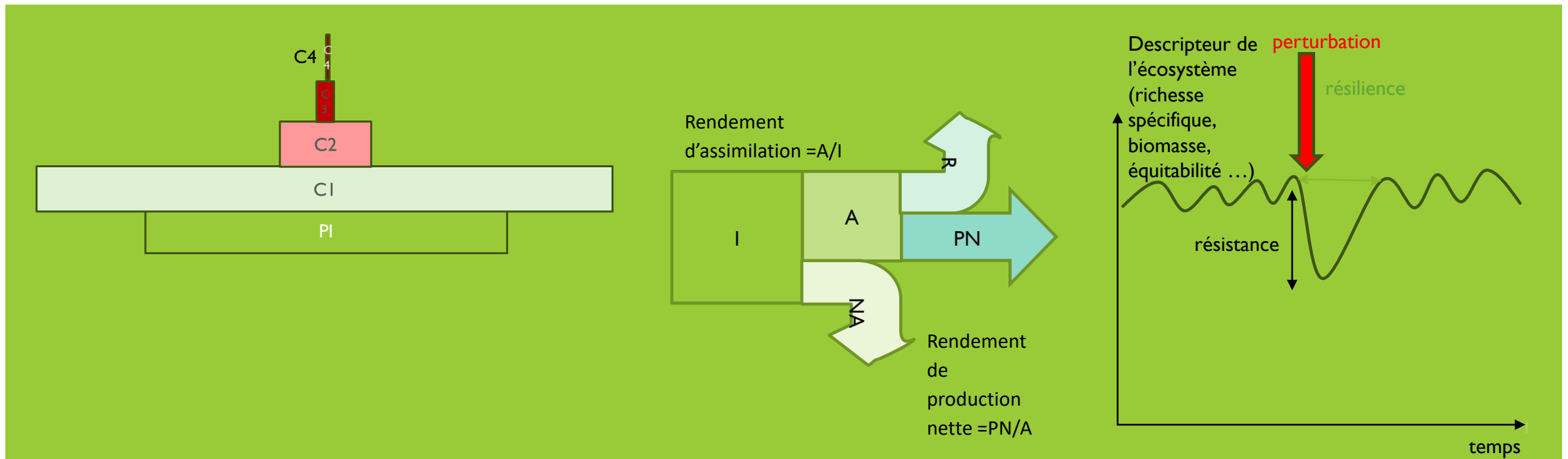


SV-J-2-LES ÉCOSYSTÈMES: STRUCTURE, FONCTIONNEMENT ET DYNAMIQUE

FONCTIONNEMENT ET DYNAMIQUE



OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

- 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.
- Leur fonctionnement peut être représenté **quantitativement** par des pyramides.
- Dans le système herbe-vache, la symbiose avec les micro-organismes et l'utilisation croisée des déchets augmentent le **rendement** entre échelons trophiques.
- Il existe des **régulations des effectifs** de façon ascendante (bottom-up) et descendante (top-down).
- La **productivité**, définie comme la production divisée par la biomasse de producteur, varie selon l'écosystème.
- L'écosystème est un système ouvert dont le fonctionnement repose sur un flux de matière et d'énergie.
- 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.
- Les écosystèmes délivrent des **services écosystémiques**. Leur gestion nécessite d'intégrer leurs dynamique suite à des perturbations.
- Caractériser des interactions parasites, compétitives ou mutualistes.
- Décrire et relier les relations interspécifiques à la dynamique d'une population et à la niche écologique / potentielle.
- Expliquer le rôle des bovins, espèce clé de voûte.
- Caractériser pour chaque niveau trophique la production de biomasse et comparer pour chaque niveau les productions et les rendements.
- Discuter de la place de la vache dans les pyramides de production.
- Comparer des productivités et montrer l'influence des paramètres abiotiques sur la production primaire.
- Discuter des rôles de décomposeurs et des chimiolithotrophes dans le recyclage des ressources minérales.
- Illustrer la notion de perturbation.
- Expliquer la différence entre résistance et résilience d'un écosystème.
- 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

PLAN DU COURS

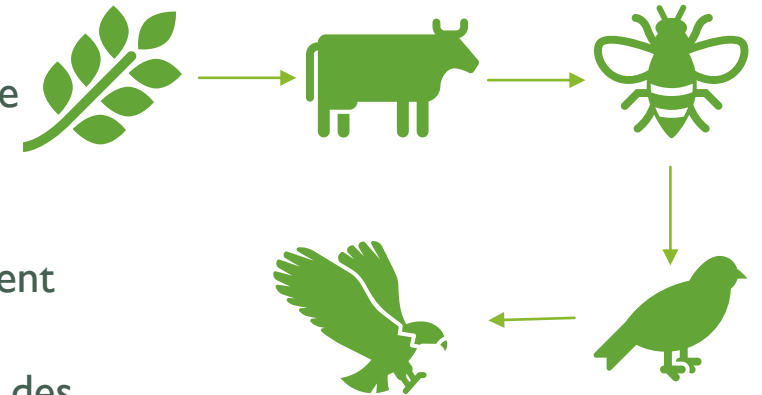
- I. L'écosystème, un espace circonscrit caractérisé par un biotope, une biocénose et des relations entretenues entre biotope et biocénose
 - A. La prairie, une surface biologique constituant une unité fonctionnelle
 - B. Le biotope : le milieu dans lequel évoluent les êtres vivants
 - C. La biocénose : 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)

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

I. Les différents niveaux trophiques

- **chaîne trophique**: suite de relations alimentaires dans laquelle chacun est mangé par celui qui le suit.
- **niveaux trophiques** : rang occupé par une espèce dans une chaîne trophique
- Tous les organismes produisent de la matière organique : ce sont tous des **producteurs**.
- Les **organismes autotrophes** produisent de la matière organique directement à partir de la matière minérale : ce sont des **producteurs primaires**.
- Les organismes hétérotrophes consomment de la matière organique : ce sont des **consommateurs**



- ⇒ Niveau 1 = organismes autotrophes = **producteurs primaires**
- ⇒ Niveau 2 = phytophages = **consommateurs primaires** et **producteurs secondaires**
- ⇒ Niveau 3 = prédateurs (carnivores) ou parasites des phytophages = **consommateurs secondaires** et **producteurs tertiaires**
- ⇒ **décomposeurs** = organismes se nourrissant de matière organique morte constituent le dernier maillon

lumière + Matière Minérale → P₁
poacée → Vache C₁ → Taon C₂ →
Tarier C₃ → Busard C₄

A. LES INTERACTIONS TROPHIQUES CONSTITUENT DES CHAÎNES ET DES RÉSEAUX TROPHIQUES

I. Les différents niveaux trophiques



Mulot



Tarier pâtre



Busard

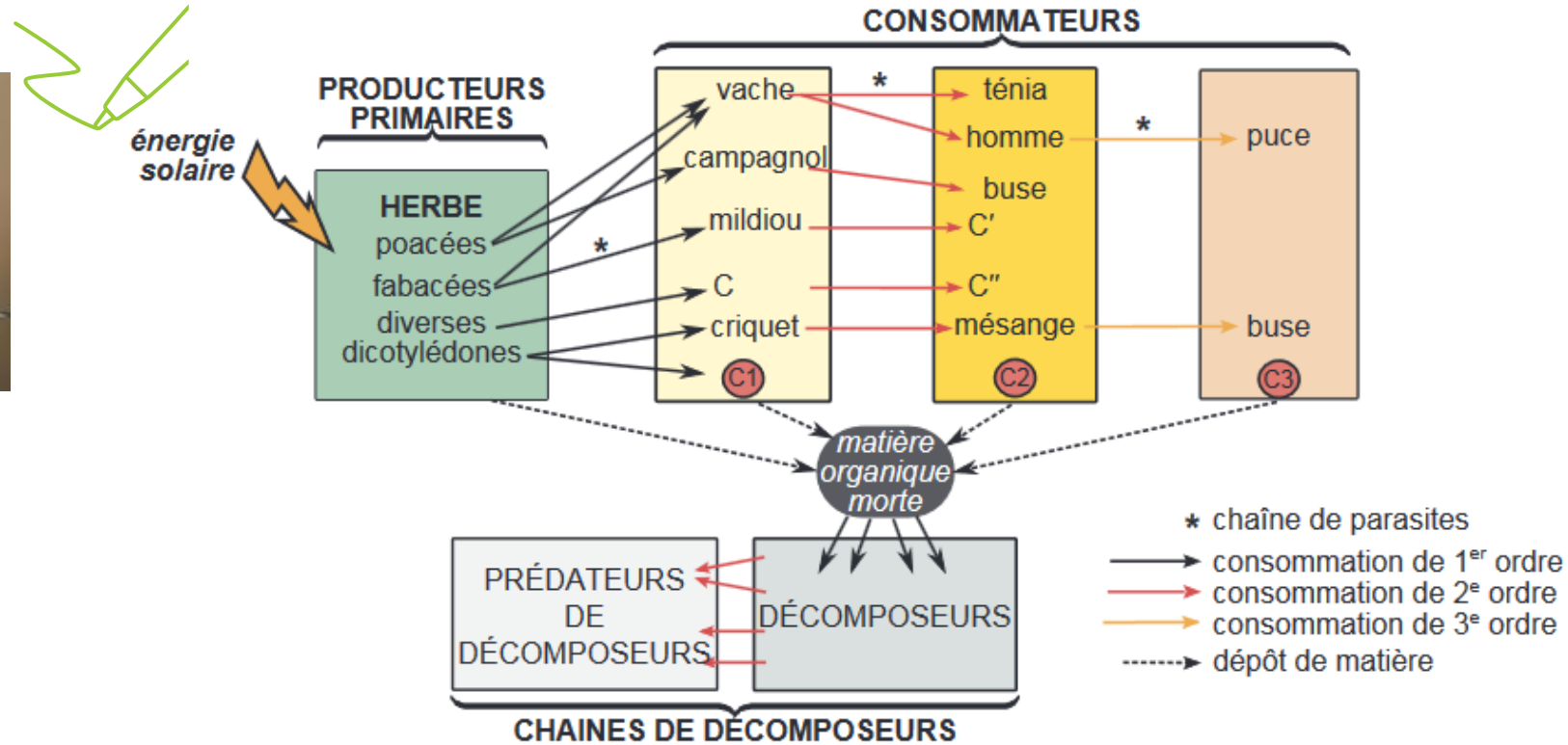


Figure 17.17 Représentation très simplifiée du réseau trophique d'une prairie.
Représentation simplifiée du réseau trophique d'une prairie (Dunod, ed 2021)

Exemples de chaînes trophiques dans la prairie

- lumière + matière minérale → P₁ Poacée → Vache C₁(P₂) herbivore *non vrai* : microbiote → Homme C₂(P₃) (chaîne courte moins de pertes)
 - lumière + matière minérale → P₁ Fabacée → Campagnol C₁(P₂) herbivore → Busard C₂(P₃)
 - lumière + matière minérale → P₁ Poacée → Criquet C₁/P₂ herbivore → Tarier pâtre C₂(P₃) → Busard C₃(P₄)
 - lumière + matière minérale → P₁ Poacée → Vache C₁ → Taon C₂ → Tarier C₃ → Busard C₄
- MO morte → décomposeurs

A. LES INTERACTIONS TROPHIQUES CONSTITUENT DES CHAÎNES ET DES RÉSEAUX TROPHIQUES

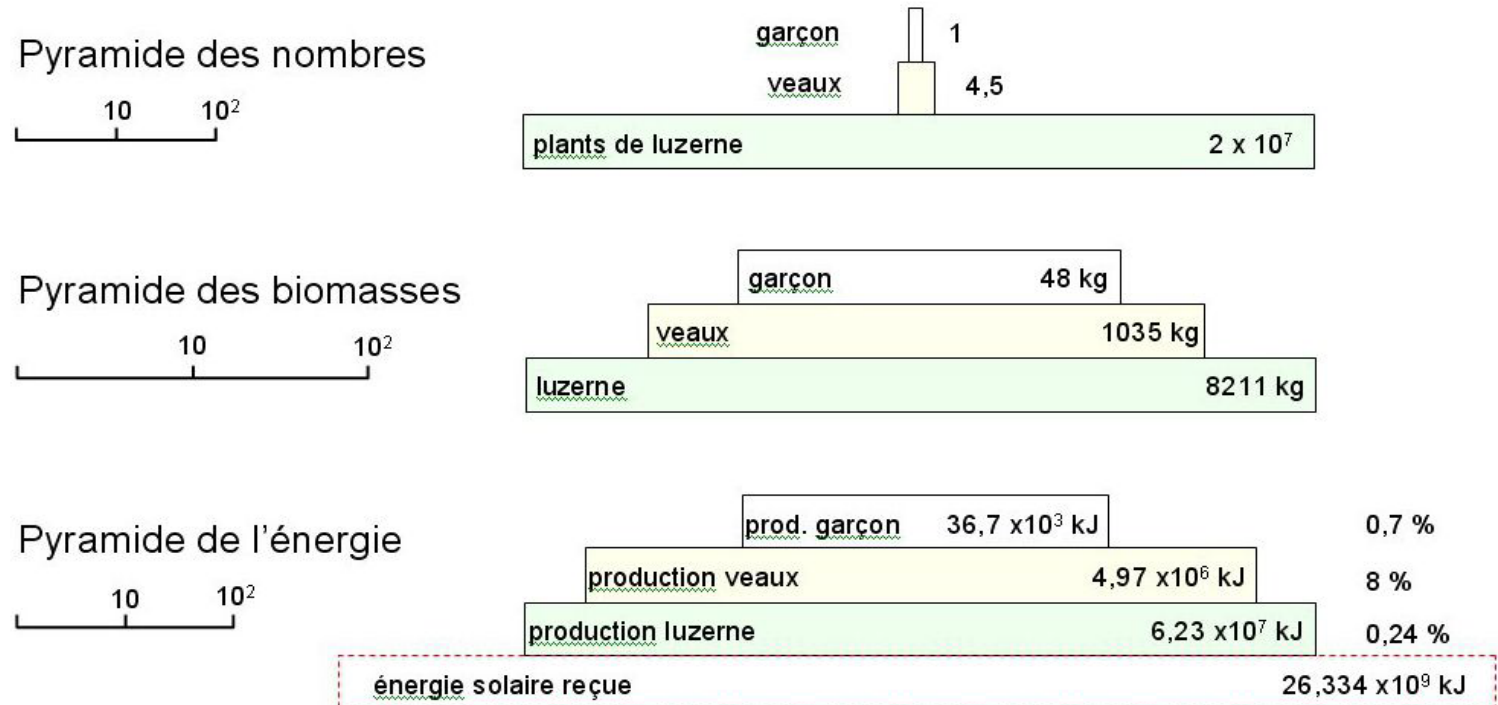
2. Une représentation quantitative : les pyramides écologiques



2.1. Principe de construction d'une pyramide écologique :

- Une pyramide écologique = représentation pyramidale et proportionnelle de **l'effectif** (pyramide des nombres = d'effectifs), de la **biomasse** (= pyramide de biomasses) ou des **énergies** (pyramide des énergies) contenus **dans chaque niveau trophique** d'une chaîne alimentaire.
- Chaque niveau trophique est présenté sous forme d'un rectangle.
- Niveau I (PI) en bas de la pyramide.
- ✓ **Rq : les décomposeurs ne figurent pas sur la pyramide.**
- Intérêt d'une pyramide:
 - montre **l'importance quantitative** de chaque **niveau trophique**.
 - Quantification des « **pertes** » **entre chaque niveau trophique**

Écosystème « idéal » : champ de luzerne de 4 ha qui sert à nourrir des veaux eux mêmes mangés en un an par un enfant



Pyramides écologiques dans une prairie

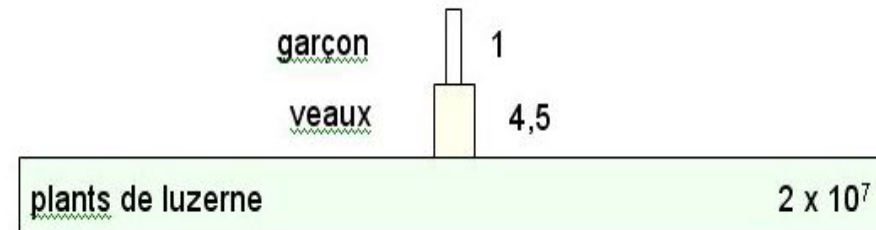
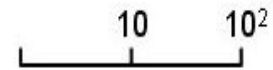
A. LES INTERACTIONS TROPHIQUES CONSTITUENT DES CHAÎNES ET DES RÉSEAUX TROPHIQUES

2. Une représentation quantitative : les pyramides écologiques

2.1. Principe de construction d'une pyramide écologique :

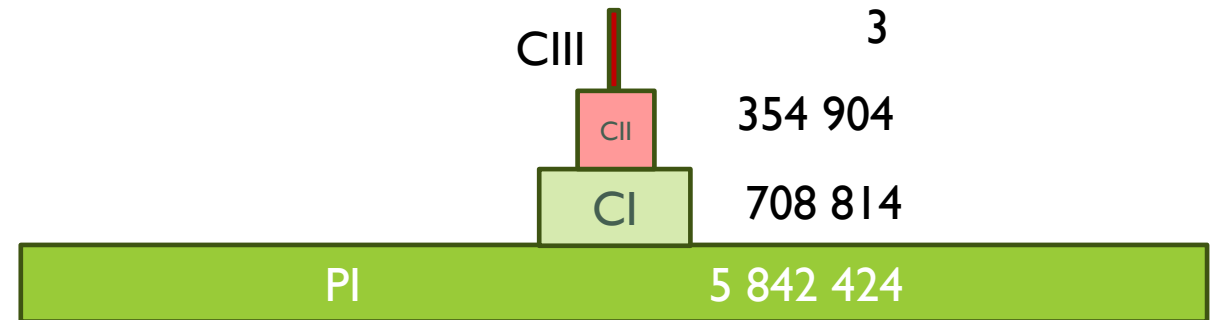
Écosystème « idéal » : champ de luzerne de 4 ha qui sert à nourrir des veaux eux mêmes mangés en un an par un enfant

Pyramide des nombres



■ Pyramide des nombres :

- permet **d'évaluer les populations** donc les épisodes de **pullulation ou extinction**
- donne **peu d'informations sur les flux de matière et d'énergie** car la taille des organismes varie bcp d'une espèce à l'autre
- ✓ *ex : pyramide inversée si le producteur est un chêne*



PI: producteurs primaires: pâturin des prés

CI: herbivores: insectes et bétail

C2: carnivores: consommateurs des insectes phytophages

C3: prédateurs des carnivores

Les chiffres correspondent au nombre d'individus/unité de surface

*Pyramide des nombres dans une prairie américaine à *Poa pratensis**

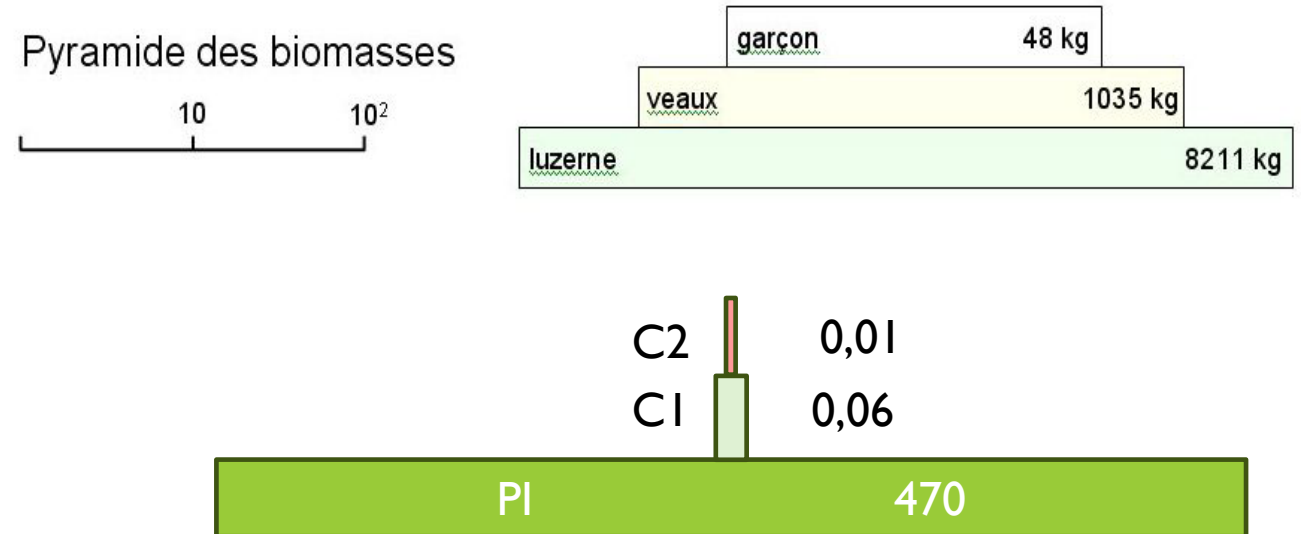
A. LES INTERACTIONS TROPHIQUES CONSTITUENT DES CHAÎNES ET DES RÉSEAUX TROPHIQUES

