de préférences alimentaires, habitat, température, .....
- Pour chaque condition, une espèce présente un **intervalle de tolérance et un optimum**
- ⇒ combinaison des intervalles de tolérance = **niche écologique potentielle**.
- ⇒ = hypervolume dans un espace à n dimensions (nbre conditions environnementales)
- La niche écologique des stratégies **K** : **étroite** car organismes **spécialisés** et **très compétitifs**, tandis que stratégies **r** => niche plus vaste.
- Interactions avec les autres espèces, notamment **compétition**, => modification de **niche écologique potentielle** en **niche écologique réalisée**.

Ex : vulpin, brome et avoine ont la même niche potentielle (notamment en termes d'humidité ; optimum situé autour d'une valeur moyenne d'humidité).

**Niche écologique** : ensemble des conditions environnementales dans lesquelles vit et se perpétue la population.

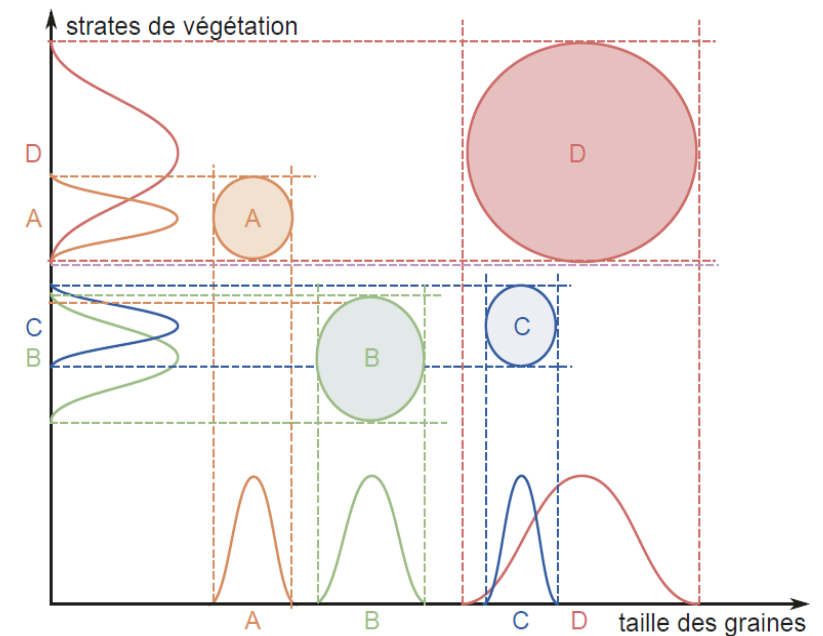


Figure 17.14 Intervalles de tolérance et délimitation de la niche écologique potentielle.

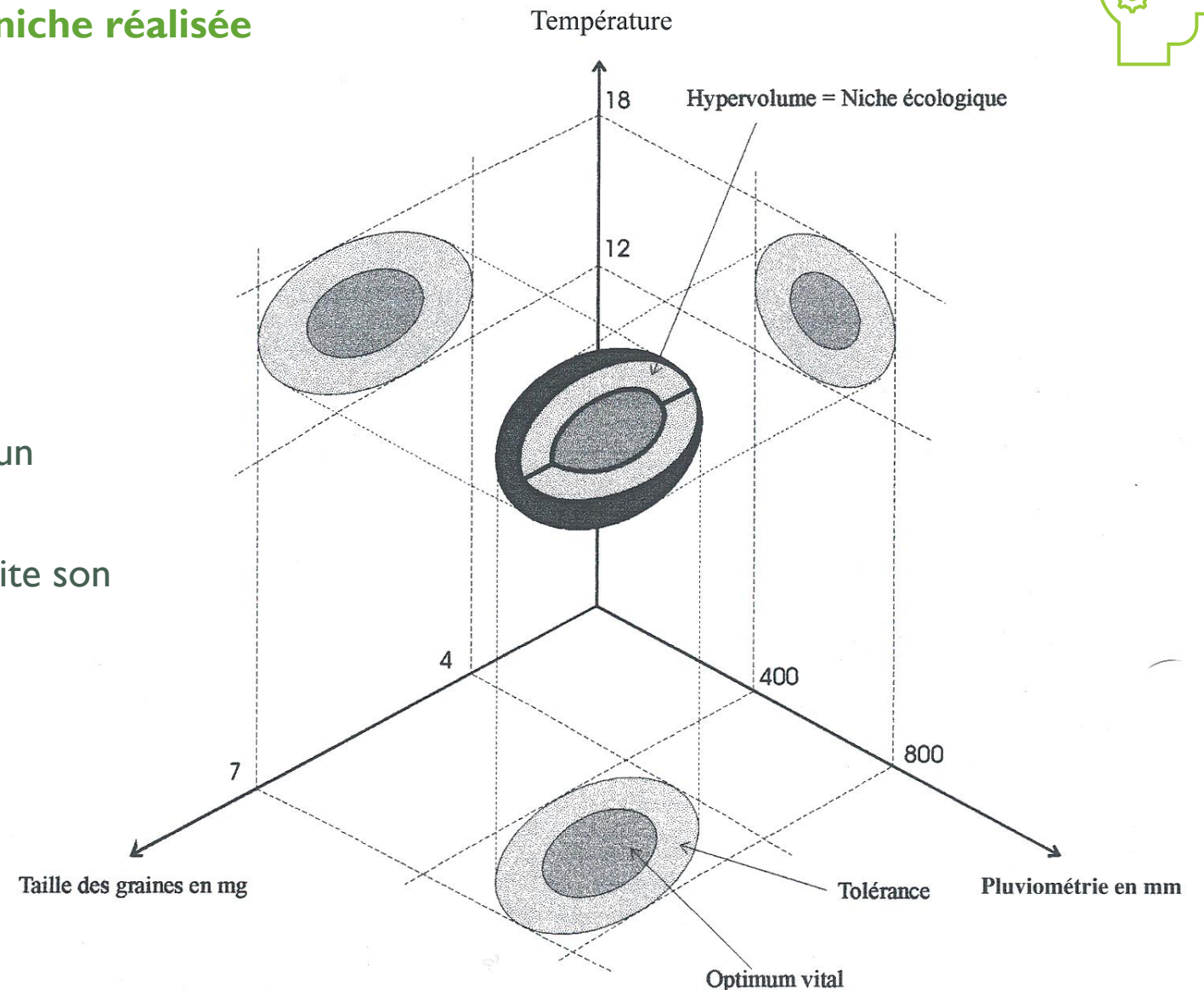
Pour simplifier la représentation, on suppose que deux facteurs suffisent à définir la niche écologique potentielle : l'habitat (strate de végétation occupée) et les préférences alimentaires (taille des graines consommées).

## D. EFFET DES RELATIONS INTERSPÉCIFIQUES SUR LES NICHES ÉCOLOGIQUES ET LA BIODIVERSITÉ



### I. Restriction de la niche écologique à la niche réalisée

- Hypervolume à n dimensions
- Chaque dimension = 1 paramètre (exigence physiologique)
- Pour chaque paramètre, 1 valeur optimale et un **intervalle de tolérance**
- Caractérise la façon dont un organisme exploite son milieu