2. Une représentation quantitative : les pyramides écologiques

2.1. Principe de construction d'une pyramide écologique :

- **Pyramide des biomasses en kg ou t** (1 tonne = 1000 kg) :
 - évalue la **masse de producteurs par rapport aux consommateurs** (en matière sèche) et **intègre les pertes de MO.**
 - **pas représentative de la qualité alimentaire** des niveaux trophiques (1g d'herbe n'équivaut pas à 1g de viande qui n'équivaut pas à 1g d'os)
 - ✓ En convertissant les biomasses en valeur énergétique (en kilojoule), la représentation pyramidale devient qualitative.

biomasse (t/ha) = quantité de matière vivante à un instant donné par unité de surface (prairie de fauche = 10t/ha, forêt tempérée 300t/ha) exprimée en masse sèche ou fraîche (ou masse de C) par unité de surface, ou de volume ou d'individus ou en volume ou en nb d'individus



PI: plantes

C1: insectes, rongeurs, oiseaux

C2: araignées, punaises, coccinelles, mammifères

Les chiffres correspondent à la biomasse des individus en kg/m²

Pyramide des biomasses dans un champ abandonné de Géorgie

A. LES INTERACTIONS TROPHIQUES CONSTITUENT DES CHAÎNES ET DES RÉSEAUX TROPHIQUES

2. Une représentation quantitative : les pyramides écologiques



2.1. Principe de construction d'une pyramide écologique :

- **Pyramide des biomasses (unité de masse/unité de surface):**

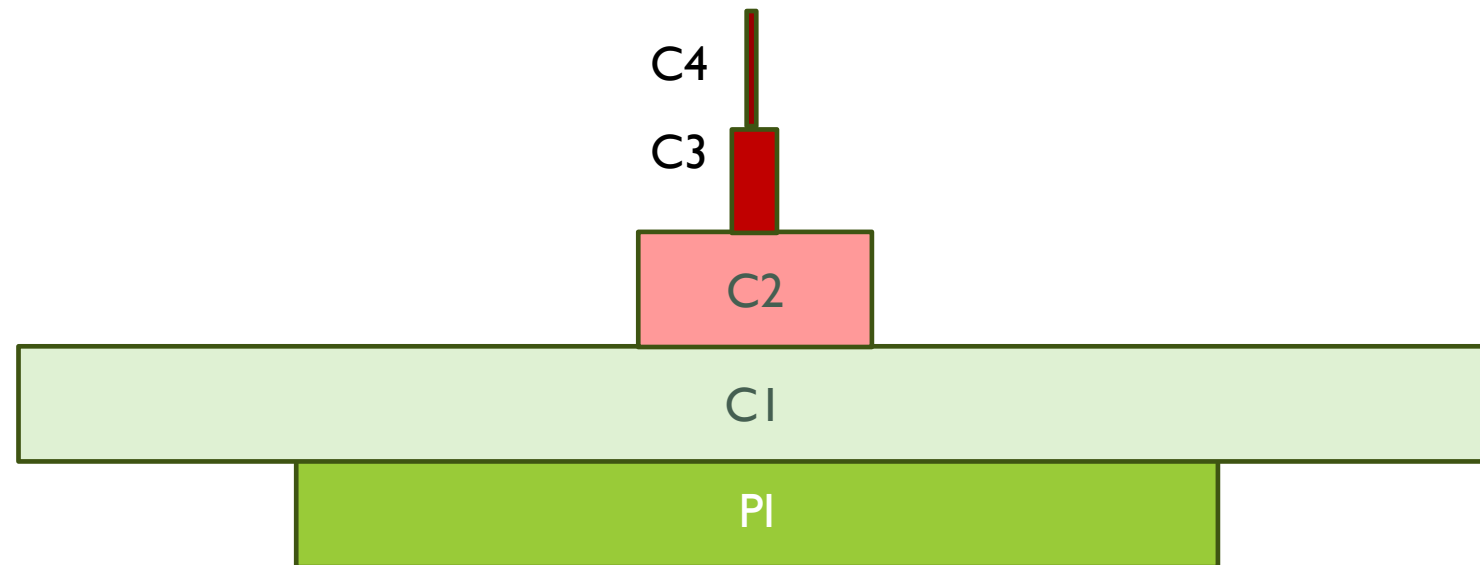
Les écosystèmes océaniques ont des **pyramides inversées**

- biomasse bcp plus faible
- biomasse phytoplancton < zooplancton mais **très renouvelée**
 - ✓ Temps renouvellement phytoplancton: 2 jours
 - ✓ Temps renouvellement zooplancton: 60 jours
- production un peu plus faible (1/10^{ème})
- **productivité bcp plus forte (fort turn over)** car plancton a très **faible durée de vie**
- La gestion est donc différente en termes :
 - ✓ d'analyse des réponses aux perturbations
 - ✓ de gestion des ressources

*Pyramide des biomasses de l'écosystème océanique **inversée***



Some aquatic ecosystems (data from the English Channel)



P1: phytoplancton

C1: zooplancton

C2: téléostéens planctonivores

Les chiffres sont exprimés en tonnes/ha

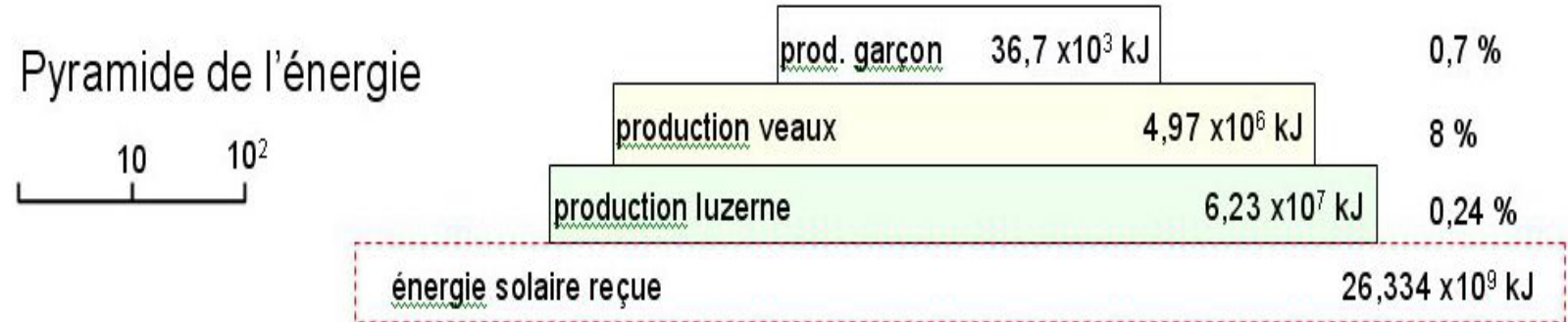
C3: poissons carnivores

C4: téléostéens supercarnivores (thon)

A. LES INTERACTIONS TROPHIQUES CONSTITUENT DES CHAÎNES ET DES RÉSEAUX TROPHIQUES

2. Une représentation quantitative : les pyramides écologiques

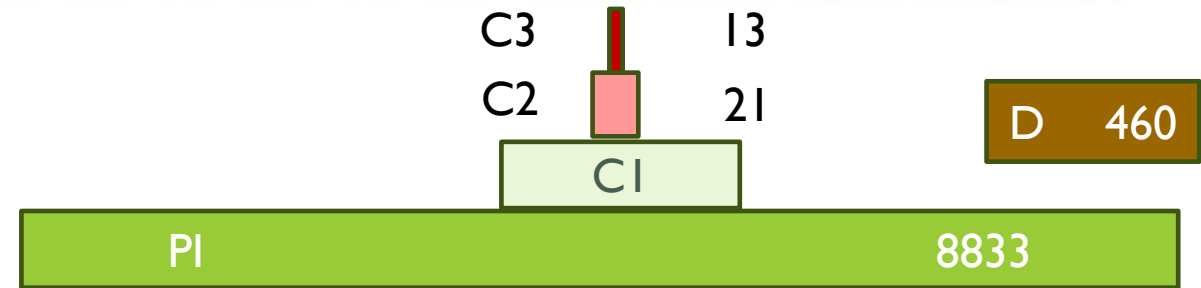
2.1. Principe de construction d'une pyramide écologique :



■ Pyramide des énergies en kJ/surface/an :

- permet de faire **figurer l'énergie solaire** sur l'écosystème mettant ainsi en évidence la capacité des producteurs à convertir l'énergie solaire.
- les valeurs exprimées en kJ résultent de calculs et d'approximations.

Pyramide des énergies dans les sources des Silver Springs en Floride



- PI: producteurs primaires aquatiques
 - CI: herbivores aquatiques: tortues, téléostéens, crustacés, gastéropodes, insectes
 - C2: carnivores primaires: téléostéens, lissamphibiens, oiseaux
 - C3: téléostéens carnivores secondaires, reptiles
 - D: décomposeurs
- Les chiffres sont exprimés en kcal/m²/an

A. LES INTERACTIONS TROPHIQUES CONSTITUENT DES CHAÎNES ET DES RÉSEAUX TROPHIQUES

3. Des chaînes trophiques interconnectées en réseau trophique

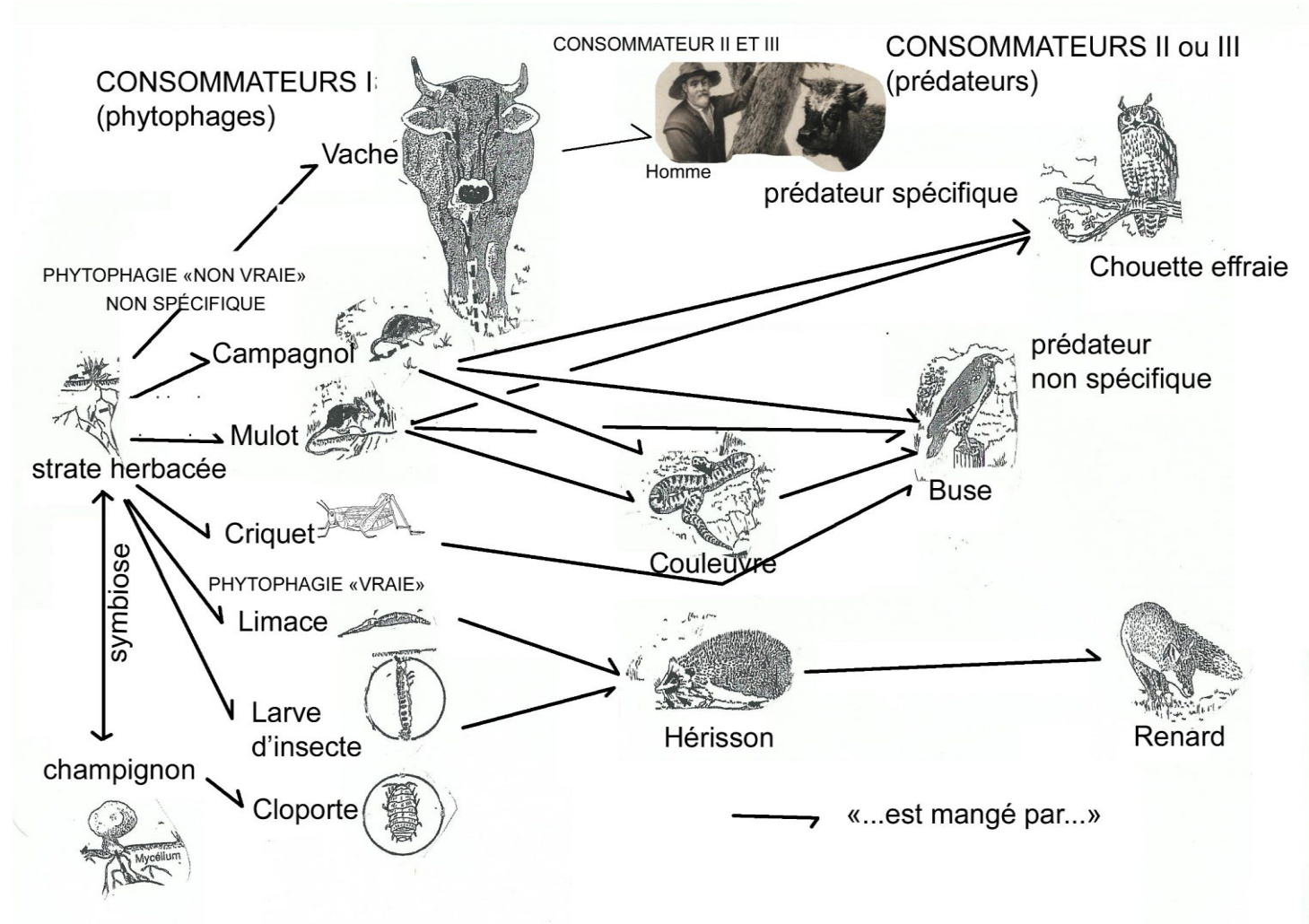
■ Certaines espèces polyphages

⇒ situées à des niveaux divers de plusieurs chaînes trophiques.

✓ Ex : buse qui consomme des campagnols et des criquets (buse = C2, niveau 3) ou des couleuvres (buse = C3, niveau 4).

■ Les décomposeurs microbiens dégradent la MO morte de plusieurs niveaux trophiques

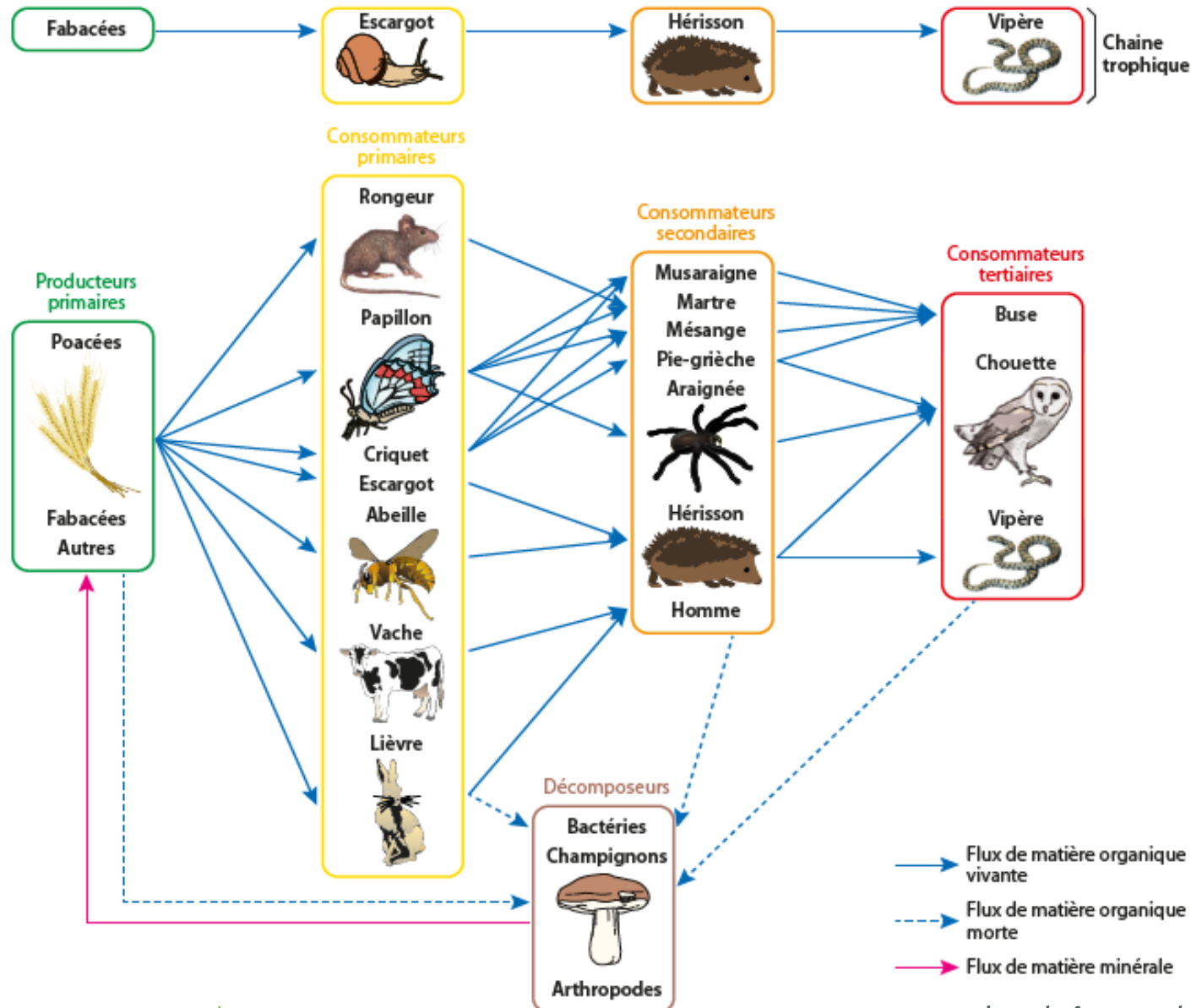
⇒ Les chaînes trophiques d'un écosystème sont **interconnectées** en un **réseau trophique**



Réseau trophique de la prairie D'après S Guellec

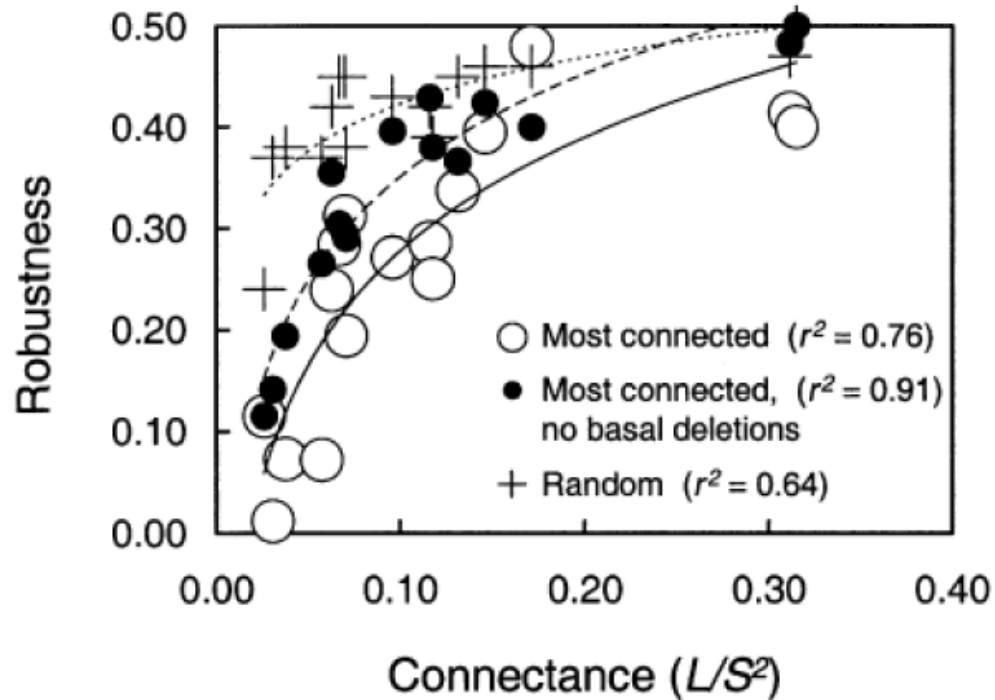
A. LES INTERACTIONS TROPHIQUES CONSTITUENT DES CHAÎNES ET DES RÉSEAUX TROPHIQUES

3. Des chaînes trophiques interconnectées en réseau trophique

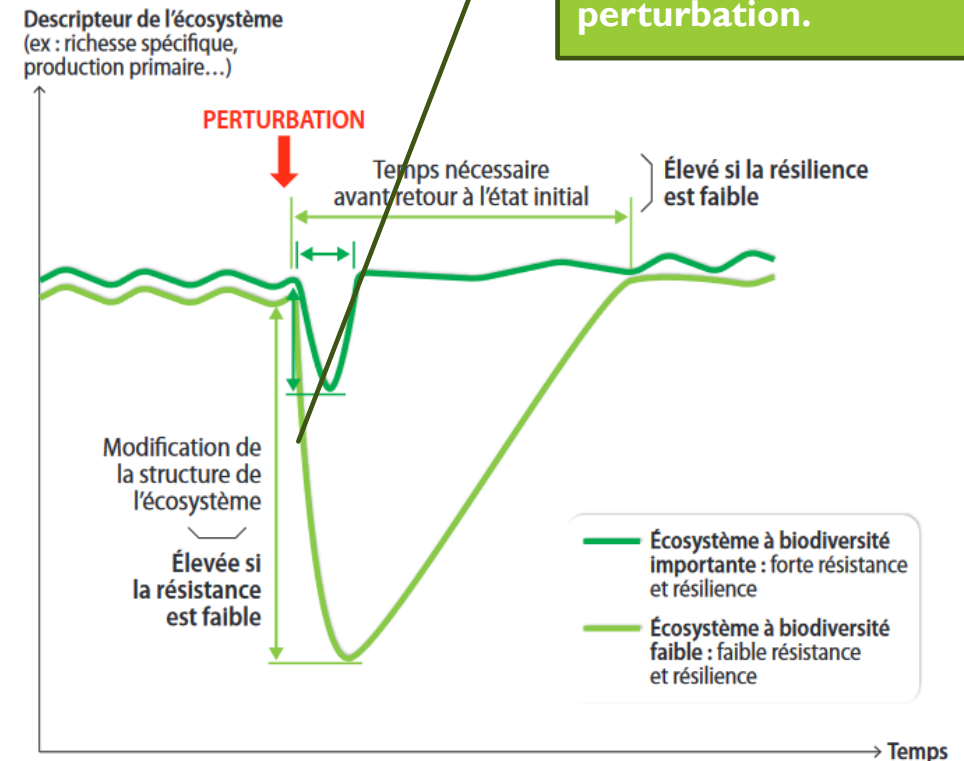


- Réseau trophique composé de plusieurs chaînes trophiques
- Chaque chaîne est composée de plusieurs maillons
- Chaque maillon peut :
 - Être consommé par plusieurs consommateurs différents
 - Consommer plusieurs espèces différentes (polyphages)

3. Des chaînes trophiques interconnectées en réseau trophique



Relation entre la **connectance** d'un réseau trophique et sa **stabilité** en cas de perte d'espèces (=robustesse)



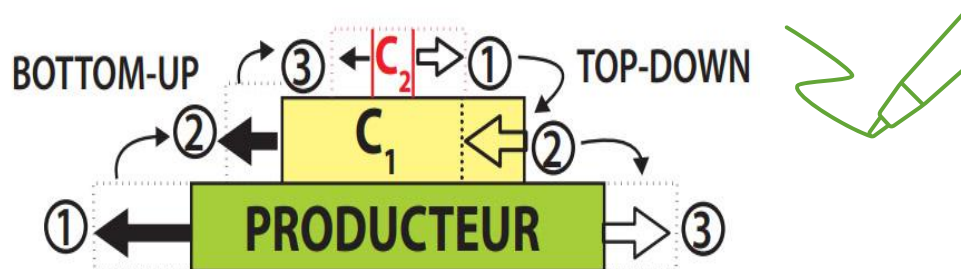
RESISTANCE= capacité à maintenir son état initial **PENDANT** une perturbation.

- ⇒ Plus un écosystème a une forte connectance (= nombre de liaisons existant effectivement entre les organismes et le nombre total de liaisons possibles) rapporté au nombre d'espèces, plus il est stable et résistant aux perturbations.
- ⇒ Une diversité spécifique et équitable d'un écosystème favorise sa **résistance**



4. Régulation des effectifs au sein d'un réseau

- Rappels sur **dynamique des populations**, si relations entre deux populations dissymétriques (+/-) \Rightarrow **fluctuations de populations** (Lotka Volterra)
- \Rightarrow Dans un système trophique, deux modalités de contrôle:
 - **Contrôle ascendant = Effet bottom-up = contrôle des effectifs par le bas** \rightarrow La quantité de **ressources** disponible dans les niveaux inférieurs définit celle des niveaux trophiques supérieurs \rightarrow production **primaire** conditionne le nombre de consommateurs primaires.
 - ✓ *Application en agroécologie: Les ressources minérales étant limitantes, l'ajout d'engrais dans un agrosystème augmente la productivité primaire donc la quantité des niveaux supérieurs : augmentation du nombre de bovins pouvant se nourrir sur la parcelle.*
 - **Contrôle descendant = effet top-down** : la prédation détermine la dynamique des phytophages
 - ✓ *Application en gestion de parcs animaliers*

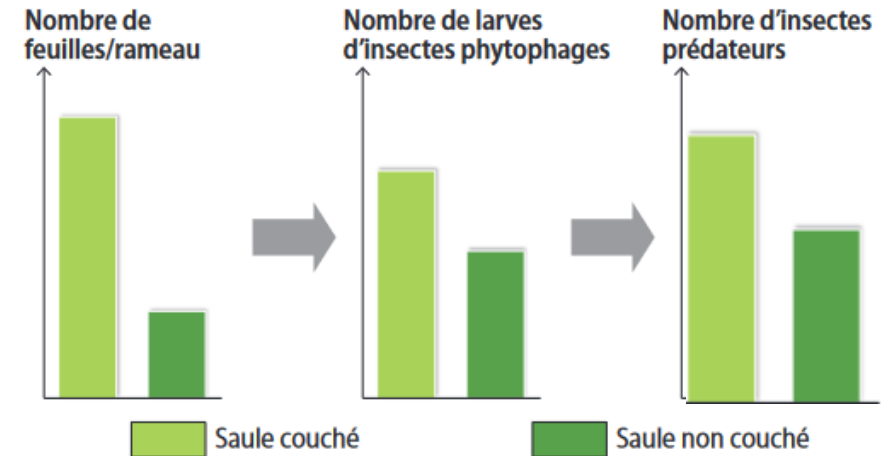
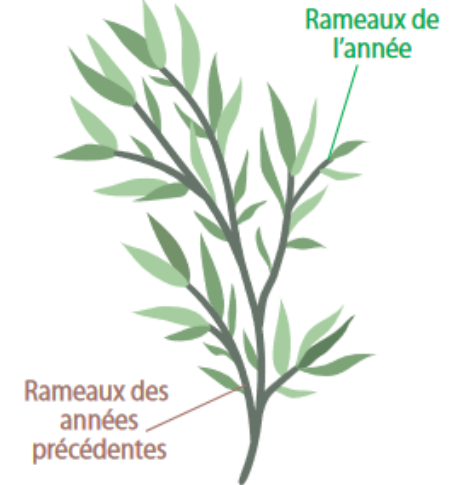


Saule couché après une crue

Développement de nombreux rameaux sur le tronc couché



Saule non touché par la crue

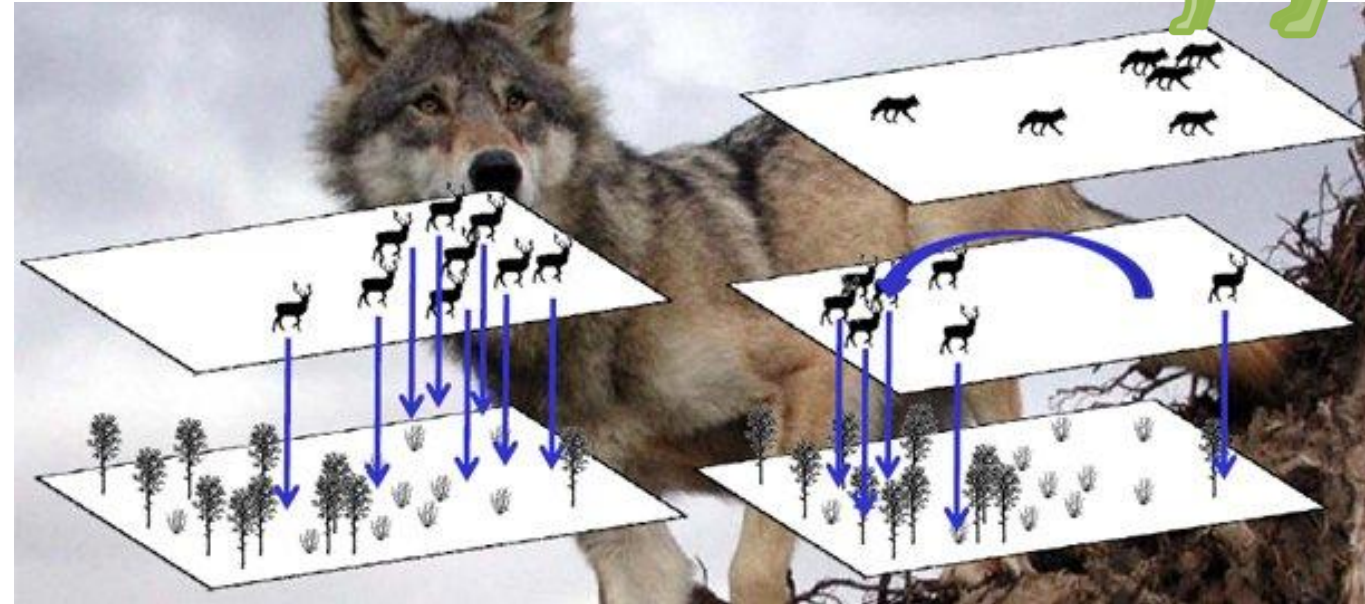


Effet bottom-up de régulation des effectifs des consommateurs par les producteurs (Vuibert p. 677)

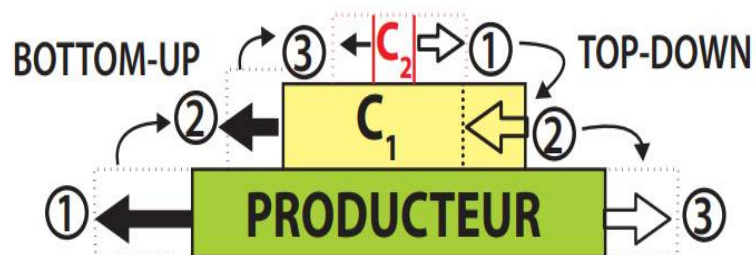
A. LES INTERACTIONS TROPHIQUES CONSTITUENT DES CHAÎNES ET DES RÉSEAUX TROPHIQUES

4. Régulation des effectifs au sein d'un réseau

- **Effet top-down** : les consommateurs limitent l'expansion des niveaux trophiques inférieurs
- Le **surpâturage** provoque un effondrement de la biomasse des producteurs I qui se détecte sur les pyramides de biomasse.
- Les prédateurs d'apex (busards, renard) limitent les pullulations de leurs proies (ex de campagnols) ; lorsqu'ils disparaissent (chasse, disparition des haies), des épisodes de pullulation d'espèces prolifiques (campagnols stratégés r) sont détectables sur les pyramides des nombres et provoquent par effet domino une diminution de la productivité primaire (par ex réduction de la population de pissenlits)

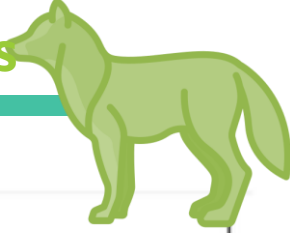


Effet Top-down



Bilan : Un réseau trophique est l'ensemble des relations trophiques d'une biocénose par lesquelles l'énergie et la matière circulent. Sa structure influence la quantité et la diversité de la biomasse mais aussi sa stabilité.

A. LES INTERACTIONS TROPHIQUES CONSTITUENT DES CHAÎNES ET DES RÉSEAUX TROPHIQUES



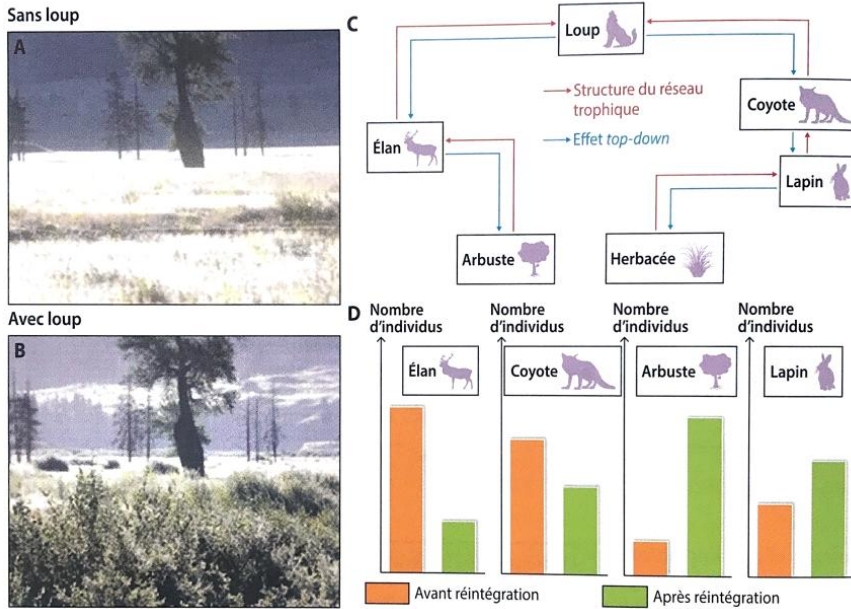
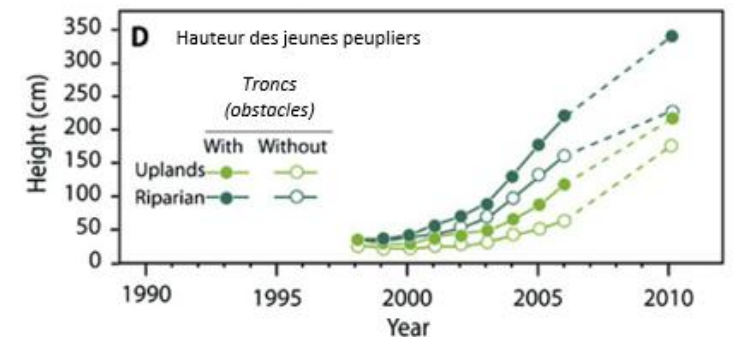
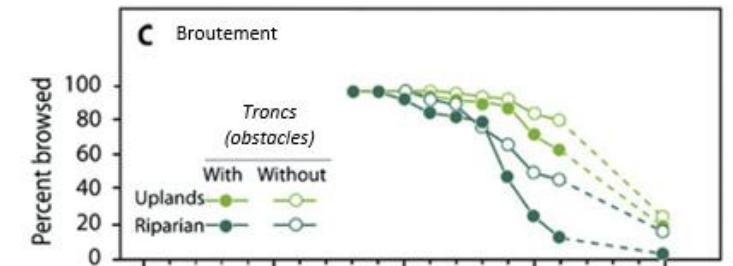
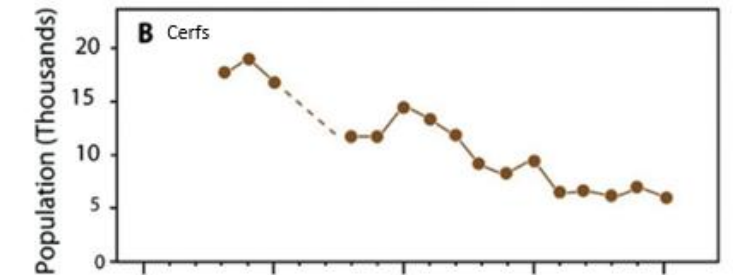
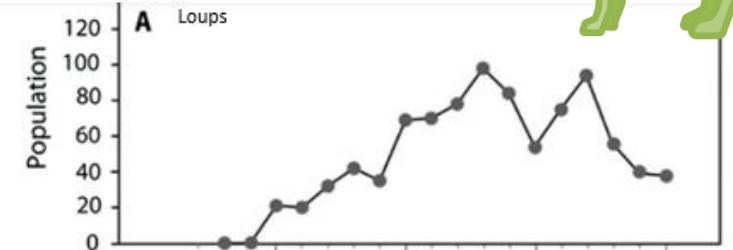
4. Régulation des effectifs au sein d'un réseau

- L'éradication des loups au XIXème siècle dans le parc du Yellowstone a libéré la dynamique des ongulés sauvages qui a explosé conduisant à une désertification des plaines jusqu'à une modification du lit des rivières.
- Suite à la réintroduction du loup dans le parc, les populations d'ongulés se sont stabilisées à de plus faible densité ce qui a permis la recolonisation végétale. **On parle de cascade trophique ou d'effet « top-down ».**



Mise en évidence d'une espèce clé de voûte : le loup à Yellowstone. Les loups ont été réintroduits dans le parc national de Yellowstone (États-Unis) en 1995 et 1996. (Gauche) Photographies du parc en 2006 puis 2010. Pendant 15 ans, les populations de loups (*Canis lupus*) et de cerfs (*Cervus elaphus*) sont suivies (Droite, A et B). La hauteur (*height*) et le pourcentage de jeunes peupliers broutés (*browsed*) sont également quantifiés (Droite, C et D). « Troncs » signifie la présence d'arbres adultes constituant des obstacles à la fuite. *Uplands* : zones élevées. *Riparian* : bords de rivières.

Analyser et interpréter les documents.
Proposer une hypothèse expliquant les résultats dans leur ensemble. Justifier que dans le cadre de cette hypothèse, le loup constitue une espèce clé de voûte des écosystèmes de Yellowstone, et indiquer la nature du ou des contrôles des effectifs observés.



Les conséquences de la réintroduction du loup dans le parc de Yellowstone, mise en évidence d'une régulation « top-down » de effectifs de population (Vuibert p. 676)

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. FLUX DE MATIERE AU SEIN D'UN ECOSYSTEME

RAPPELS SUR LES TYPESTROPHIQUES

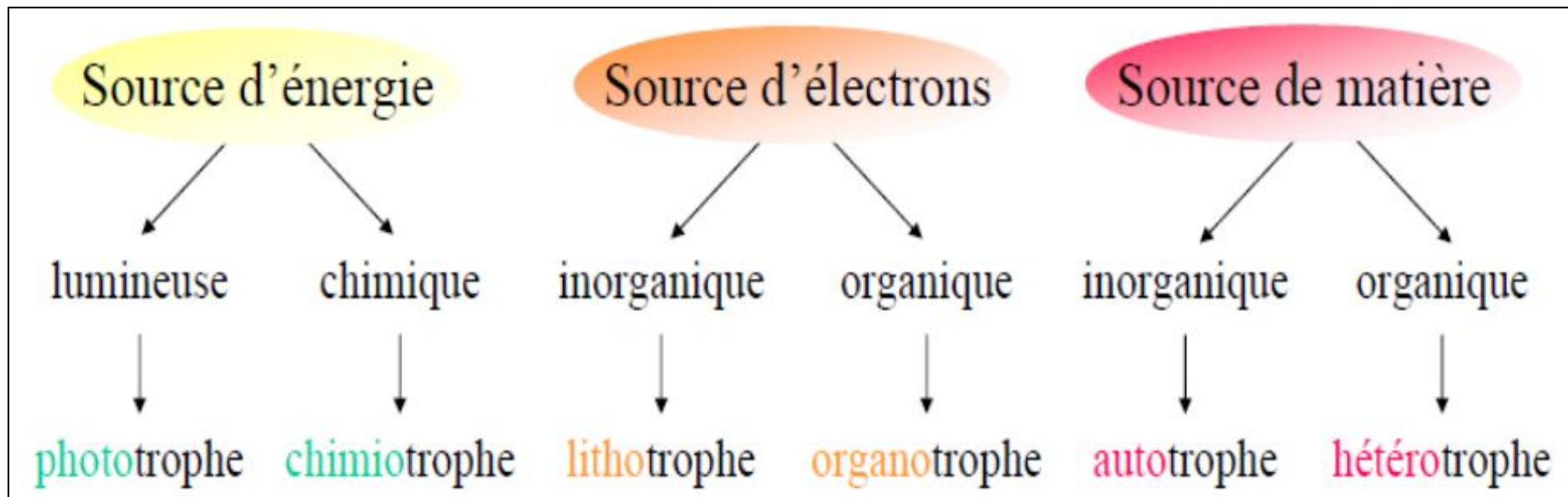
Type trophique : (du verbe grec *trophus*, « nourrir») : spécifie la manière dont un être vivant constitue sa propre matière organique.