## D. EFFET DES RELATIONS INTERSPÉCIFIQUES SUR LES NICHES ÉCOLOGIQUES ET LA BIODIVERSITÉ



### I. Restriction de la niche écologique à la niche réalisée

- **Chevauchement** de niches entre deux espèces

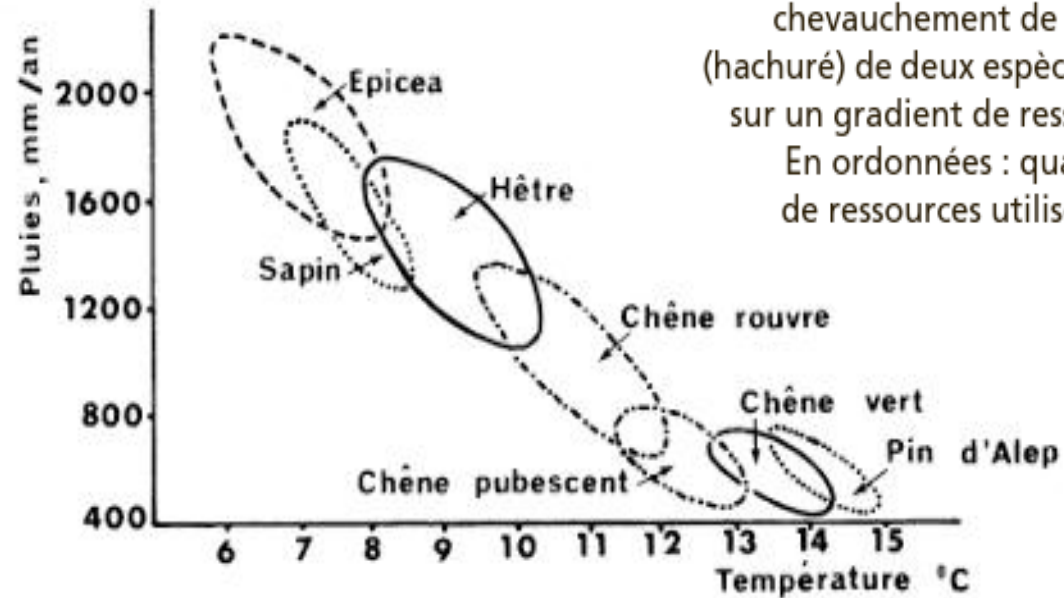
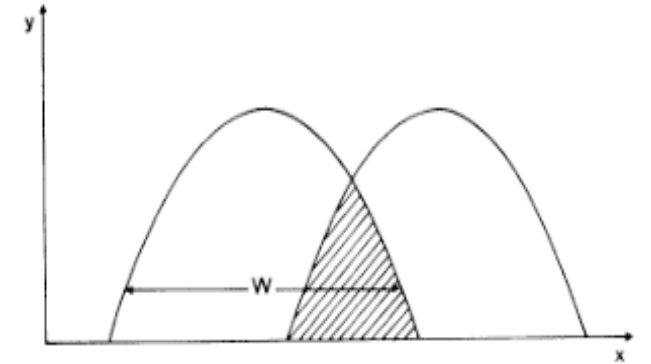


Figure 50 Amplitude ( $w$ ) et chevauchement (hachuré) de niches de deux espèces mesurés sur un gradient de ressource,  $x$ .  
En ordonnées : quantité de ressources utilisées,  $y$ .



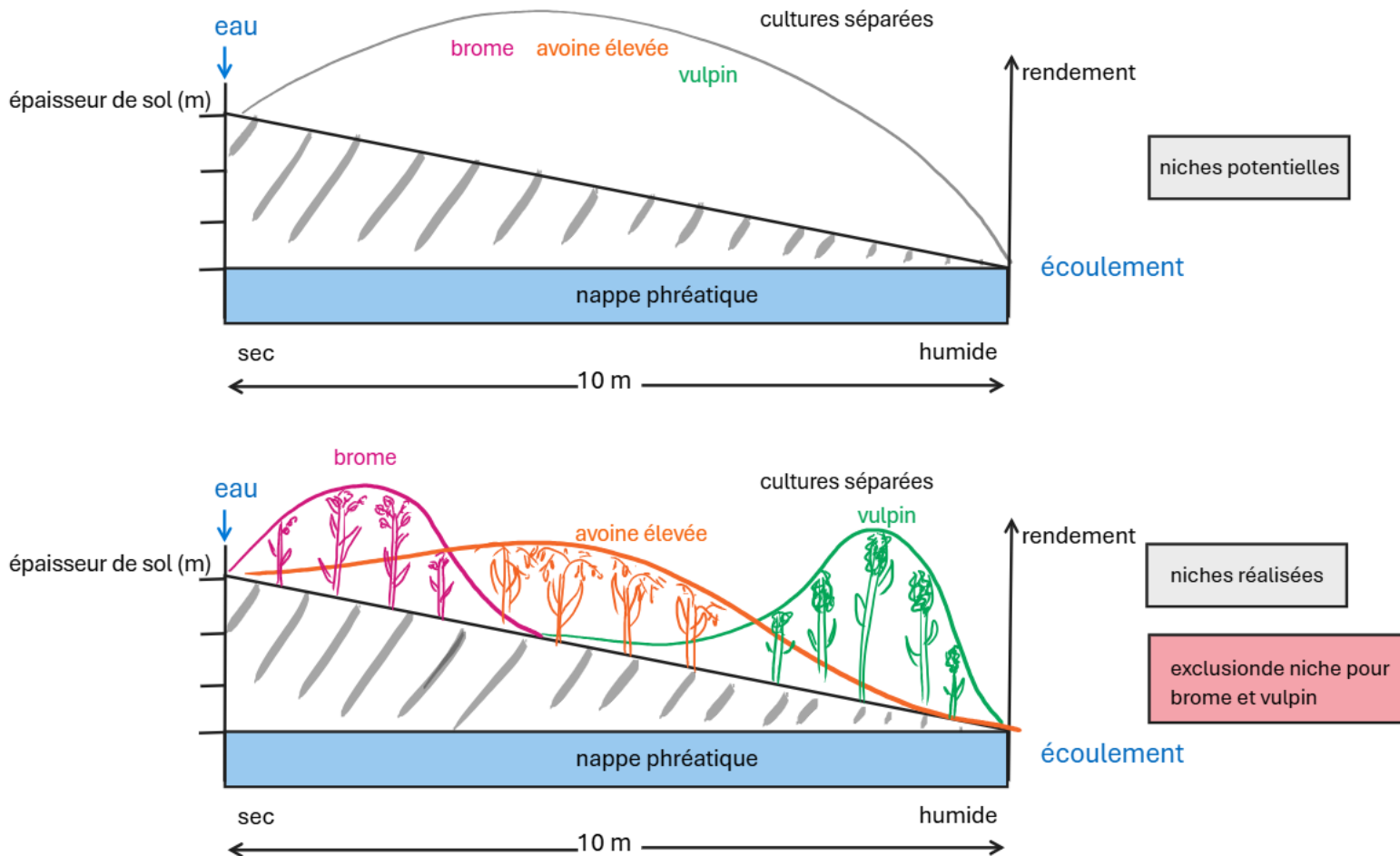
- 19 Niche pluviothermique de quelques essences arborées en France d'après leur distribution observée (d'après Lebreton, 1978).  
La température utilisée est la moyenne annuelle.

## D. EFFET DES RELATIONS INTERSPÉCIFIQUES SUR LES NICHES ÉCOLOGIQUES ET LA BIODIVERSITÉ



### I. Restriction de la niche écologique à la niche réalisée

- Principe d'exclusion réciproque : de la niche potentielle à la niche réalisée chez les Poacées de la prairie