Origine de l'énergie

Origine du pouvoir réducteur (source d'électrons)

Origine de la matière (source de carbone)

permettent de définir différents **types trophiques**



Différents types trophiques
Microbiologie - BELKHIRI 2019

B. FLUX DE MATIERE AU SEIN D'UN ECOSYSTEME

I. Production primaire de biomasse par des organismes autotrophes

■ Les producteurs primaires sont :

- organismes photolithoautotrophes → photosynthèse. Ex : Poacées et Fabacées de la prairie
- des organismes chimiolithoautotrophes → chimiosynthèse. Ex: Nitrobacter du sol, ou bactéries des fonds océaniques.

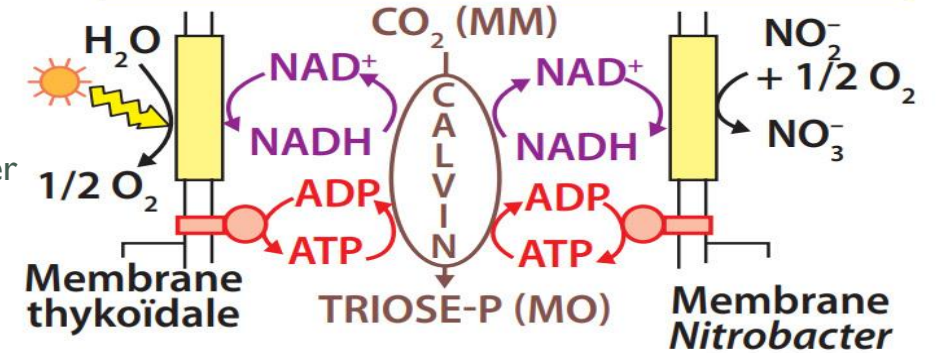
■ La production primaire dépend :

- des **facteurs abiotiques** : température, luminosité, disponibilité en eau et en sels minéraux (**N est souvent déterminant car paramètre le plus éloigné de l'optimum**)
- de la **fertilisation** : engrais ou intrants minéraux ou organiques
 - ✓ engrais minéraux sont directement assimilables par les plantes :
 - ✓ NH_4^+ , adsorbable au complexe argilo-humique chargé –
 - ✓ NO_3^- , non retenu sur les complexes argilo-humiques, devant être immédiatement absorbé (sinon pollution nappes)
 - ✓ engrais organiques (lisier, fumier, compost) destinés à être minéralisés par les décomposeurs
- ⇒ Stimulent croissance des plantes et production de rhizodépôts favorables aux activités microbiennes.

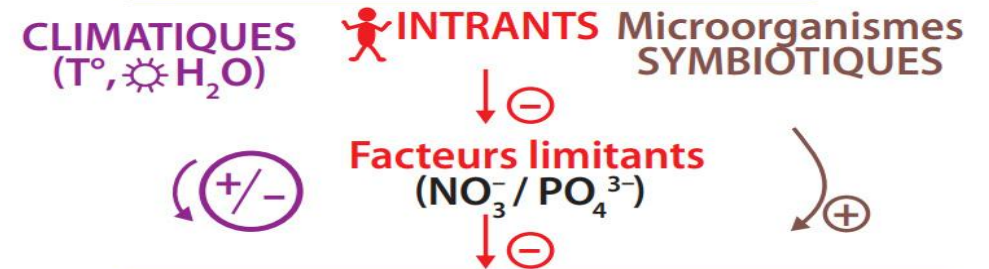
⇒ Ces intrants d'origine anthropique assurent des apports trophiques en N, P, K
 ENCPB- BCPST I - STÉPHANIE DALAINE

Des producteurs primaires autotrophes permettant l'entrée de la matière

Par photosynthèse ou chimiosynthèse



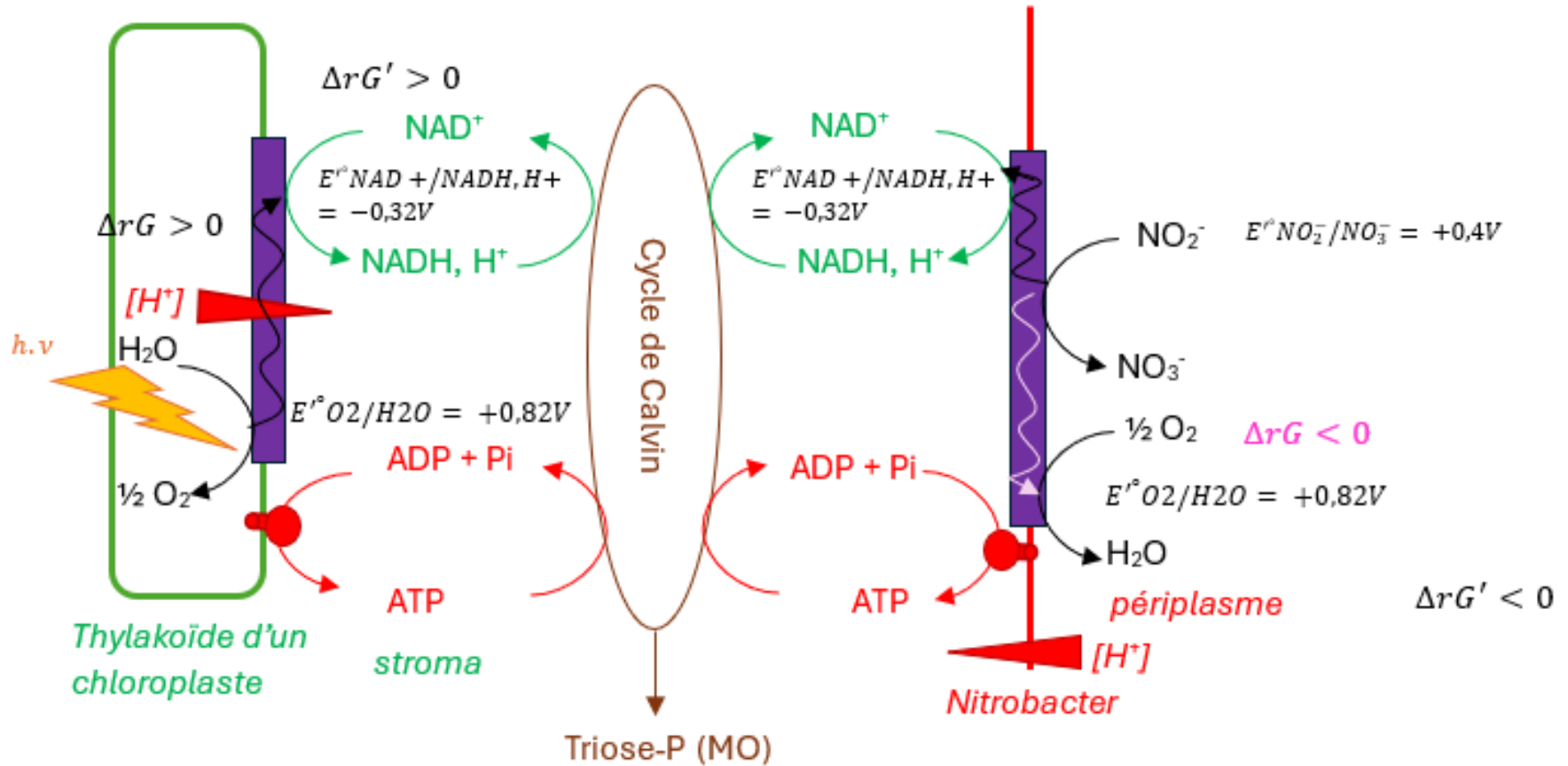
Un contrôle de la productivité primaire par différents facteurs



BIOMASSE (t/ha)
 PRODUCTION (t/ha/an)

$$\text{PRODUCTIVITÉ} = \frac{\text{PRODUCTION}}{\text{BIOMASSE}} \text{ (an}^{-1}\text{)}$$

l'assimilation de matière minérale en matière organique par les organismes autotrophes au carbone (source A. Denis)



PHOTOLITHOAUTOTROPHIE des unicellulaires photosynthétiques, des algues

CHIMIO LITHOAUTOTROPHIE AEROBIE de Nitrobacter du sol

B. FLUX DE MATIERE AU SEIN D'UN ECOSYSTEME

I. Production primaire de biomasse par des organismes autotrophes

■ **fertilisation** : engrais ou intrants minéraux ou organiques

■ **engrais minéraux** sont directement assimilables par les plantes : NO_3^- (NH_4^+ uniquement dans le cas de symbiose avec Rhizobium)

■ Les plantes non fixatrices de N_2 absorbent et assimilent azote anionique (NO_3^-) :

➤ Dans les **sols bien aérés** → **nitrification** rapide → faible concentration en ammonium car nitrate = principale source d'azote disponible pour les plantes.

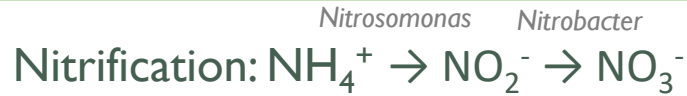
➤ Dans les sols détrempés ou acides → accumulation de l'ammonium

■ NO_3^- principale forme d'azote **absorbée activement** par les plantes (transport actif II)

⇒ Acidification progressive du sol

■ **amendements** => amélioration de la structure du sol.

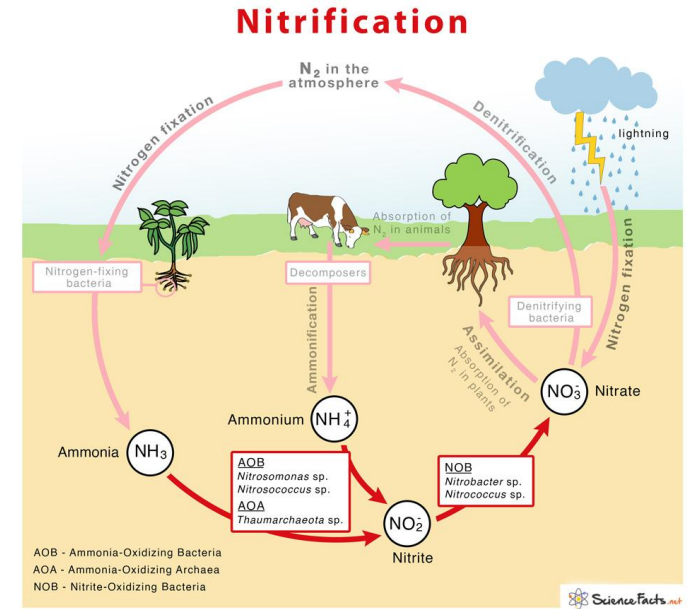
✓ *Ex : ajout de chaux ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) : OH^- neutralise l'acidification biologique du sol et Ca^{2+} contrôle la disponibilité de Fe^{3+} , Mg^{2+} , Al^{3+} liés au complexe argilo-humique*



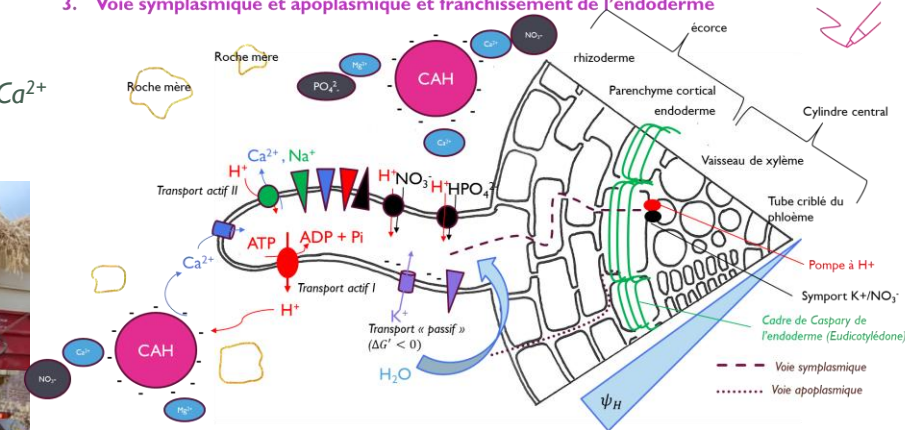
Amendement par chaulage => neutralisation des ions H^+ par OH^- et Ca^{2+} contrôle dispo en Fe^{3+} , Mg^{2+} , Al^{3+}



Amendement par de la paille => retenue des ions et limite du lessivage de l'azote



3. Voie symplasmique et apoplasmique et franchissement de l'endoderme



Entrée des ions du sol dans le poil absorbant cf SV-B-2

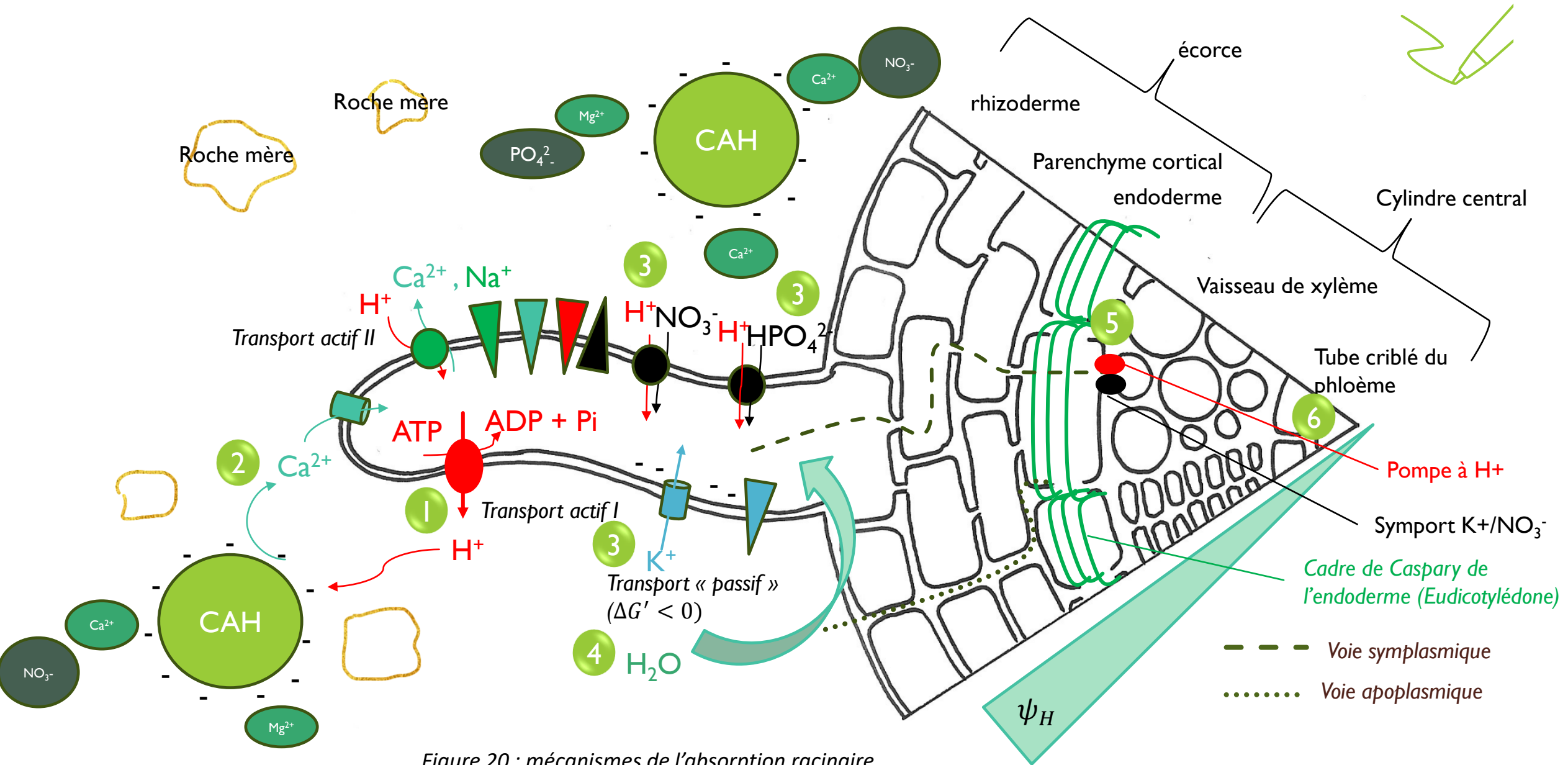


Figure 20 : mécanismes de l'absorption racinaire

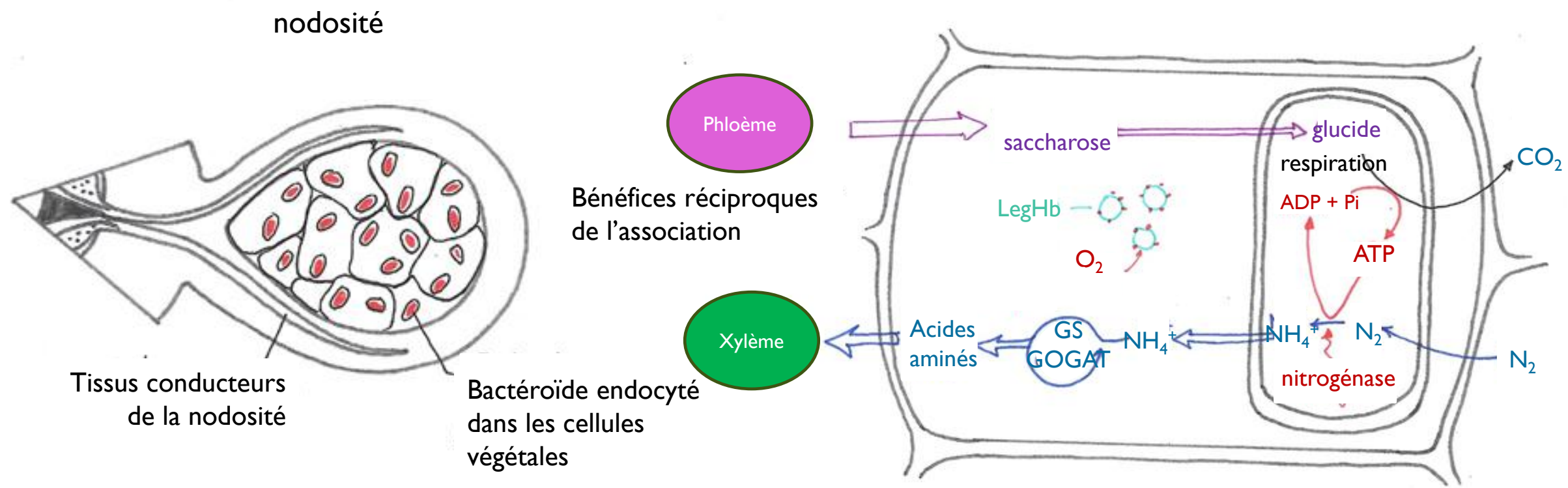


Figure 60 : la fixation du diazote atmosphérique par la bactérie Rhizobium de la nodosité d'une Fabacée (M. Quertigniez)

B. FLUX DE MATIERE AU SEIN D'UN ECOSYSTEME

2. Consommation et transformation de la matière par des organismes hétérotrophes

- Les consommateurs hétérotrophes = chimioorganotrophes

Ex: herbivores, carnivores, omnivores, parasites.

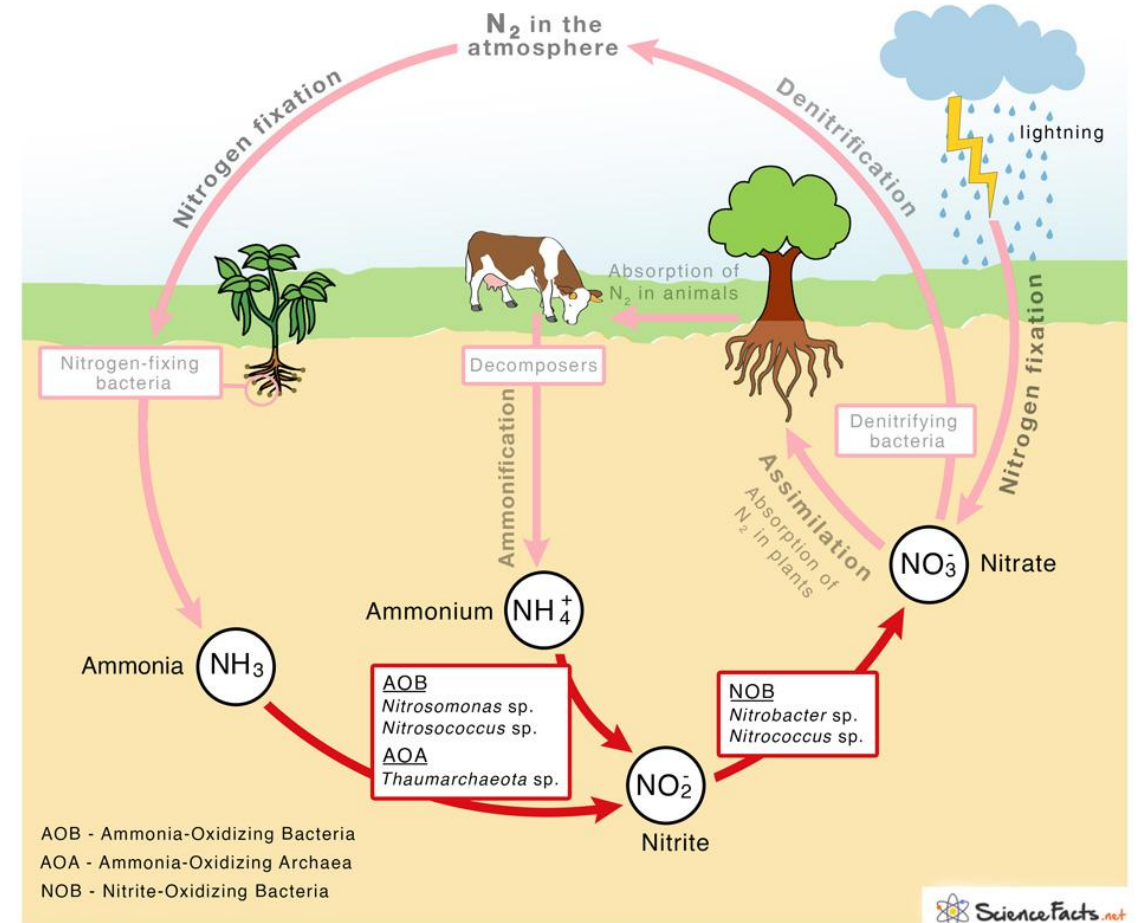


- Notion de catabolisme oxydatif par respiration cellulaire
- ⇒ transformation de la matière organique en déchets azotés minéraux (NH_4^+) ou organiques (urée) et en matière minérale carbonée (CO_2)
- ⇒ **Minéralisation** de la matière organique
- Les **décomposeurs = hétérotrophes** consommant de la matière organique morte (**nécromasse**) ou des **déchets organiques** provenant d'organismes vivants.

Ex: *pédofaune* : lombrics, nématodes + bactéries et des champignons du sol.

- ⇒ Dégradation de la matière organique
- ⇒ **Hydrolyses des macromolécules par des digestions enzymatiques**
- ⇒ **minéralisation par catabolisme.**

Nitrification



les étapes de nitrification de l'ammonium en nitrate

B. FLUX DE MATIERE AU SEIN D'UN ECOSYSTEME

2. Consommation et transformation de la matière par des organismes hétérotrophes

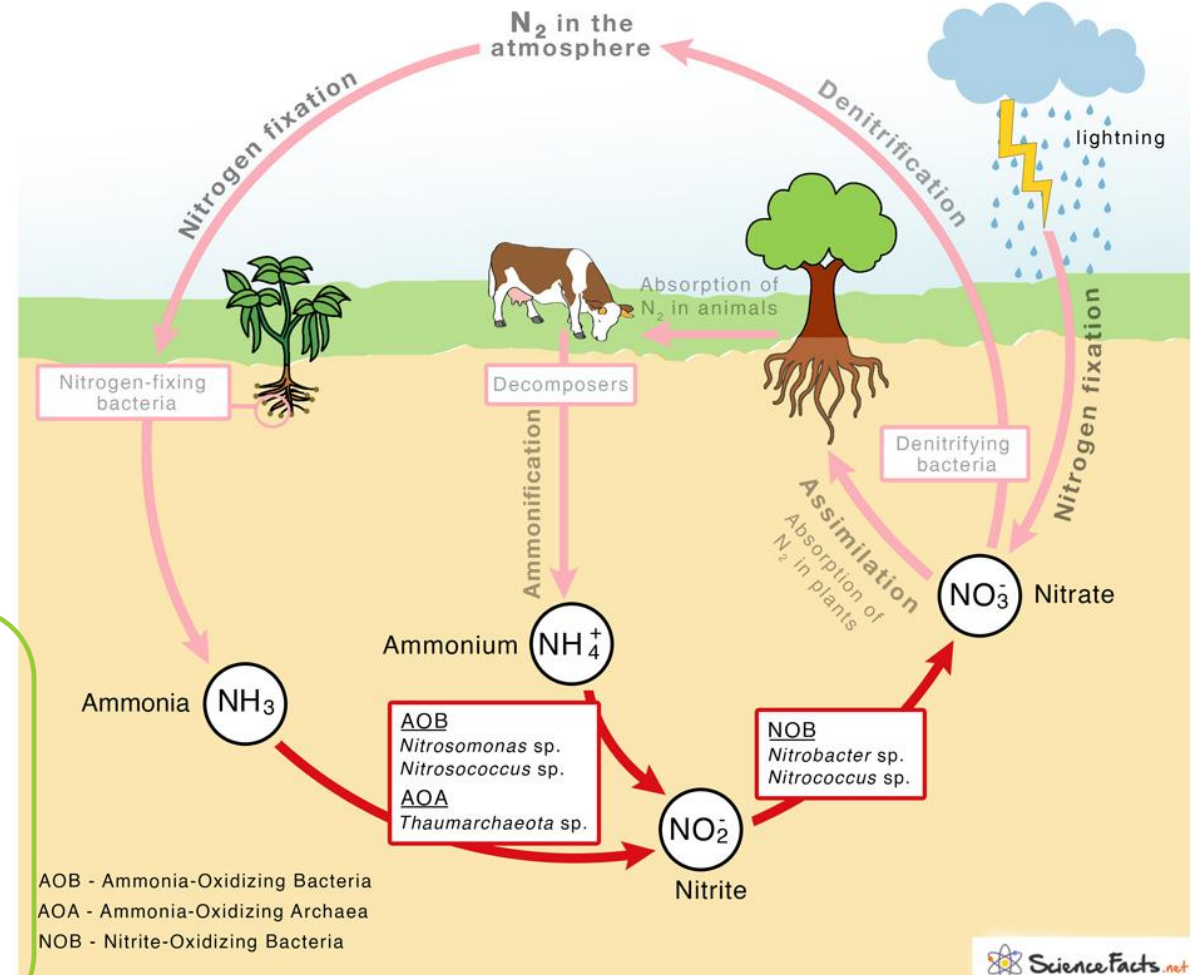
- Exemple de la **minéralisation de l'azote** : à la mort des êtres vivants, des micro-organismes chimiolithoautotrophes (dont *Nitrobacter*) hydrolysent les protéines en acides aminés et dégradent les acides aminés en ions NH_4^+ . Puis oxydation des ions NH_4^+ en ions NO_2^- puis NO_3^- (= source d'énergie pour leur chimiolithoautotrophie). Il s'agit du processus de **nitrification**.
- NO_3^- = azote minéral absorbé par les racines des végétaux
 - ⇒ **recyclage des ressources minérales**. Cf. cours cycle de l'azote BCPST2
- Consommateurs & décomposeurs** ⇒ **décomposition et minéralisation de la matière organique**.

Bilan : des flux de matière en partie **cycliques** dans les écosystèmes

Les **producteurs** transforment la **matière minérale en matière organique**

Le catabolisme des consommateurs et les décomposeurs **minéralise cette matière organique** à des échelles de temps variables et sont ainsi à l'origine d'un **recyclage de la matière / biomasse**

Nitrification



B. FLUX DE MATIERE AU SEIN D'UN ECOSYSTEME



3. Des paramètres pour quantifier le flux de matière

biomasse (t/ha) = quantité de matière vivante à un instant donné par unité de surface

production (t/ha/an) = quantité de matière sèche élaborée par unité de surface et de temps pour une biomasse donnée :

- production primaire : quantité de matière formée par producteurs primaires (prairie de fauche = 20t/ha/an, agrosystème céréalier = 40t/ha/an)
- production secondaire : quantité de matière formée par les producteurs secondaires (production de 1000 kg bœuf/ha/an)

productivité (an⁻¹) = production/biomasse

prairie de fauche : productivité = 20/10 = 2 an⁻¹ : la prairie a une productivité du double de sa biomasse/an -> 2 fauches /an

forêt tempérée : productivité = 0,04 an⁻¹ elle ne renouvelle que 4% de sa biomasse/an

attention : la productivité d'un être vivant baisse avec son âge : après un seuil de croissance on ne fait que de l'entretien !

turn-over (temps de séjour)(an) = biomasse/production = 1/productivité (~ durée de vie moyenne des êtres vivants d'un niveau trophique)

Prairie de fauche : turn over = 10/20 = 0,5 an : la prairie a un turn over (se renouvelle en) de 6 mois -> on peut faire 2 fauches/an

Forêt : turn over= 25 ans

Les espèces de petite taille ont un turn over plus court (Campagnol 4 mois, Cerf 4 ans, phytoplancton 2 jours, zooplancton 60 jours)

B. FLUX DE MATIERE AU SEIN D'UN ECOSYSTEME

3. Des paramètres pour quantifier le flux de matière

- **Prairie de fauche : productivité = $20/10 = 2 \text{ an}^{-1}$**
 - Productivité de prairie de fauche = 2 fois sa biomasse/an
 - 2 fauches /an
 - Turn over = 0,5 an = 6 mois
 - ⇒ La biomasse de la prairie se renouvelle tous les 6 mois.
- **Forêt tempérée : productivité = $0,04 \text{ an}^{-1}$**
 - Renouvellement de la biomasse de $4\%.\text{an}^{-1}$
 - Turn over = 25 ans
- **Bilan: Dans un agrosystème, optimisation de la productivité** grâce à **l'apport d'intrants** permettant un prélèvement important de biomasse :
prélèvement de fourrage dans les prairies de fauche ou prélèvement de vaches / lait dans les prairies pâturées



productivité (an^{-1}) = production/biomasse

Écosystèmes	Surface 10 ⁶ ha	Production primaire nette planète 10 ⁹ t/an	Production primaire nette moyenne t/ha/an	Biomasse totale 10 ⁹ t	Biomasse moyenne t/ha	P/B an ⁻¹
Forêts tropicales	2450	49	19	1025	400	0,048
Forêts tempérées	1200	15	12,5	385	325	0,038
Forêts boréales	1200	9,6	8	240	200	0,040
Arbustes et buissons	850	6	7	51	60	0,117
Savanes	1500	13,5	9	60	40	0,225
Steppes tempérées	900	5,4	6	14,4	16	0,375
Toundra	800	1,1	1,4	4,8	6	0,233
Semi-déserts buissonnants	1800	1,6	0,9	12,6	7	0,129
Déserts extrêmes et zones polaires	2400	0,07	0,03	0,5	0,2	0,150
Agrosystèmes	1400	9,1	6,5	14	10	0,650
Marécages	200	4	20	30	150	0,133
Lacs et fleuves	200	0,5	2,5	0,04	0,2	12,5
Total des continents	14900	115	7,74	1837	121	
Océan (zone pélagique)	33200	41,5	1,25	1	0,03	41,67
Zones d'upwelling	40	0,2	5	0,008	0,2	25,00
Plateau continental	2660	9,6	3,6	0,27	0,1	36,00
Récifs coralliens et herbiers d'Algues	60	1,6	25	1,2	20	1,25
Estuaires	140	2,6	15	1,4	10	1,50
Total océanique	36100	55	1,52	3,9	0,1	
Total général	51000	170	1,52	1841	36	

productivité (an⁻¹) = rapport production/biomasse

- Productivité d'une forêt tropicale : PPN moy/ biomasse moy = 19/400 = 0,048 an⁻¹
- ⇒ Renouvellement de 5% par an de la biomasse d'une forêt tropicale
- Productivité d'une forêt tempérée : PPN moy/ biomasse moy = 12,5/325 = 0,038 an⁻¹
- ⇒ Renouvellement de 4% par an de la biomasse d'une forêt tempérée
- Productivité d'un agrosystème : PPN moy/ biomasse moy = 6,5/10 = 0,650 an⁻¹
- ⇒ Renouvellement de 70% par an de la biomasse d'un agrosystème

	Production primaire nette (g.m ⁻² .an ⁻¹)	Biomasse (g.m ⁻²)	Productivité (an ⁻¹)
Forêt caducifoliée	1300	30 000	4,3%
Prairie tempérée	600	1 600	37,5 %
Zone cultivée	650	1 000	65 %

Individus de grande taille à maturité : production importante mais productivité faible

Individus de petite taille à croissance rapide : production faible mais productivité élevée

Espèces sélectionnées pour leur croissance individuelle élevée : forte productivité



PLAN DU COURS

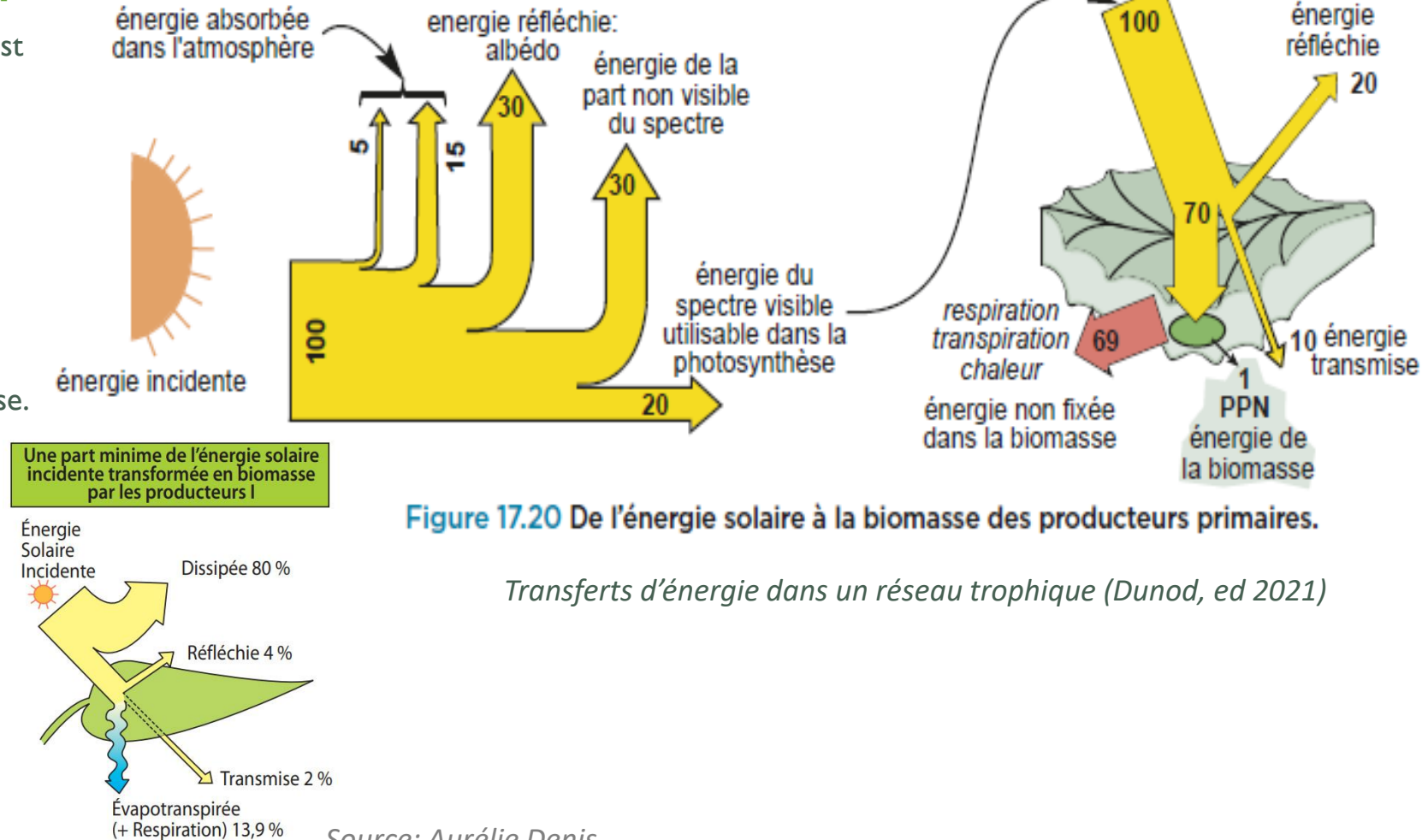
- I. L'écosystème, un espace circonscrit caractérisé par un biotope, une biocénose et des relations entretenues entre biotope et biocénose
 - A. La prairie, une surface biologique constituant une unité fonctionnelle
 - B. Le biotope : le milieu dans lequel évoluent les êtres vivants
 - C. La biocénose : 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. FLUX D'ÉNERGIE AU SEIN D'UN ÉCOSYSTÈME

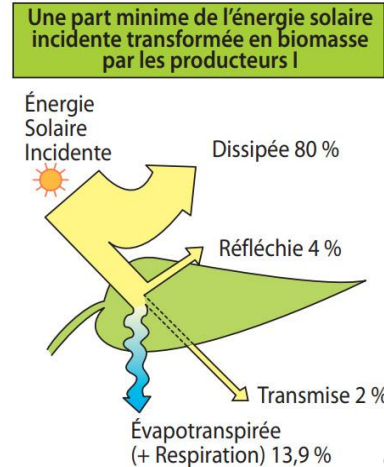
I. Des transferts d'énergie entre niveaux trophiques

I.1. Au niveau des producteurs primaires

- **seulement 0,1%** de l'énergie lumineuse est réellement utilisée pour la **production de biomasse** :
- 80% de l'énergie lumineuse (80%) est dissipée
 - 20 % absorbée par l'atmosphère
 - 30% réfléchi par albédo,
 - 30% ne correspondant pas à des radiations exploitables par photosynthèse.
- 20% restants:
 - **13,9% sont dissipés sous forme de chaleur (évapotranspiration + respiration)**
 - 6% réfléchi par la feuille (4%) ou transmise à travers (2%)
 - **0,1% PPB**



Observation : les pyramides écologiques montrent des pertes d'énergie dans les chaînes trophiques. Quelle est l'origine de ces pertes énergétiques ?



C. FLUX D'ÉNERGIE AU SEIN D'UN ÉCOSYSTÈME

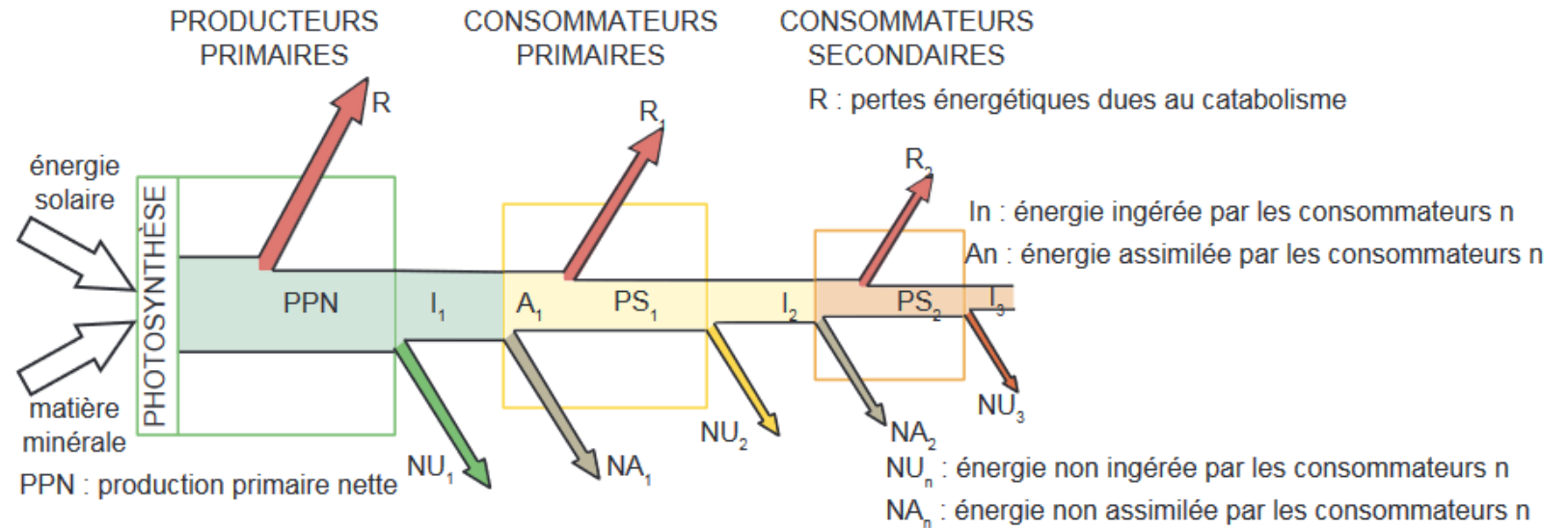


I. Des transferts d'énergie entre niveaux trophiques

I.1. Au niveau des producteurs primaires

Observation : les pyramides écologiques montrent des pertes d'énergie dans les chaînes trophiques. Quelle est l'origine de ces pertes énergétiques ?