Brome



Avoine élevé

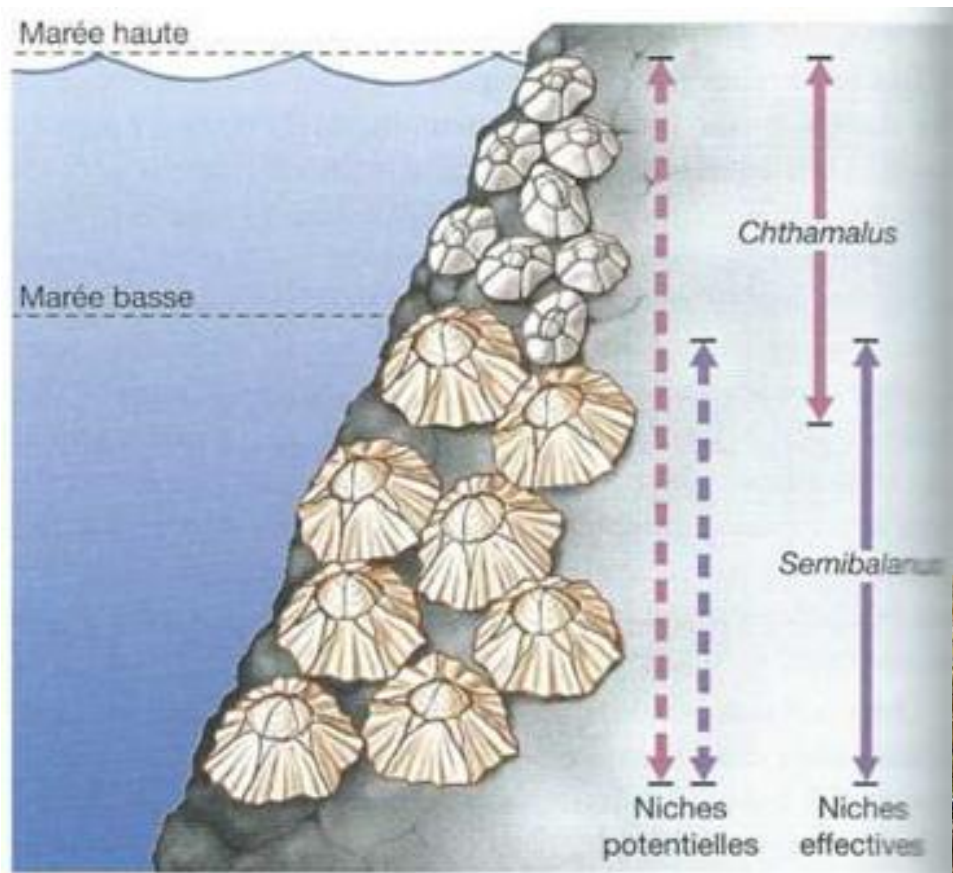


Vulpin

En cas de coexistence des trois espèces, l'**Avoine** voit sa niche peu modifiée : elle est probablement la plante avec l'**aptitude compétitive la plus forte**. En revanche, on observe un déplacement de niche des deux autres espèces qui occupent l'espace peu occupé par l'Avoine, chacune en fonction de ses possibilités de tolérance : Brome dans les lieux secs et Vulpin dans les lieux les plus humides.

## D. EFFET DES RELATIONS INTERSPÉCIFIQUES SUR LES NICHES ÉCOLOGIQUES ET LA BIODIVERSITÉ

### I. Restriction de la niche écologique à la niche réalisée



Balane étoilée  
(*Chthamalus stellatus*)



*Semibalanus balanoides*

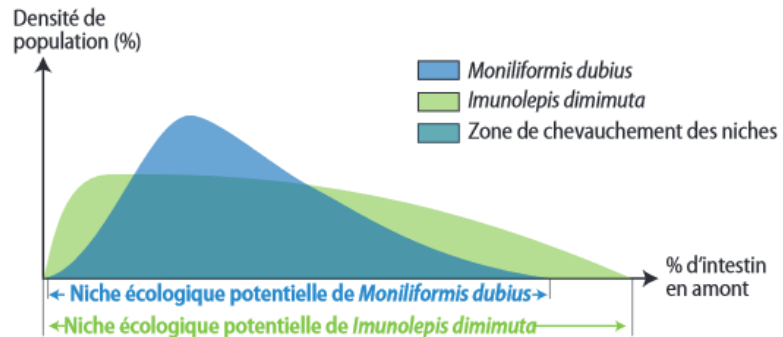
- **Compétition interspécifique** entre balane étoilée et *Semibalanus balanoides*  
⇒ **Exclusion de niche** par compétition interspécifique avec balane étoilée moins compétitive que *Semibalanus balanoides*  
⇒ **Maintien d'une richesse** spécifique  
⇒ Possibilité d'aboutir à une **spéciation** pour la balane étoilée

## D. EFFET DES RELATIONS INTERSPÉCIFIQUES SUR LES NICHES ÉCOLOGIQUES ET LA BIODIVERSITÉ

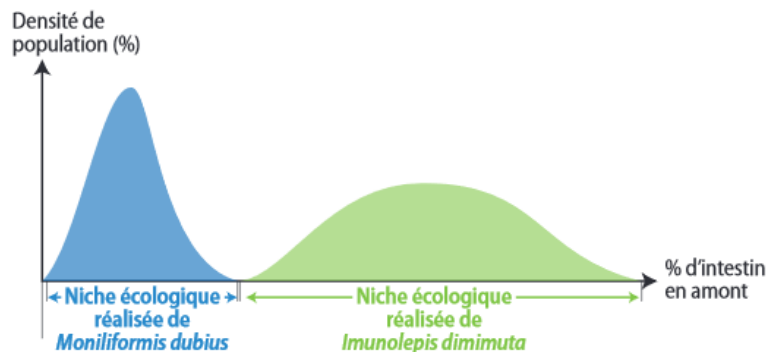
### I. Restriction de la niche écologique à la niche réalisée

#### A. Exemple d'un déplacement de niche chez des vers parasites intestinaux

Position dans l'intestin des deux vers parasites des vaches pris séparément



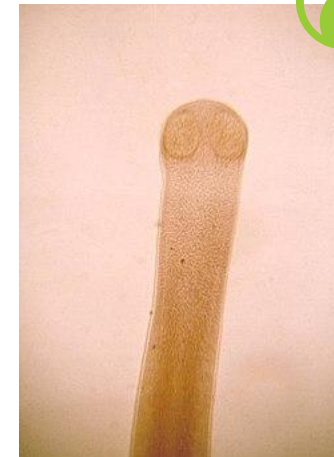
Position des deux vers parasites des vaches placés ensemble dans le même intestin



- **Chevauchement** de niches entre deux espèces
- **Exclusion réciproque** : de la niche potentielle à la niche réalisée
- Exigence écologique de *Moniliformis dubius* > *Imunolepis dimimuta*
- Dans la niche réalisée, **aptitude compétitive** de *Moniliformis dubius* > *Imunolepis dimimuta*



*Moniliformis moniliformis* parasite des rongeurs domestiques

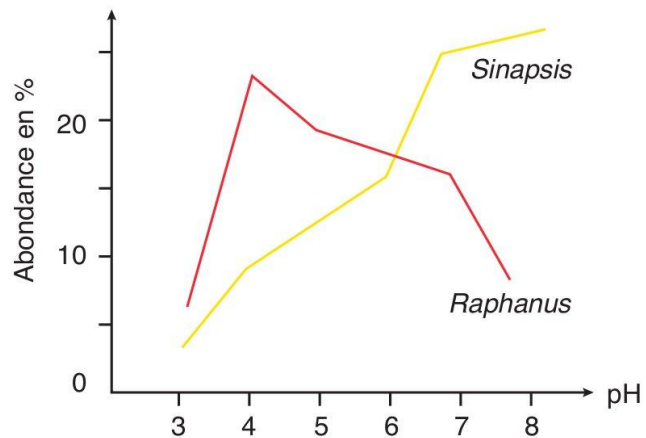
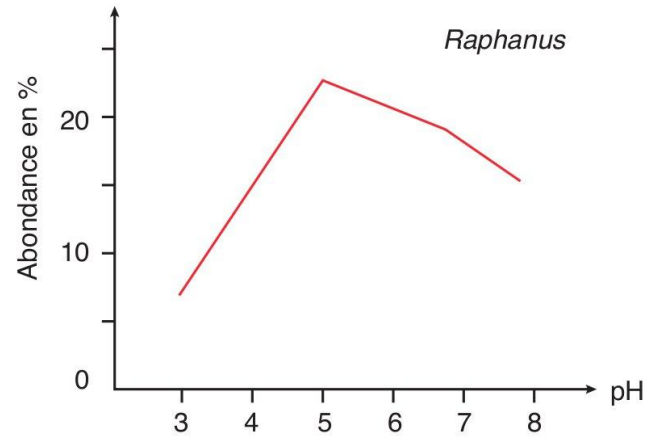
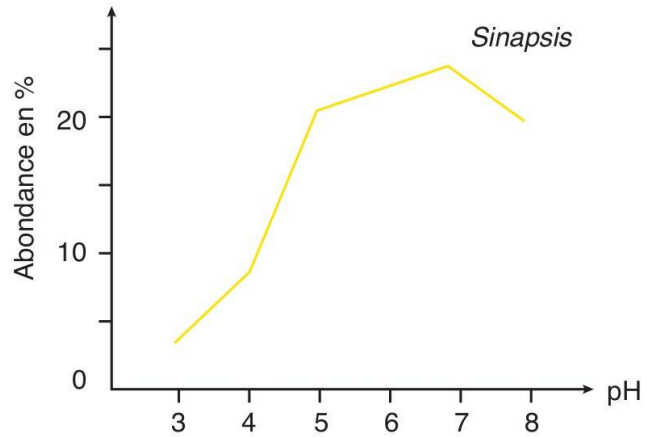


*Hymenolepis diminuta* est un ténia moyen, parasite des rongeurs (rats, souris)

# D. EFFET DES RELATIONS INTERSPÉCIFIQUES SUR LES NICHE ÉCOLOGIQUES ET LA BIODIVERSITÉ



## I. Restriction de la niche écologique à la niche réalisée



- Chevauchement de niches entre deux espèces
- **Exclusion réciproque** : de la niche potentielle à la niche réalisée



Genre *sinapsis*  
(brassicée) = moutarde



Genre *raphanus*  
(brassicée) = radis

# D. EFFET DES RELATIONS INTERSPÉCIFIQUES SUR LES NICHES ÉCOLOGIQUES ET LA BIODIVERSITÉ

## I. Restriction de la niche écologique à la niche réalisée

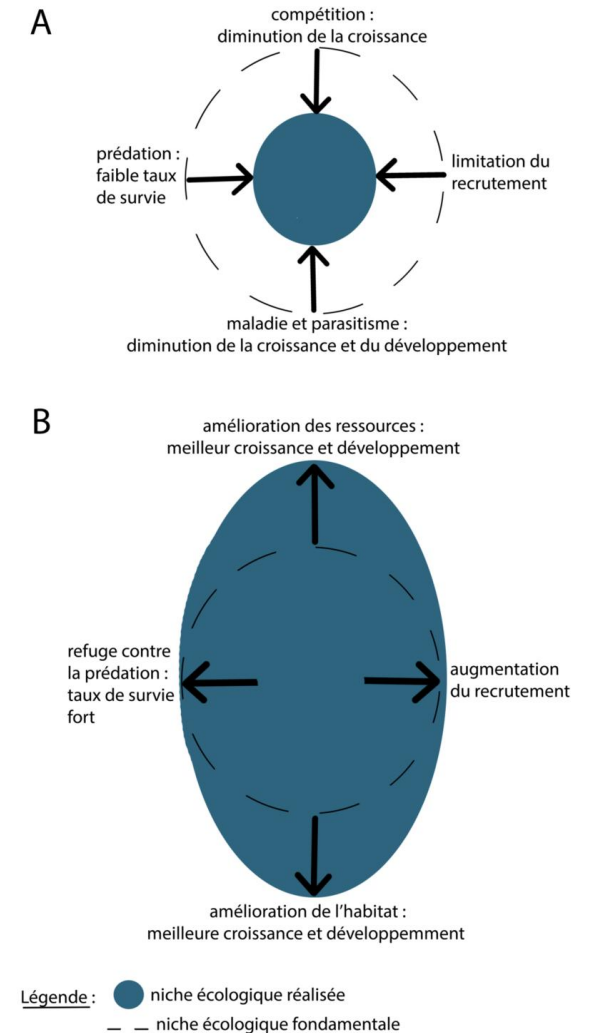
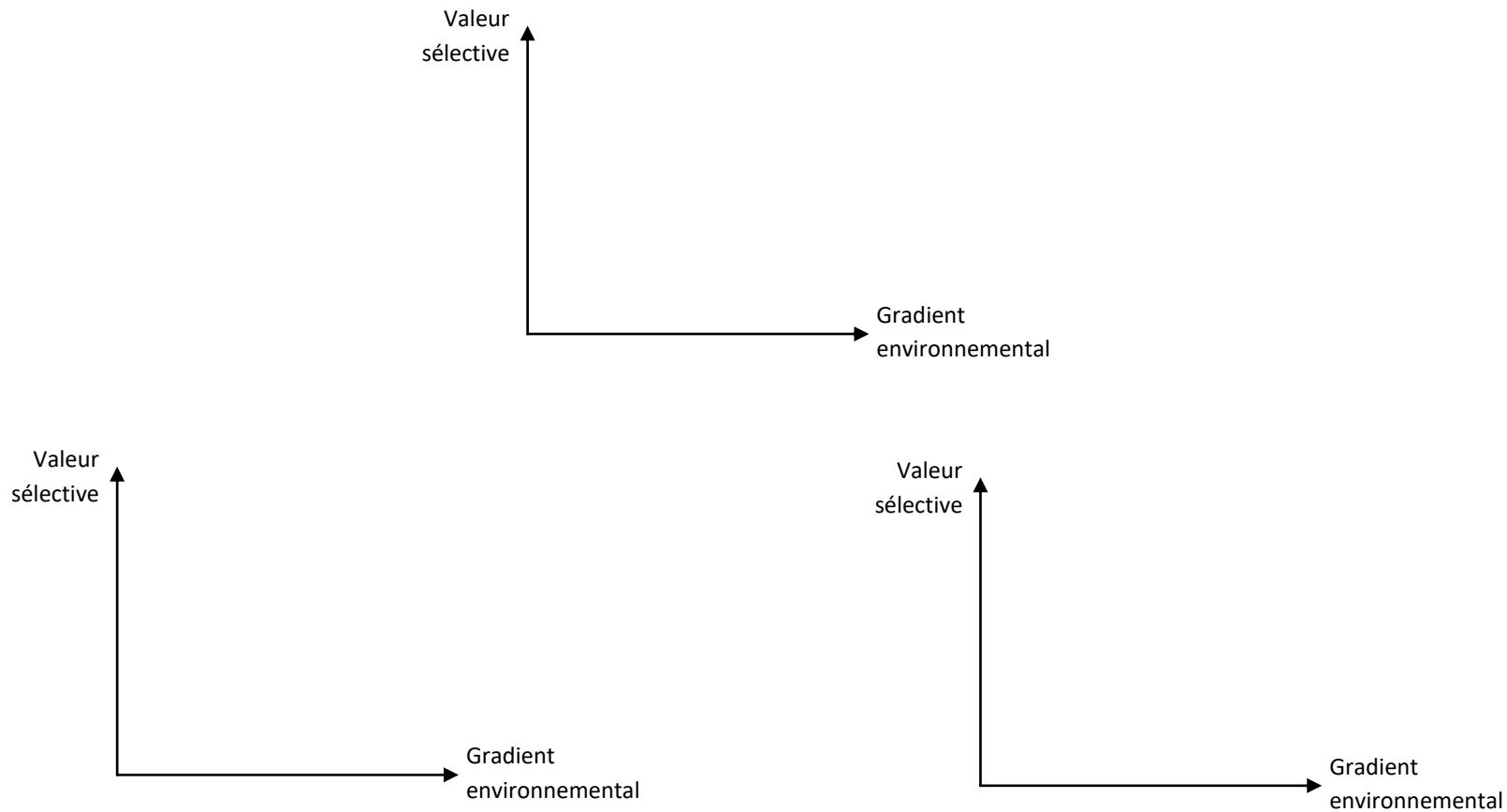
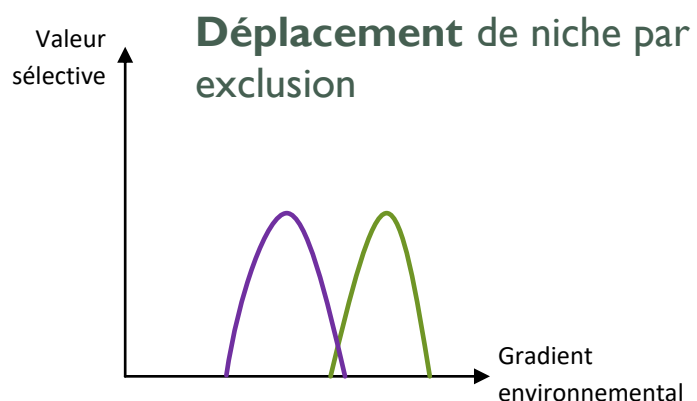
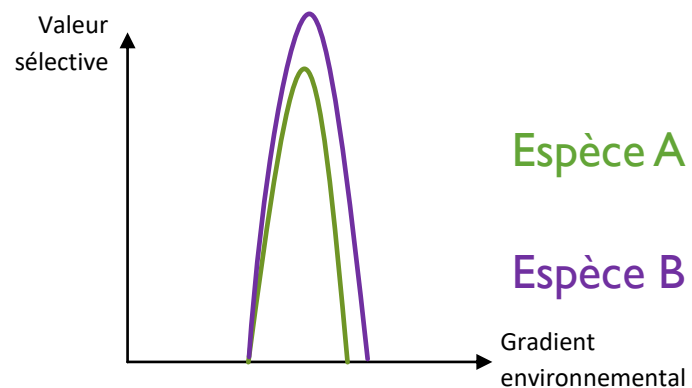