- Les 0,1 % d'énergie lumineuse incidente servent à la **production primaire brute PPB**. Une partie des photosynthétats ainsi produits sont utilisés par le catabolisme oxydatif de la plante (respiration). Il ne reste donc qu'une partie de la matière organique produite : **production primaire nette PPN**. **$PPN = PPB - R$** .
- Ainsi le rendement de la photosynthèse est assez mauvais (de l'ordre de 1% à l'échelle mondiale : rendement = $PPN / \text{énergie solaire reçue au sol}$)



Transferts d'énergie dans un réseau trophique (Perrier et al., Dunod ed.2021)

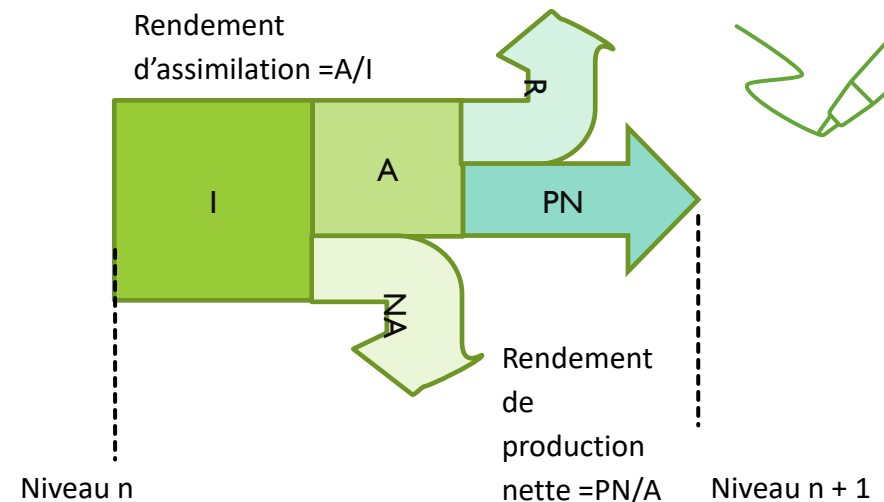
C. FLUX D'ÉNERGIE AU SEIN D'UN ÉCOSYSTÈME

I. Des transferts d'énergie entre niveaux trophiques

I.2. Transfert d'énergie entre deux niveaux trophiques

- $PPN = NU + I$
 - NU : non utilisée
 - I : fraction ingérée : I
- $I = NA + A$
 - NA : non assimilée (pas absorbée au niveau de l'appareil digestif => dans fèces ex : lignines)
 - A : fraction assimilée
- $A = PN + R$
 - R : fraction consommée par le catabolisme oxydatif respiratoire et éliminée par excrétion
 - PN : production nette PN de biomasse.

$$\text{Production nette } PN = PPN - NU - NA - R$$



Transferts d'énergie entre deux niveaux trophiques



A quoi sont dues les pertes observées sur les pyramides écologiques d'un maillon à l'autre ?

C. FLUX D'ÉNERGIE AU SEIN D'UN ÉCOSYSTÈME

2. Des paramètres pour quantifier le flux d'énergie

2.1. L'estimation du rendement écologique, globalement de 10% par maillon

- Rendement d'exploitation

$$RE = I / PN_{n-1}$$

- Rendement d'assimilation

$$RA = A / I$$

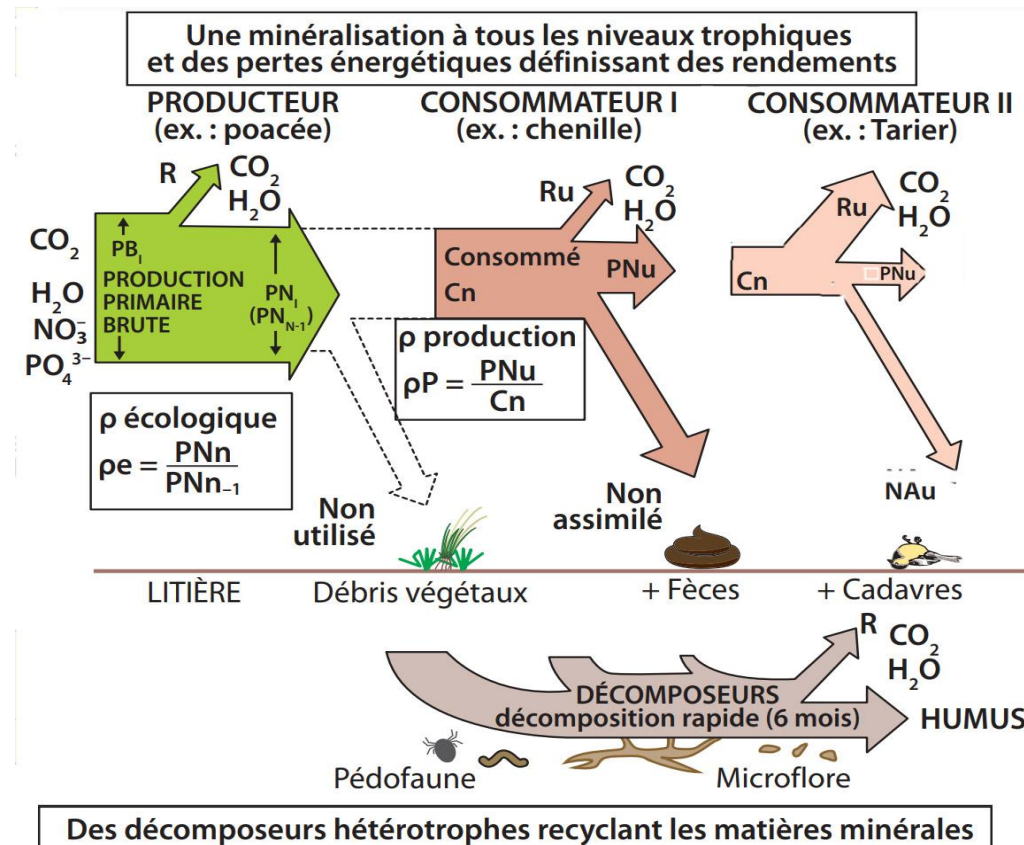
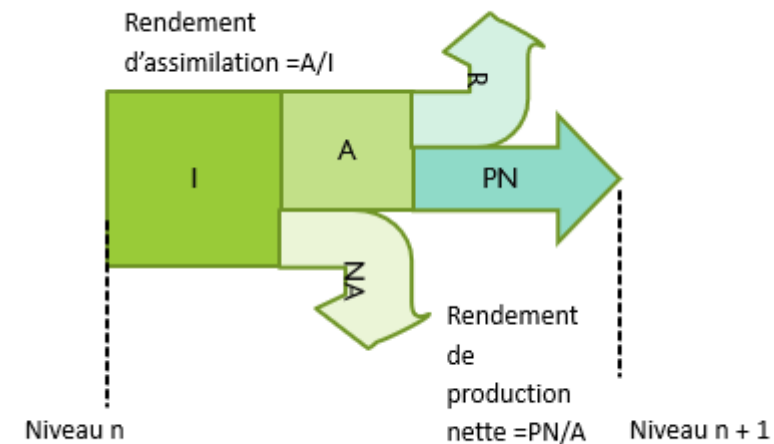
- Rendement de production (utile à l'éleveur)

$$RP = PN / A$$

- Rendement écologique

$$R = RE \times RA \times RP = PN_n / PN_{n-1}$$

- Le **rendement écologique** (ou efficacité écologique) mesure l'efficacité de l'utilisation de l'énergie entre deux niveaux trophiques successifs.

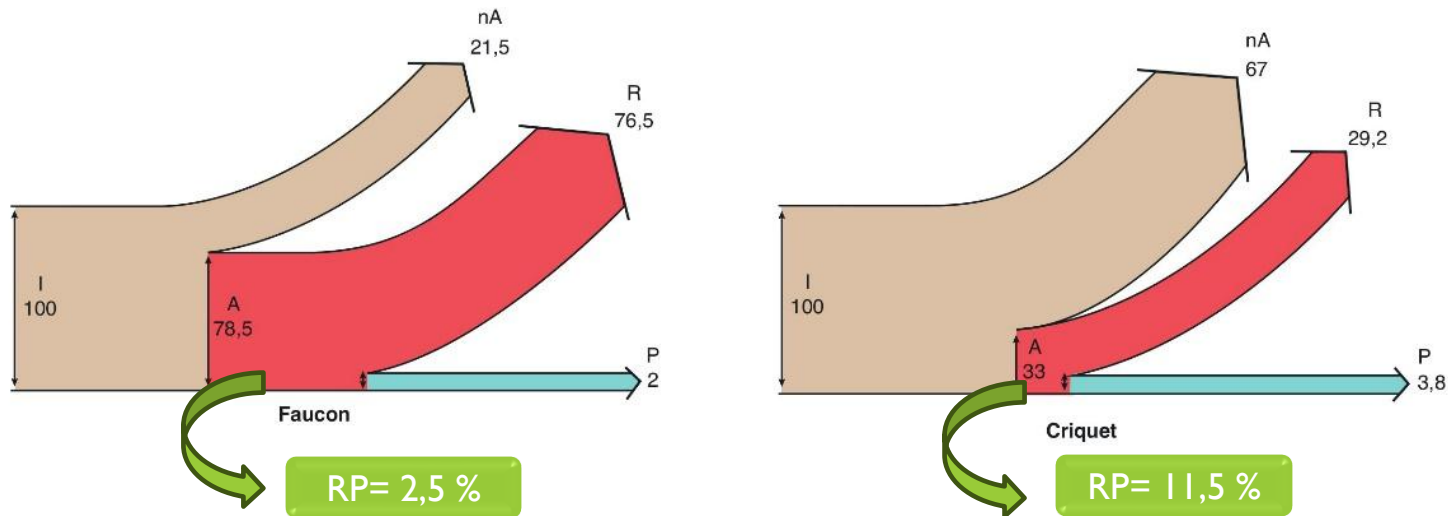


C. FLUX D'ÉNERGIE AU SEIN D'UN ÉCOSYSTÈME

2. Des paramètres pour quantifier le flux d'énergie

2.1. L'estimation du rendement écologique, globalement de 10% par maillon

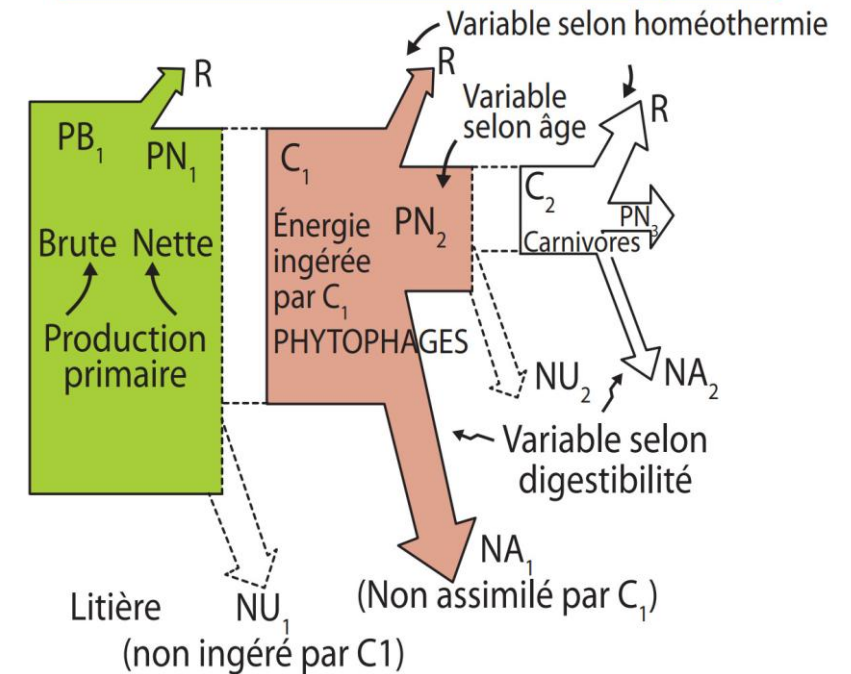
- Une chaîne trophique s'interrompt quand énergie disponible trop faible pour entretenir maillon suivant
- **rendement écologique** faible d'un maillon à l'autre ~ 10 %
- Rendement écologique = f(niveau trophique, âge, endothermie)
- Agriculteur, rendement de production : $PN_n / \text{quantité assimilée}$



Influence de la biologie des organismes sur le devenir de la MO ingérée



Des transferts d'énergie aux consommateurs avec de faibles rendements écologiques



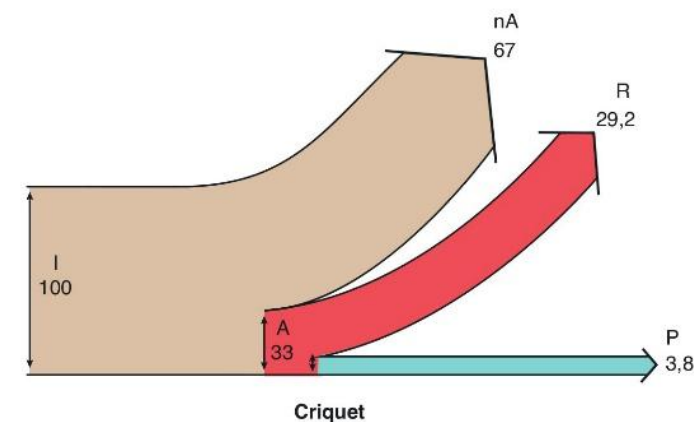
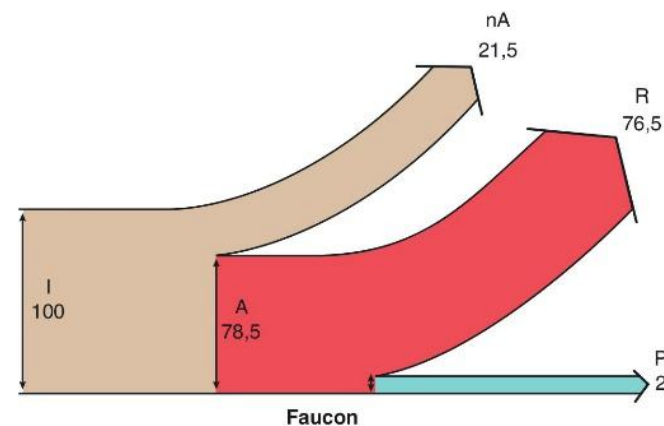
C. FLUX D'ÉNERGIE AU SEIN D'UN ÉCOSYSTÈME

2. Des paramètres pour quantifier le flux d'énergie

2.2. Des pertes variables s'expliquant par la biologie des organismes (stratégie alimentaire, homéothermie...)

Exemples de calcul de rendements pour chenille (herbivore ectotherme) et belette (carnivore endotherme) :

	criquet (herbivore ectotherme)	Faucon (carnivore endotherme)
Rendement d'exploitation	Non calculable	Non calculable
Rendement d'assimilation = A/I	33 %	78,5 %
Rendement de production = P/A	$53,8/33 = 11,5\%$	$2/78,5 = 2,5\%$
Rendement écologique	Non calculable	Non calculable



⇒ Des rendements très différents, du fait d'un niveau trophique différent (pour le rendement d'assimilation) et d'une physiologie thermique différente (pour le rendement de production)

C. FLUX D'ÉNERGIE AU SEIN D'UN ÉCOSYSTÈME

2. Des paramètres pour quantifier le flux d'énergie

2.2. Des pertes variables s'expliquant par la biologie des organismes (stratégie alimentaire, homéothermie...)

- **RA dépendent du régime alimentaire** et sont :

- **très faibles pour les détritivores** (Lombric 10%), et **herbivores** (40% sauf granivores) du fait d'une **faible digestibilité de la MO ingérée** (chenille consommateur gaspilleur bcp de fèces)
- **forts pour les carnivores** et granivores (80%) (Belette consommateur économe peu de fèces)

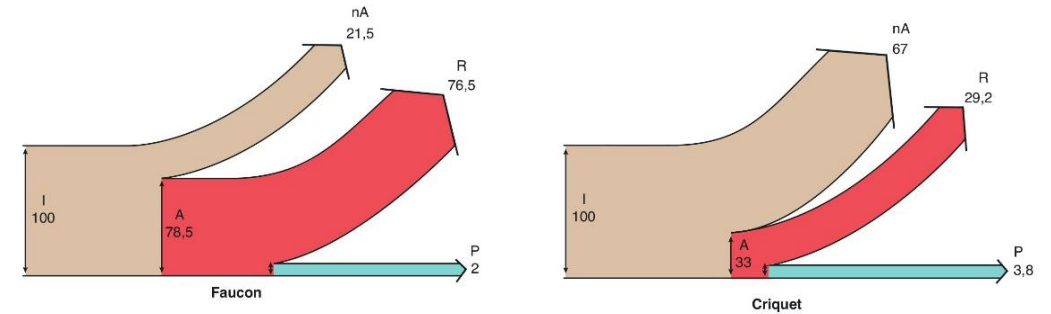
- **RP dépendent du métabolisme :**

- **forts chez les poïkilothermes** (30%) et **faibles chez les homéothermes** (Tariet 3%) du fait de la dépense énergétique nécessaire au maintien de la T°C interne
- **plus forts chez les espèces peu actives** que les actives du fait de la dépense énergétique nécessaire aux mouvements (stratégies de chasse...)

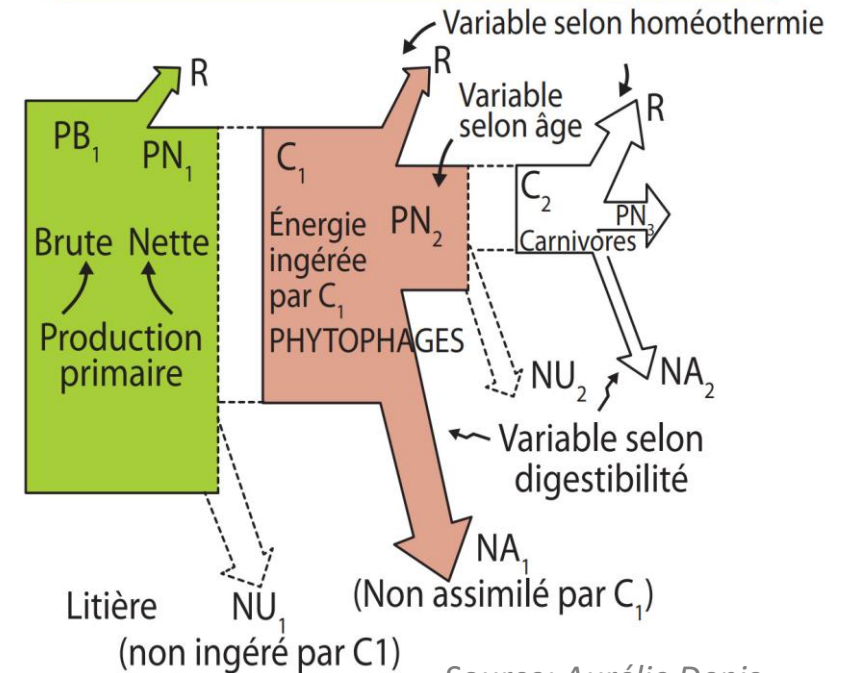
- **RP dépendent de l'âge :**

- **Un animal adulte n'a plus de production secondaire**, c'est pourquoi on exploite toujours une biomasse jeune (bovin ou forêt jeune plus rentable)

La faible efficacité de transfert énergétique entre les niveaux trophiques est souvent le facteur principal qui **limite la longueur des chaînes alimentaires** observées dans les réseaux trophiques.