Schéma bilan de généralisation de niche écologique potentielle vs niche écologique réalisée

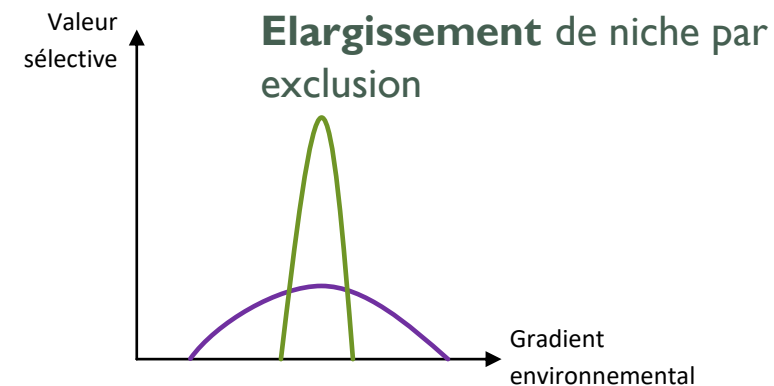
# D. EFFET DES RELATIONS INTERSPÉCIFIQUES SUR LES NICHES ÉCOLOGIQUES ET LA BIODIVERSITÉ



## I. Restriction de la niche écologique à la niche réalisée



OU



*Schéma bilan de généralisation de niche écologique potentielle vs niche écologique réalisée*

## D. EFFET DES RELATIONS INTERSPÉCIFIQUES SUR LES NICHES ÉCOLOGIQUES ET LA BIODIVERSITÉ

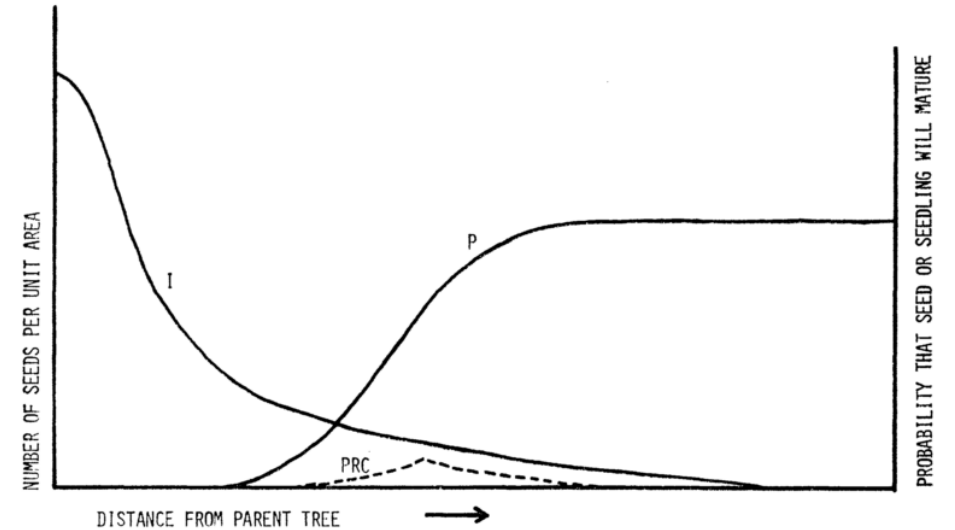
### 2. Maintien de la biodiversité

#### 2.1. Effet Janzen-Connell sur la végétation

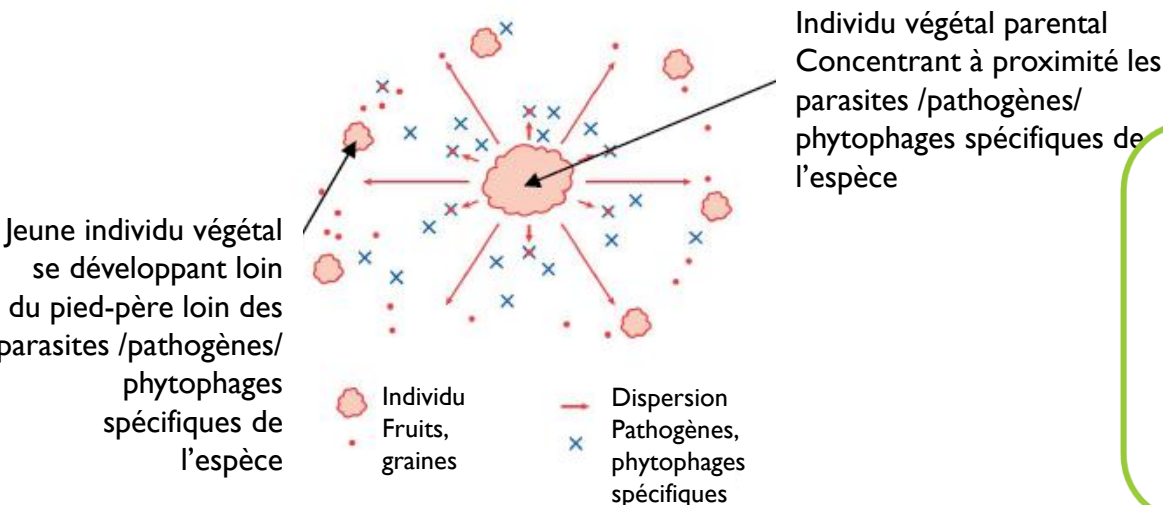
Pb : comment expliquer que la probabilité de maturation d'une plantule augmente avec l'éloignement du pied parent?

##### ■ Représentation graphique du modèle de Janzen-Connell :

- probabilité de maturation d'une graine ou plantule en fonction de la distance par rapport à l'arbre parent
- nombre de graines par unité de surface (I)  $\searrow$  rapidement en fonction de la distance par rapport à l'arbre parent
- mais la probabilité (P) qu'une graine ou plantule échappe aux prédateurs avant sa maturation  $\nearrow$ .
- La différence entre ces deux courbes produit une **courbe de recrutement de la population (PRC)**



L'effet Janzen-Connell



##### Conséquence écologique :

A cause des pathogènes, l'installation d'une espèce bride sa propre prolifération. Une autre espèce vivant dans la même niche, mais avec des pathogènes différents, peut donc s'y installer pourvu que les ressources restent suffisantes.

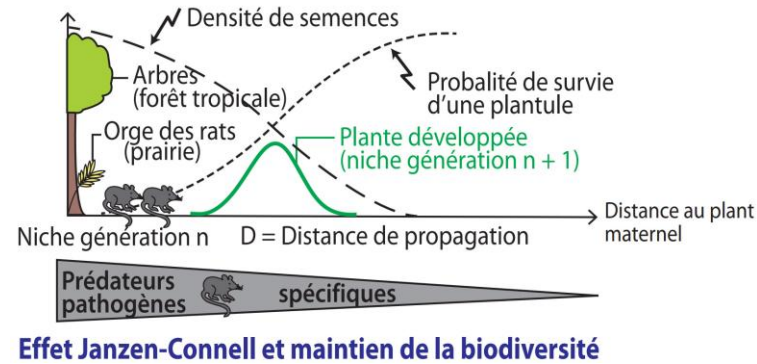
- ⇒ **Augmentation de la richesse spécifique et limitation de la compétition intraspécifique** (faible densité de chaque espèce)
- ⇒ Augmentation de la richesse spécifique dans des environnements climatiques avec de nombreuses espèces stratégie K
- ⇒ Plus grande diversité spécifique en forêt équatoriale qu'en forêt tempérée

## D. EFFET DES RELATIONS INTERSPÉCIFIQUES SUR LES NICHES ÉCOLOGIQUES ET LA BIODIVERSITÉ

### 2. Maintien de la biodiversité

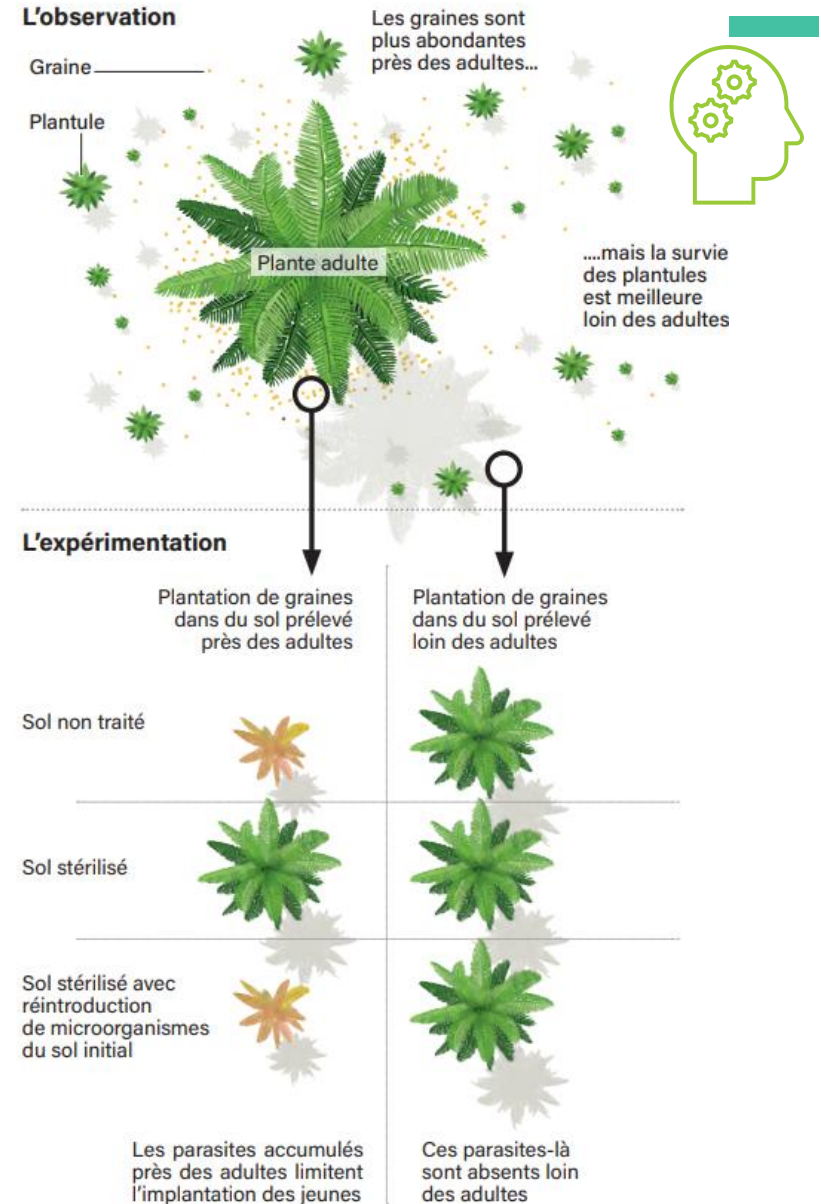
#### 2.1. Effet Janzen-Connell sur la végétation

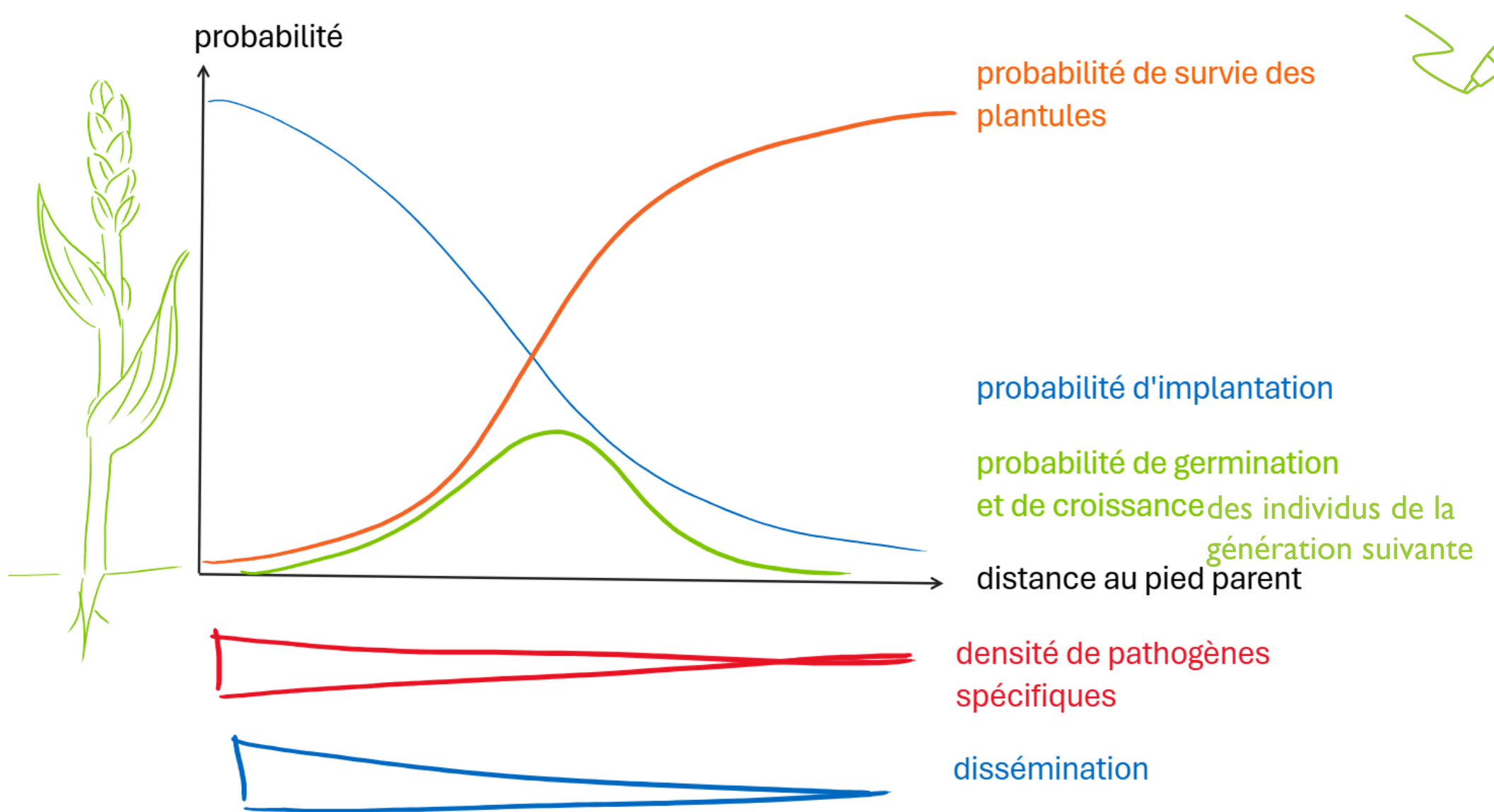
- effet **Janzen Connell** explique la **dispersion** des plantes d'une même espèce à l'origine d'un **maintien de biodiversité**.