Des transferts d'énergie aux consommateurs avec de faibles rendements écologiques



C. FLUX D'ÉNERGIE AU SEIN D'UN ÉCOSYSTÈME

2. Des paramètres pour quantifier le flux d'énergie

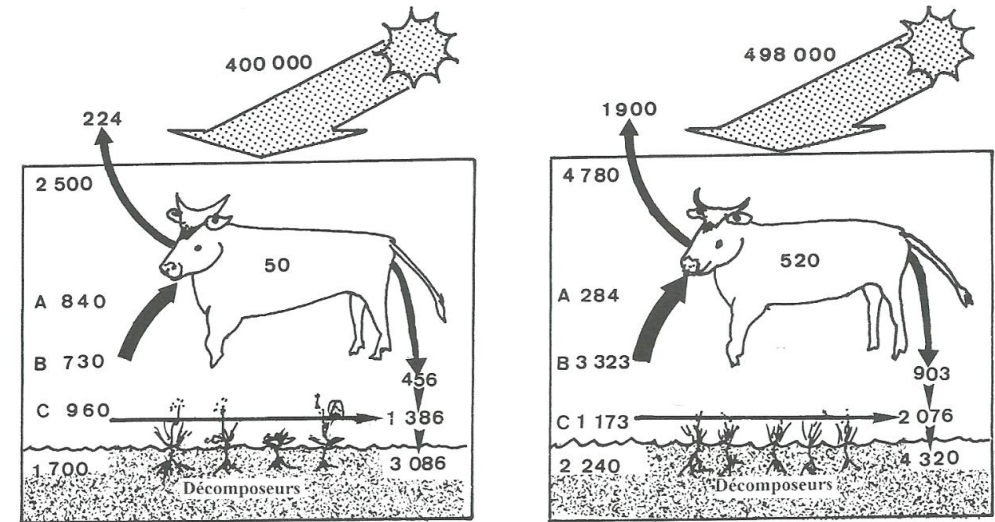
2.2. Des pertes variables s'expliquant par la biologie des organismes (stratégie alimentaire, homéothermie...)

- Rendement **d'exploitation** = I / PN du niveau inférieur
- Rendement **d'assimilation** = A/I
- Rendement de **production** = PN / A
- Rendement **écologique** = produit des 3 rendements précédents = $PN \text{ niveau } n / PN \text{ du niveau } n-1$

	Bovins non améliorés sur pré semi-naturel	Bovins race normande sur prairie lolicto-cybnosuretum
Rendement d'exploitation	$\frac{730}{(2530 + 1700)} \cdot 100 = 17,3\%$	$\frac{3323}{(4780 + 2240)} \cdot 100 = 47,3\%$
Rendement d'assimilation = A/I	$\frac{(730 - 456)}{730} \cdot 100 = 37,5\%$	$\frac{(3323 - 903)}{3323} \cdot 100 = 72,8\%$
Rendement de production = PN/A	$\frac{50}{(730 - 456)} \cdot 100 = 18,2\%$	$\frac{520}{(3323 - 903)} \cdot 100 = 21,5\%$
Rendement écologique	$0,174 \times 0,375 \times 0,182 = 1,2\%$	$0,473 \times 0,728 \times 0,215 = 7,4\%$

Éléments principaux de la chaîne ramenés à une surface de 1 m² (kcal / m² / an)

A = Herbe consommée par les invertébrés herbivores
 B = Herbe ingérée par le Bovin
 C = Herbe abandonnée aux décomposeurs



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

D'après Macfadyen 1963

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

D'après Ricou 1978

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

Les rendements écologiques sont **améliorés / optimisés** par **l'homme** : choix des plantes semées dans la pâture, sélection des races bovines.

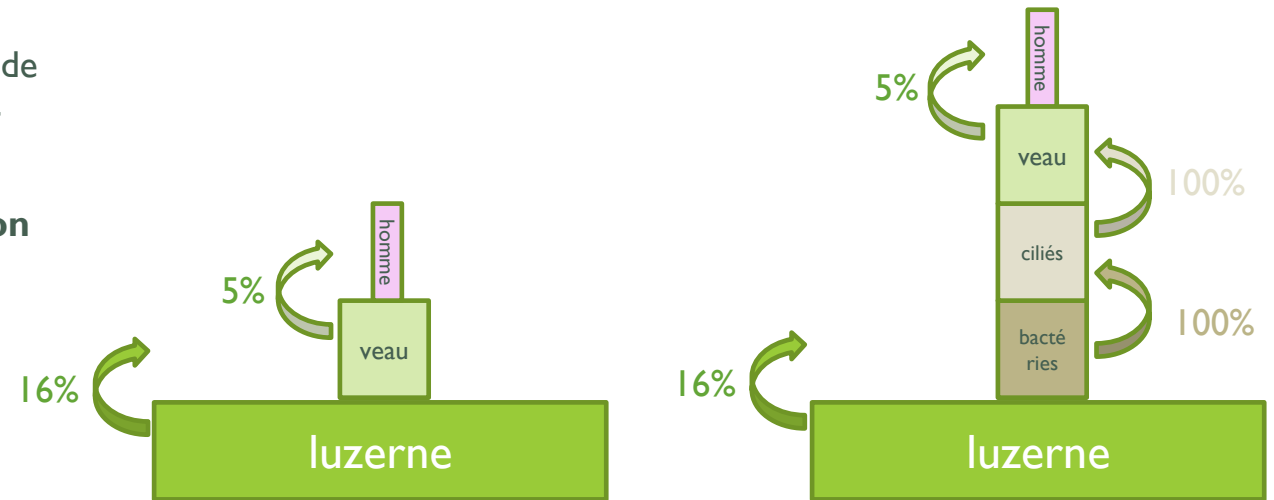
C. FLUX D'ÉNERGIE AU SEIN D'UN ÉCOSYSTÈME

3. La symbiose: un court-circuit trophique

- Le rendement biologique de l'herbe à la vache est de **16%** alors qu'il y a en réalité plusieurs étages : herbe → bactéries C₁ (qui digèrent cellulose) → Ciliés C₂ → vache C₃ et qu'il ne devrait donc être que de 0,1%
- Symbiose ⇒ réduction des dépenses énergétiques pour la recherche de nourriture + conditions optimales pour le développement des micro-organismes (gîte, couvert, conditions optimales)
 - ⇒ **gain d'énergie** pour la vache en termes de **thermorégulation** par exemple => réduction des dépenses énergétiques pour la thermorégulation / pour les microorganismes (pas de déplacement pour obtenir de la nourriture)
 - ⇒ **utilisation croisée des déchets**
 - ⇒ **peu de Non Utilisé** (car **AGV** utilisés par vache)
 - ⇒ **peu de Non Assimilé** (sauf lignine) (car **cellulose** rendue disponible)
 - ⇒ **rendement écologique entre bactéries / Ciliés et Ciliés / vache est quasiment de 100%**
- Ainsi de l'herbe à la vache = quasiment un unique niveau holobionte.



Programme : dans le système herbe-vache, la symbiose avec les micro-organismes et l'utilisation croisée des déchets des partenaires augmentent le rendement entre échelons trophiques



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. FONCTIONNEMENT D'UN AGROSYSTÈME: FLUX DE MATIÈRE ET D'ÉNERGIE



- Les **agrosystèmes**, écosystèmes gérés et exploités par l'homme = très **largement ouverts** du fait du prélèvement anthropique de biomasse.

Programme : établir un bilan quantitatif (matière et énergie) des exportations / importations d'une pâture, les informations étant fournies.

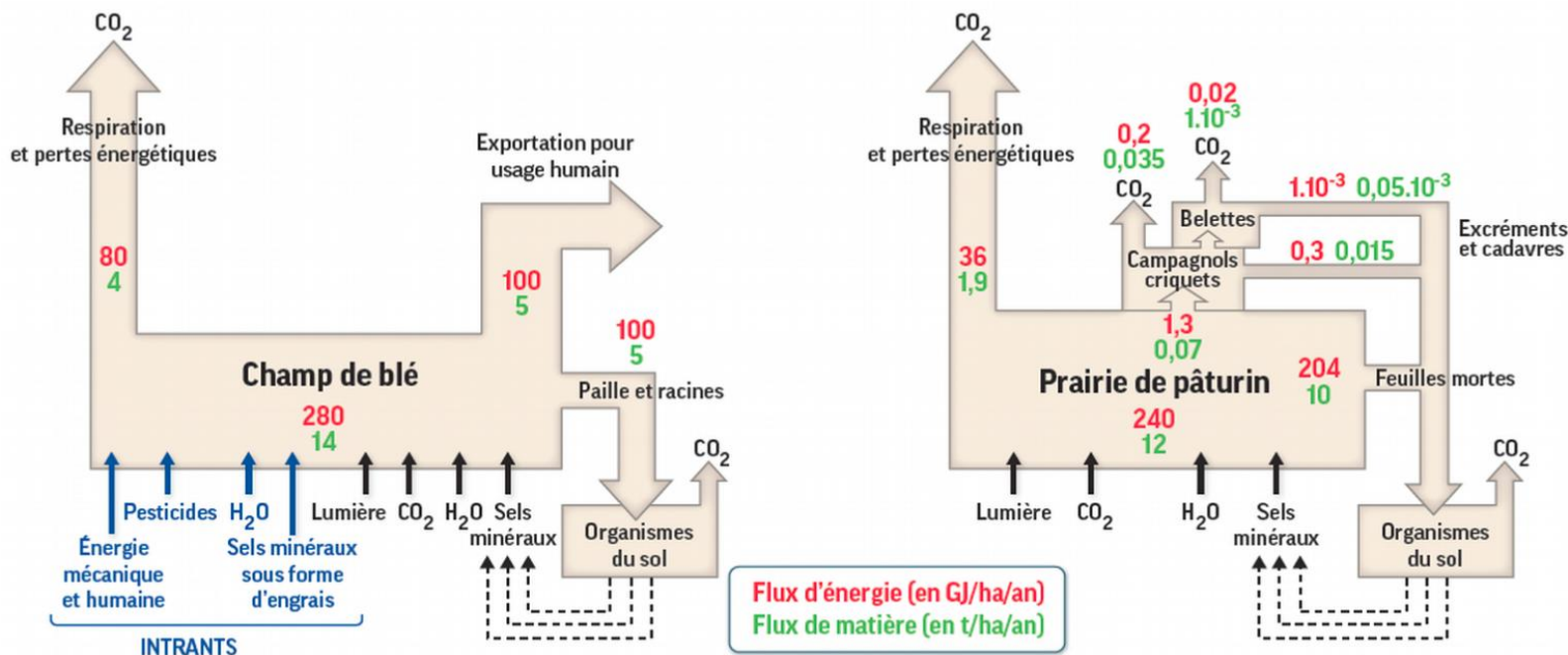
⇒ **exportation anthropique de MO (foin, lait ou viande) souvent optimisée**

- ✓ sélection d'espèces productrices
- ✓ élimination des compétitrices

⇒ **Exportation des sels minéraux** du sol lors de la récolte par l'agriculteur

⇒ **nécessité d'intrants** pour fertiliser le sol = engrais organiques ou de synthèse

- ✓ Engrais (naturels ou synthétisés)
- ✓ Machines
- ✓ Transport



Comparaison des pyramides trophiques et des flux de matière dans un agrosystème « champ de blé » et un écosystème « prairie » en l'absence de pâturage

D. FONCTIONNEMENT D'UN AGROSYSTÈME: FLUX DE MATIÈRE ET D'ÉNERGIE



Intrants:

➤ Matière

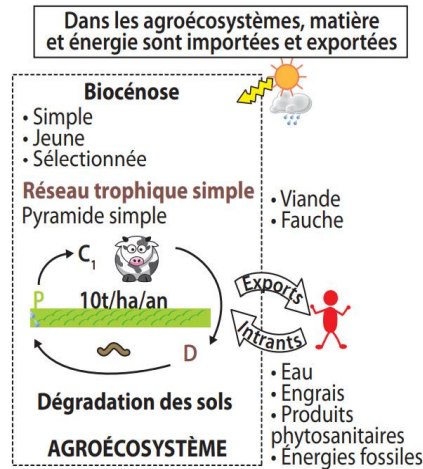
- ✓ Eau
- ✓ Engrais
- ✓ Produits phytosanitaires
- ✓ Énergies fossiles

➤ Energie

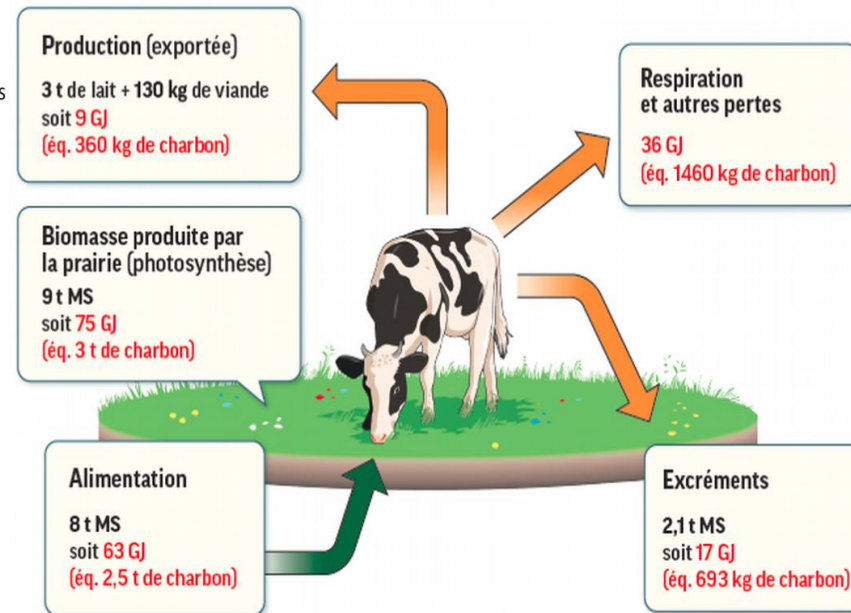
- ✓ Solaire
- ✓ Mécanique (machines agricoles, pompes d'irrigation)

Exports

Énergie et matière (lait, viande, fumier, foin)

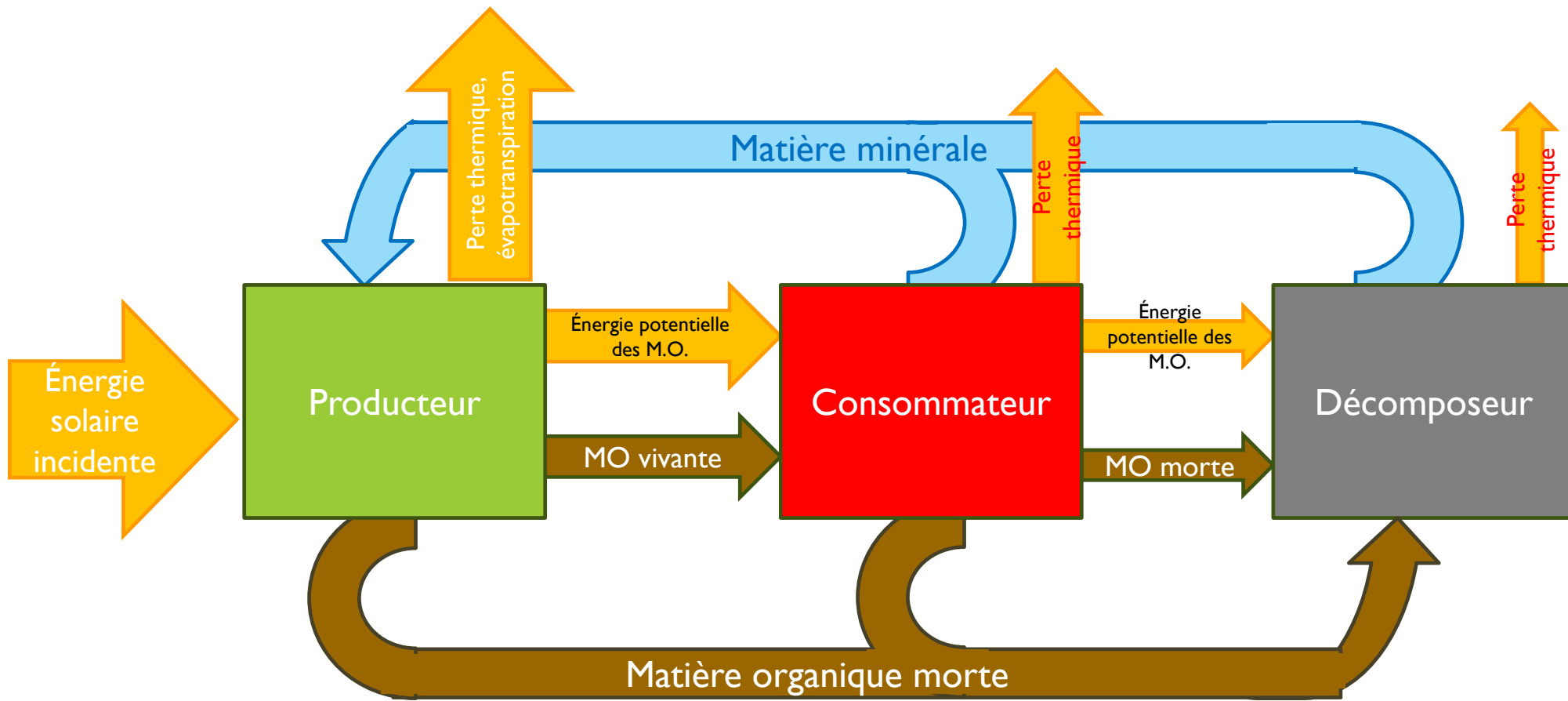


Source: Aurélie Denis

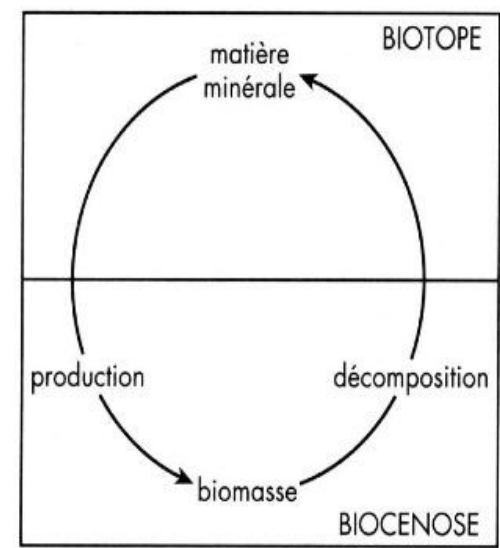
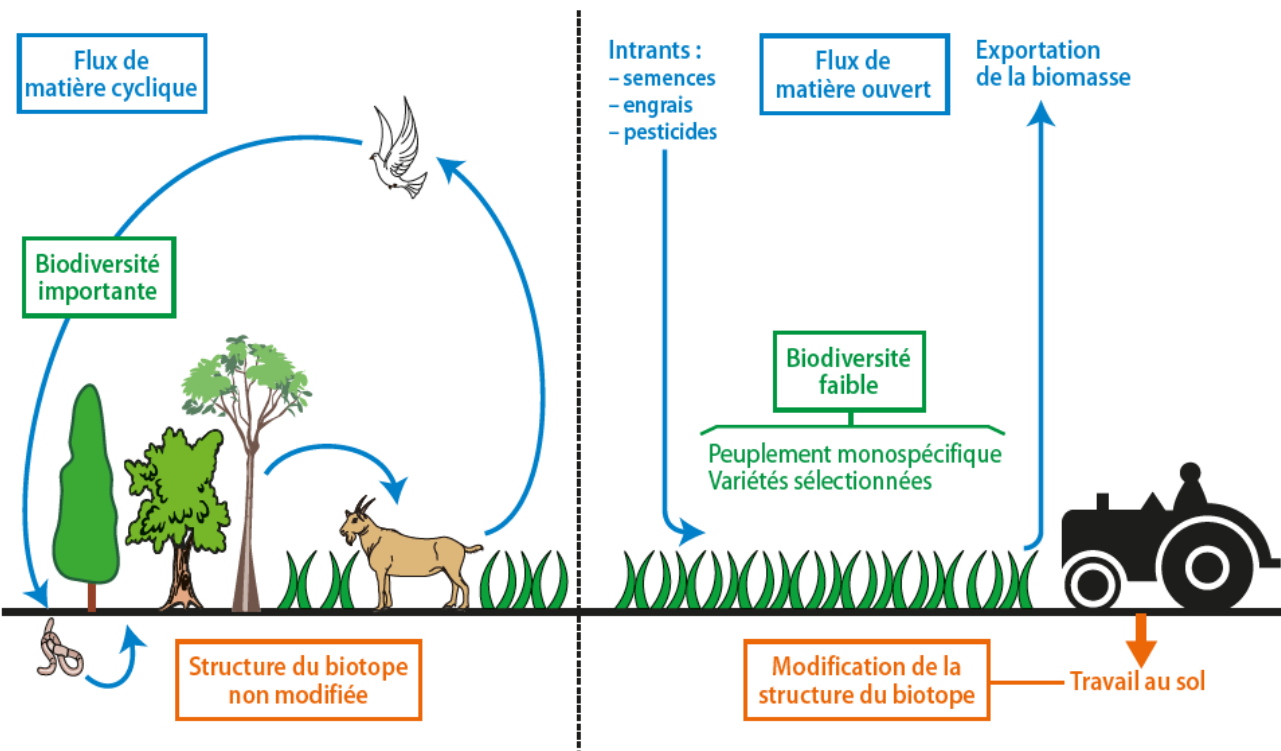


Flux de matière et d'énergie dans un agrosystème

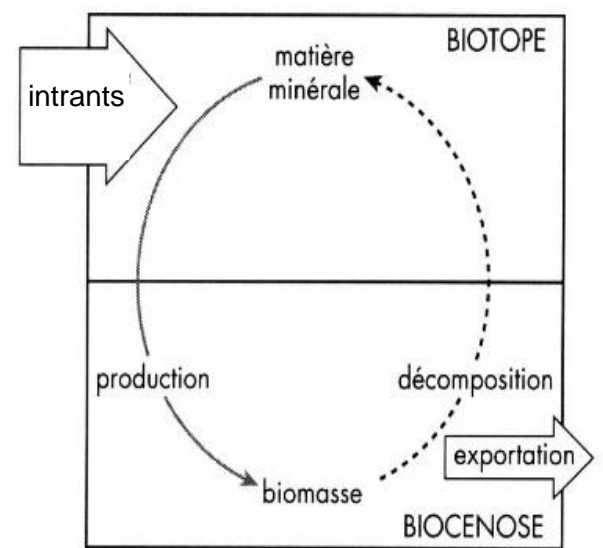
- RP= 14 % (9/63 soit un coefficient énergie fournie/énergie produite de 7) de l'énergie ingérée par l'alimentation → production alimentaire (viande ou lait).
- 27 % (17/63) de l'énergie ingérée, 27 % reste dans l'agrosystème → alimente la vie dans le sol
- Les valeurs indicatives sont des moyennes annuelles pour une vache laitière de 500 kg abattue à 6 ans, élevée sur un hectare pendant un an, dont la viande représente 36 % du poids vif (MS : matière sèche).