- En prairie tempérée, en faisant pousser différentes plantes sur sol d'origine ou autre sol et en réalisant différents traitements (stérilisation, fongicides, charbon actif qui enlève l'allélopathie, ... ), on montre que :
  - de nombreuses plantes ont plus de mal à pousser sur leur sol d'origine, certaines du fait de substances allélopathiques, de champignons ou de bactéries (Orge des rats, utilisé en interligne de vigne)
  - pour d'autres, aucun effet n'est observé (Dactyles)
  - certaines espèces facilitent le développement de leur conspécifique (la Luzerne attire Rhizobium qui promeut le développement des Luzernes).

⇒ Importance de la rotation des cultures dans la gestion des agrosystèmes





*Schématisation de l'effet Janzen-Connell*

## D. EFFET DES RELATIONS INTERSPÉCIFIQUES SUR LES NICHES ÉCOLOGIQUES ET LA BIODIVERSITÉ

### 2.2. Espèces clés de voûte



(b)



(c)

Ecologie, Ricklefs, De Boeck, p420



Espèce clé de voûte: métaphore architecturale - clé de voûte = pierre centrale ne supportant pas le poids de l'arche mais essentielle au maintien de l'édifice

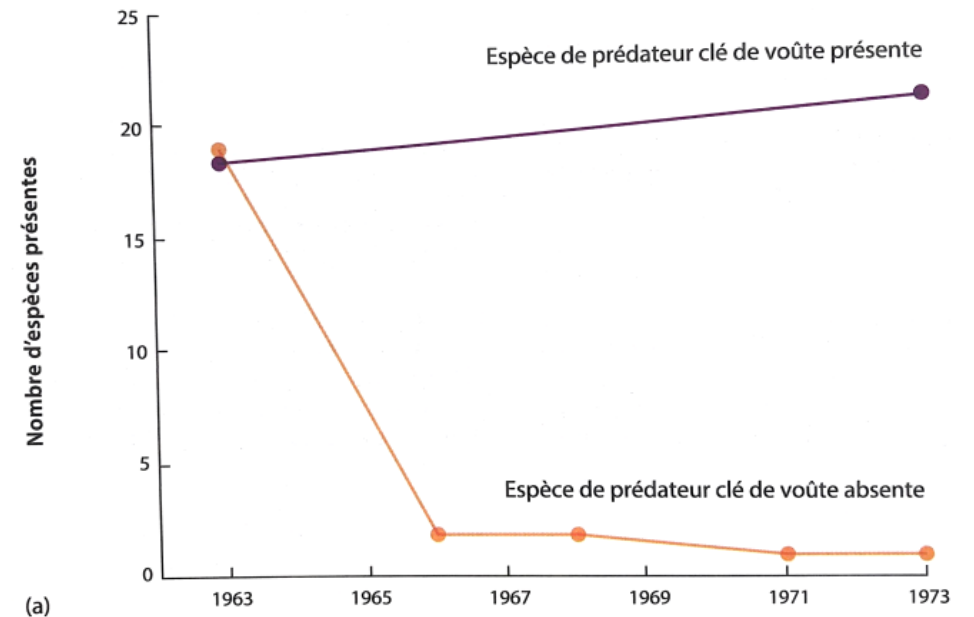
**Figure 18.15** Le rôle d'espèce clé de voûte de l'étoile de mer. (a) Bien qu'elles ne soient pas très abondantes, les étoiles de mer agissent comme des espèces clé de voûte dans les communautés intertidales le long des côtes de l'état de Washington car elles éliminent les moules dominantes de manière compétitive. (b) Dans les zones où les étoiles de mer ont été éliminées, les moules qui sont supérieures du point de vue compétitif ont dominé la communauté et provoqué une baisse de la diversité des espèces inférieures du point de vue compétitif. (c) Dans les zones où les étoiles de mer se sont maintenues, la communauté conserve une forte diversité d'espèces intertidales. D'après Paine R. T., 1974. Intertidal community structure: Experimental studies on the relationship between a dominant competitor and its principal predator. *Oecologia*, 15, 93-120. Photos (b) Jonathan Hucke; (c) Gary Luhm/DanitaDelimont/Newscom/

#### ■ Les espèces clés de voûte influent sur la communauté de différentes manières

- Prédateurs
- Parasites
- Herbivores
- Compétiteurs

- Dans les années 70 expériences de Robert Plaine dans zone intertidale avec cages empêchant les étoiles de mer prédatrices de se nourrir ( de moules, balanes, patelles et bigorneaux).

⇒ Une seule espèce de moules (*Mytilus californicus*) devient dominante



## D. EFFET DES RELATIONS INTERSPÉCIFIQUES SUR LES NICHES ÉCOLOGIQUES ET LA BIODIVERSITÉ

### 2.2. Espèces clés de voûte

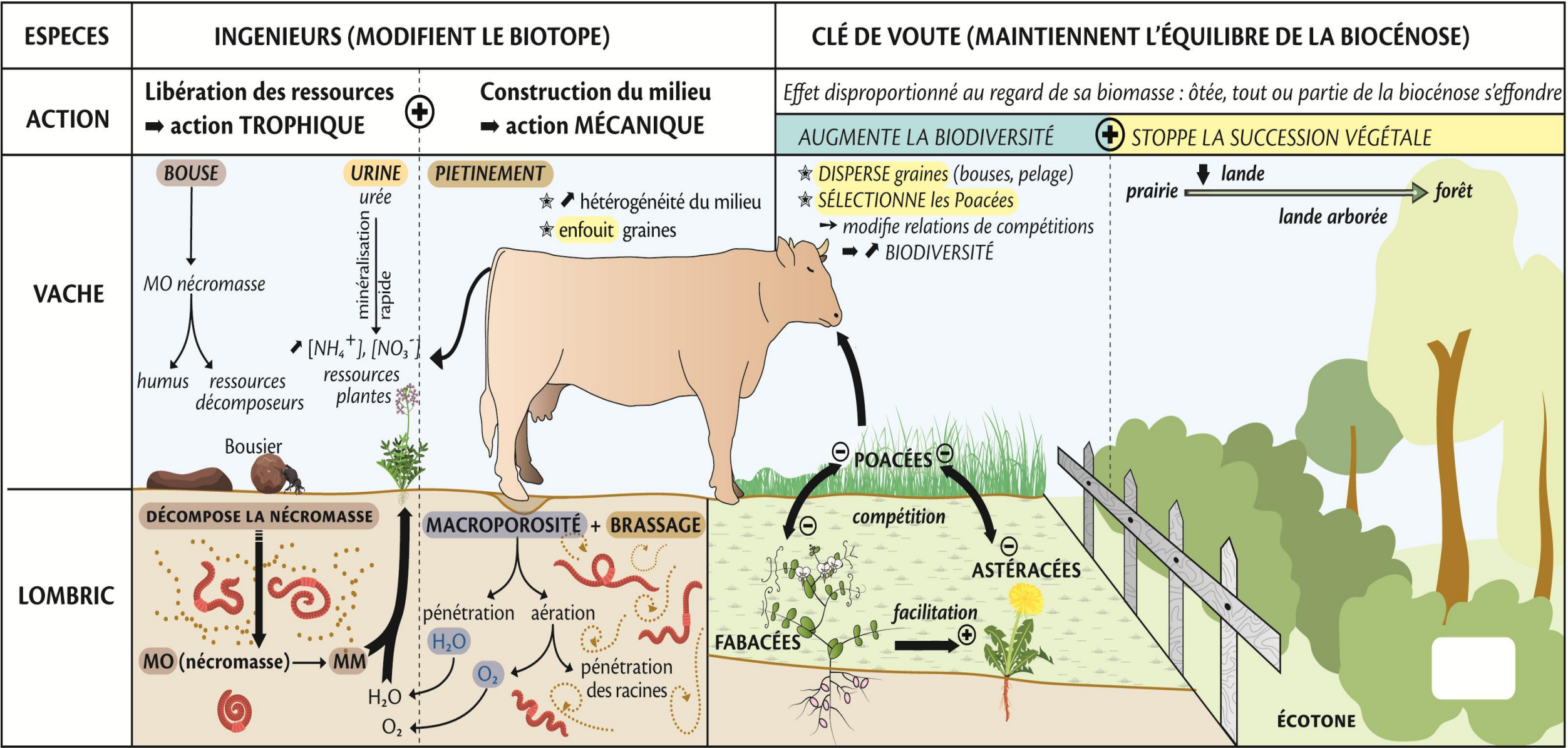
**espèce clé de voûte** = espèce qui maintient l'équilibre de la biocénose, ayant un effet disproportionné sur la structure et le fonctionnement de l'écosystème au regard de son effectif ou de sa biomasse, **lorsqu'elle est retirée, tout ou partie de la biocénose s'effondre**. Elle assure **l'équilibre** de la biocénose donc de l'écosystème. (ex prédateurs d'apex, Loups, Loutres)

Type	Mode d'action	Exemples
Prédateurs (carnivores ou herbivores)	Favorisent la coexistence d'espèces potentiellement compétitives	Étoiles de mer (Paine, 66, 80) Loutre de mer et oursins (Estes et al., 78) Rongeurs granivores (Brown et Heskes, 90)
Proies	Permettent le développement de prédateurs ou d'herbivores et la survie d'autres espèces que, du fait de leur présence, ceux-ci ne surconsument pas	Nombreuses plantes (Terborgh, 86)
Mutualistes	Favorisent le maintien des espèces auxquelles ils sont associés — et de toutes celles qui en dépendent	Pollinisateurs et disperseurs de graines (Gilbert, 80 ; Terborgh, 86)
Modificateurs du milieu	Créent des structures ou des paysages qui permettent l'installation et le maintien d'autres espèces	Gros herbivores (Owen - Smith, 87)



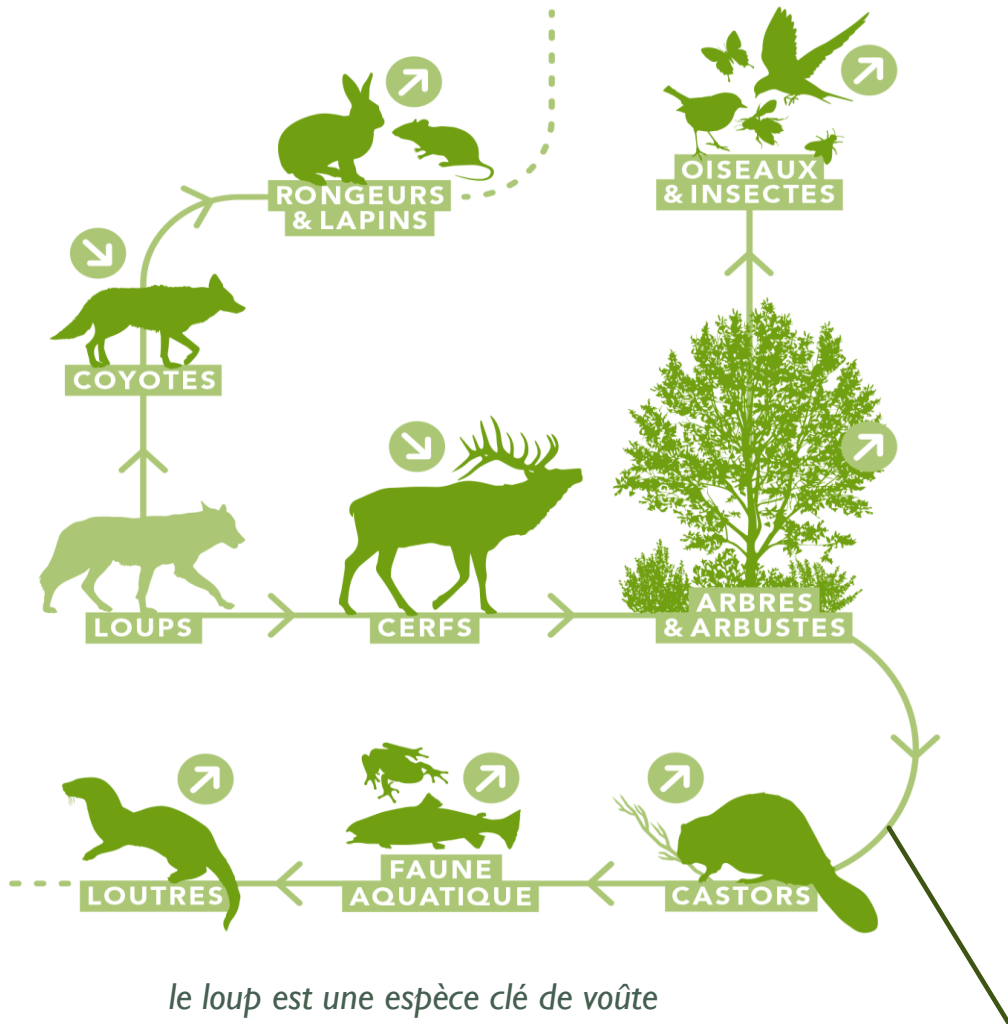
La **vache** est une **espèce clé de voûte** de l'écosystème pâture car :

- **Elle bloque l'évolution naturelle de la prairie en forêt** (si elle s'arrête de brouter la prairie évolue spontanément en lande puis en forêt (voir IV))
- **Elle maintient la biodiversité de la prairie** en :  
**dispersant les graines** par ses bouses et son pelage (endo- et épizoochorie)  
**modifiant les relations de compétition au sein de la strate herbacée** : en ingérant préférentiellement les Poacées, elle les empêche d'envahir l'écosystème, permettant ainsi aux herbacées non Poacées de fleurir (or ce sont elles qui sont responsables de la grande diversité des prairies)  
→ les vaches **maintiennent la biodiversité de la prairie**.



## D. EFFET DES RELATIONS INTERSPÉCIFIQUES SUR LES NICHES ÉCOLOGIQUES ET LA BIODIVERSITÉ

### 2.2. Espèces clés de voûte



**espèce clé de voûte** = espèce qui **maintient l'équilibre de la biocénose**, ayant un effet disproportionné sur la structure et le fonctionnement de l'écosystème au regard de son effectif ou de sa biomasse, **lorsqu'elle est retirée, tout ou partie de la biocénose s'effondre.**

Elle assure **l'équilibre** de la biocénose donc de l'écosystème. (ex prédateurs d'apex, Loups, Loutres)

le loup est une espèce clé de voûte qui régule le nombre d'ongulés. Sans loup, la forêt diminue en raison de la consommation excessive des bourgeons et des feuilles par les ongulés.

**Intérêt :** Déterminer quelles sont les espèces clés de voûte d'un écosystème permet de mieux cibler les actions de protection de la nature (c'est plus efficace que de chercher à protéger des espèces emblématiques ).

**Bilan :** Les différentes relations interspécifiques forment un réseau complexe d'interactions dont il est parfois délicat de cerner la part exacte des unes ou des autres.

Attention ce schéma n'est pas un réseau trophique mais une illustration des interactions de régulation