Cycle de la matière et flux unidirectionnel d'énergie



la matière dans l'écosystème



la matière dans l'agrosystème

D. FONCTIONNEMENT D'UN AGROSYSTÈME: FLUX DE MATIÈRE ET D'ÉNERGIE

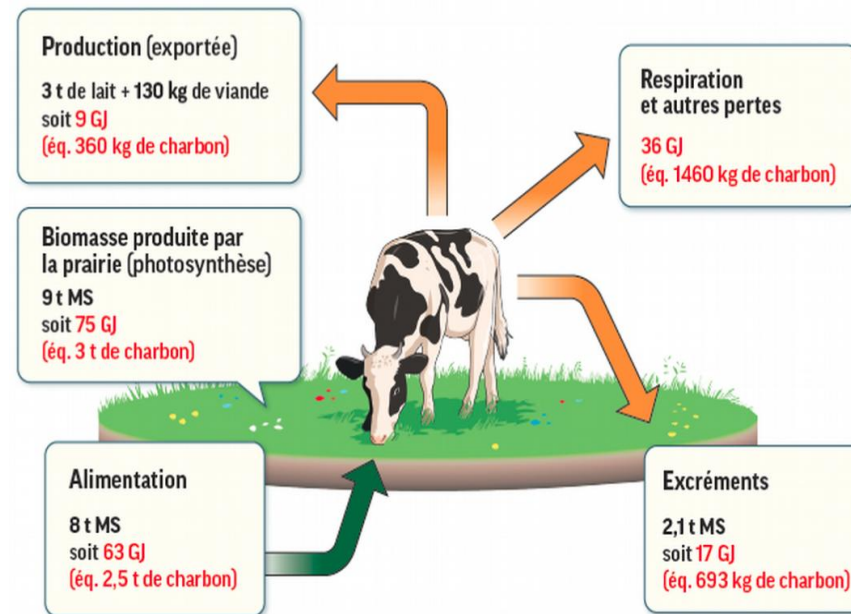
3. Performance économique d'un agrosystème

- Rendement agricole: biomasse produite et récoltée/ an/ha
- Rendement écologique = énergie reçue/ énergie récoltée
- parcelle agricole reçoit énergie solaire d'environ 38 000 GJ/ha/an. Pour la moyenne française, une culture de blé tendre a un rendement écologique de 107/38 000 soit 0,28 %. Ce qui est l'un des rendements écologiques les plus importants parmi les cultures métropolitaines
- En élevage, rendement écologique = f(durée de vie de l'animal, race, laitier vs allaitant...)
- En élevage laitier: rendement = f(lait et viande) => 9/38 000 = 0,02 %



Énergie solaire ~
38 000 GJ/ha/an

Programme : établir un bilan quantitatif (matière et énergie) des exportations / importations d'une pâture, les informations étant fournies.



- 14 % (9/63 soit un coefficient énergie fournie/énergie produite de 7) de l'énergie ingérée par l'alimentation → production alimentaire (viande ou lait).
- 27 % (17/63) de l'énergie ingérée, 27 % reste dans l'agrosystème → alimente la vie dans le sol
- Les valeurs indicatives sont des moyennes annuelles pour une vache laitière de 500 kg abattue à 6 ans, élevée sur un hectare pendant un an, dont la viande représente 36 % du poids vif (MS : matière sèche).

flux de matière et d'énergie dans un agrosystème

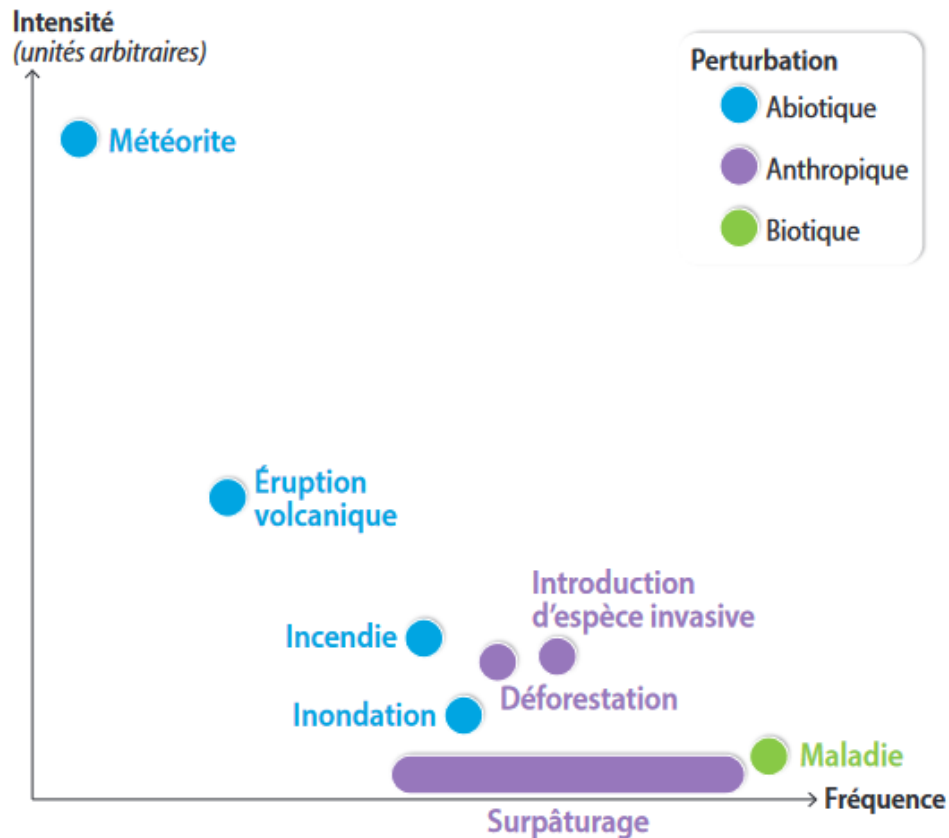
PLAN DU COURS

- 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)

IV. DYNAMIQUE DES ECOSYSTEMES

A. LES PERTURBATIONS DES ECOSYSTEMES : UNE MENACE POUR LA STABILITE DE L'ECOSYSTEME

Les écosystèmes sont constitués d'êtres vivants interagissant entre eux (cf. II). D'autre part, biotope et biocénose sont en interaction (cf. I). Comment ces différentes composantes évoluent-elles au cours du temps ?



Les perturbations écologiques biotiques ou abiotiques peuvent être caractérisées par une fréquence et une intensité (Vuibert p.679)

Perturbation : événement **non prévisible, instantané** (ou de courte durée), qui modifie les relations entre les composantes de l'écosystème (biotope et biocénose). Une perturbation **détruit** de la **biomasse**, diminue la **richesse spécifique**.

■ Perturbations d'origine abiotique :

Souvent des perturbations climatiques (sécheresse, incendie...) ou géologiques (éboulement, retrait glaciaire ...).

■ Perturbations d'origine biotique :

➤ Non anthropiques :

Exemple de perturbation : un **chablis** = chute d'un arbre (désigne aussi le trou laissé par l'arbre après sa chute). Causes du chablis : poids des épiphytes, mort suite à attaque par parasite ou pathogène, chablis artificiel créé par l'homme

➤ Perturbations anthropiques :

Charge en animaux / Surpâturage – cf diminution de biodiversité, mais aussi risque de dégradation des sols, voire de désertification

IV. DYNAMIQUE DES ECOSYSTEMES

A. LES PERTURBATIONS DES ECOSYSTEMES : UNE MENACE POUR LA STABILITE DE L'ECOSYSTEME



La Teste-de-Buch juillet 2022



Eboulement dans les Alpes (01/2023) La Chapelle-en-Valgaudemar

Perturbation : évènement **non prévisible, instantané** (ou de courte durée), qui modifie les relations entre les composantes de l'écosystème (biotope et biocénose). Une perturbation **détruit** de la **biomasse**, diminue la **richesse spécifique**.

■ Perturbations d'origine abiotique :

Souvent des perturbations climatiques (sécheresse, incendie...) ou géologiques (éboulement, retrait glaciaire ...).



Le paysage actuel de Plan Jovet et l'occupation glaciaire probable il y a 11 500 ans. La pente dans laquelle remontent les sentiers vers les lacs Jovet est constituée des sédiments glaciaires déposés par les eaux de fontes



<http://www.cen-haute-savoie.org/sites/contamines/retrait.html>

IV. DYNAMIQUE DES ECOSYSTEMES

A. LES PERTURBATIONS DES ECOSYSTEMES : UNE MENACE POUR LA STABILITE DE L'ECOSYSTEME



Chablis ayant emporté au cours de sa chute une galette racinaire (forêt de Soignes, Belgique).



Paysage de chablis après le passage de la tempête Klaus affectant la forêt des Landes en 2009 : les forestiers distinguent la partie encore adhérente au sol (le chandelier) de celle qui gît sur le sol (le volis.)

Les écosystèmes sont constitués d'êtres vivants interagissant entre eux (cf. II). D'autre part, biotope et biocénose sont en interaction (cf. I). Comment ces différentes composantes évoluent elles au cours du temps ?

Chablis (n.m.): arbre déraciné (mais racines restant en connexion avec le sol → maintien d'activité au cours de la saison de végétation. Par extension, le chablis désigne « l'ensemble formé du système racinaire d'un tel arbre et de la partie de substrat arrachée lors de la chute ».

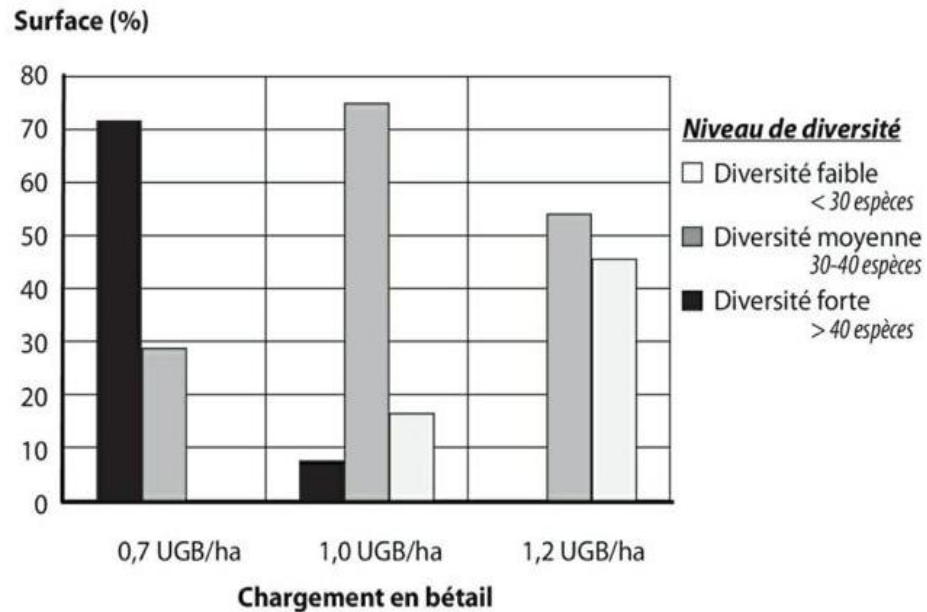
- **Perturbations d'origine biotique :**

- **Non anthropiques :**

Exemple de perturbation : un **chablis** = chute d'un arbre (désigne aussi le trou laissé par l'arbre après sa chute). Causes du chablis : poids des épiphytes, mort suite à attaque par parasite ou pathogène, chablis artificiel créé par l'homme

IV. DYNAMIQUE DES ECOSYSTEMES

A. LES PERTURBATIONS DES ECOSYSTEMES : UNE MENACE POUR LA STABILITE DE L'ECOSYSTEME



Variations de la richesse spécifique observées dans différentes parcelles du Cantal dont la charge en bétail varie entre 0,7 et 1,2 UGB (Unité Gros Bétail) par hectare. Les résultats sont exprimés en pourcentage de la surface de l'exploitation pour chacune des classes de diversité relevées

Perturbation : évènement **non prévisible, instantané** (ou de courte durée), qui modifie les relations entre les composantes de l'écosystème (biotope et biocénose). Une perturbation **détruit** de la **biomasse**, diminue la **richesse spécifique**.

- **Perturbations d'origine biotique :**
- **Perturbations anthropiques :**

Charge en animaux / Surpâturage – cf diminution de biodiversité, mais aussi risque de dégradation des sols, voire de désertification



Le Dust Bowl (« bassin de poussière ») est une série de tempêtes de poussière provoquant une catastrophe écologique et agricole dans les années 1930. Ces tempêtes de poussière sont provoquées par des pratiques agricoles mécanisées, avec des années de sécheresses exceptionnelles, qui ont gravement endommagé l'écologie et l'agriculture des prairies américaines

Ensevelissement dû à une tempête de poussière à Dallas (Dakota du Sud). Mai 1936.

IV. DYNAMIQUE DES ECOSYSTEMES

A. LES PERTURBATIONS DES ECOSYSTEMES : UNE MENACE POUR LA STABILITE DE L'ECOSYSTEME

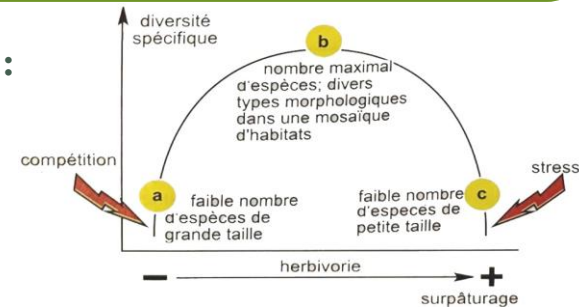


Perturbation : évènement **non prévisible, instantané** (ou de courte durée), qui modifie les relations entre les composantes de l'écosystème (biotope et biocénose). Une perturbation **détruit** de la **biomasse**, diminue la **richesse spécifique**.

■ **Perturbations d'origine biotique :**

➤ **Perturbations anthropiques :**

Gestion de la fauche:



Dernière fauche avant hiver ou dernier pâturage



Une prairie avec une très mauvaise gestion du couvert sera pénalisée dès le printemps suivant.

A gauche, on peut voir une prairie bien préparée à passer l'hiver et à droite, l'exemple à ne pas suivre.

La hauteur de l'herbe, avant son entrée en repos hivernal, doit être idéalement de 5 à 6 cm pour ne pas porter préjudice à la repousse printanière. Il faut en effet que l'herbe puisse encore effectuer la photosynthèse pour constituer assez de réserves au niveau de la gaine et des racines. De plus une trop grande hauteur d'herbe peut être à l'origine de vides au printemps si l'enneigement hivernal est important. L'herbe se plaque au sol, pourrit et disparaît. Tous les vides sont des portes d'entrée pour les adventices. La hauteur d'herbe idéale peut être obtenue soit par pâturage soit par une dernière fauche.

IV. DYNAMIQUE DES ECOSYSTEMES

A. LES PERTURBATIONS DES ECOSYSTEMES : UNE MENACE POUR LA STABILITE DE L'ECOSYSTEME



Lapin européen en Tasmanie



Érosion d'un ravin en Australie méridionale causée par le surpâturage des lapins



Renouée du Japon à petites fleurs blanches automnales, plus grand clone végétal de la planète!



La Jussie introduite comme plante ornementale dans les bassins, devenue plante envahissante dans le marais poitevin



Jacinthe d'eau

Au 19^e siècle, Thomas Austin, ayant immigré en Australie, où il n'y avait pas de lapins indigènes, demande à son neveu résidant en Angleterre, de lui envoyer douze lapins gris, cinq lièvres, soixante-douze perdrix et quelques moineaux afin de poursuivre sa pratique en créant une population locale de ces espèces. À l'époque, il déclare : « L'introduction de quelques lapins devrait faire peu de mal et rappellera le pays, en plus de constituer un petit coin de chasse. » → tellement prolifiques en 1859 que deux millions d'individus pouvaient être abattus ou piégés chaque année sans que cela n'ait d'effet notable sur leur population

Mesures biologiques: Louis Pasteur, qui proposa d'utiliser le bacille de choléra de poulet

En 1950, virus du myxome délibérément disséminé dans la population de lapins → 99,8 % de morts donc 0,2% de résistants → 2^{de} introduction du virus : 90% de morts → 3^e introduction du virus: 40 à 60% de morts... = coévolution entre lapins européens et virus mixoma

■ **Perturbations d'origine biotique :**

➤ **Perturbations anthropiques :**

Espèces invasives



L'écrevisse américaine, d'eau douce introduite en Europe vers 1880 → régression ou disparition des espèces autochtones

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)

IV. DYNAMIQUE DES ECOSYSTEMES

B. LES SUCCESSIONS ÉCOLOGIQUES: UNE DYNAMIQUE NATURELLE SUITE À UNE PERTURBATION

I. Succession écologique naturelle à partir d'une surface nue

■ A partir d'une surface nue: **succession spontanée et progressive des biocénoses**



- à l'échelle du siècle
- suivant **plusieurs stades** qui dépendent des ressources disponibles:

- ✓ **Stade pionnier** : lichens, mousses, qq Angiospermes à rhizomes. Espèces à stratégie r. Ces espèces pionnières forment une ébauche de sol : elles transforment l'écosystème et facilitent l'arrivée des espèces du stade suivant.
- ✓ **Stade transitoire** : pelouse, prairie puis lande arborée. Tapis herbacé de plus en plus continu, la stratification verticale apparaît. Au bout d'une dizaines d'années.
- ✓ **Stade mature ou climax** : forêt (hêtraie, chênaie). Espèces à stratégie K. Stratification verticale maximale. Au bout de plusieurs dizaines d'années.
- ✓ (Stade de déclin : chablis fréquents)

Exemple d'une succession écologique progressive et variation de quelques paramètres associés (biomasse, production, et respiration (Perrier et al., 2021))

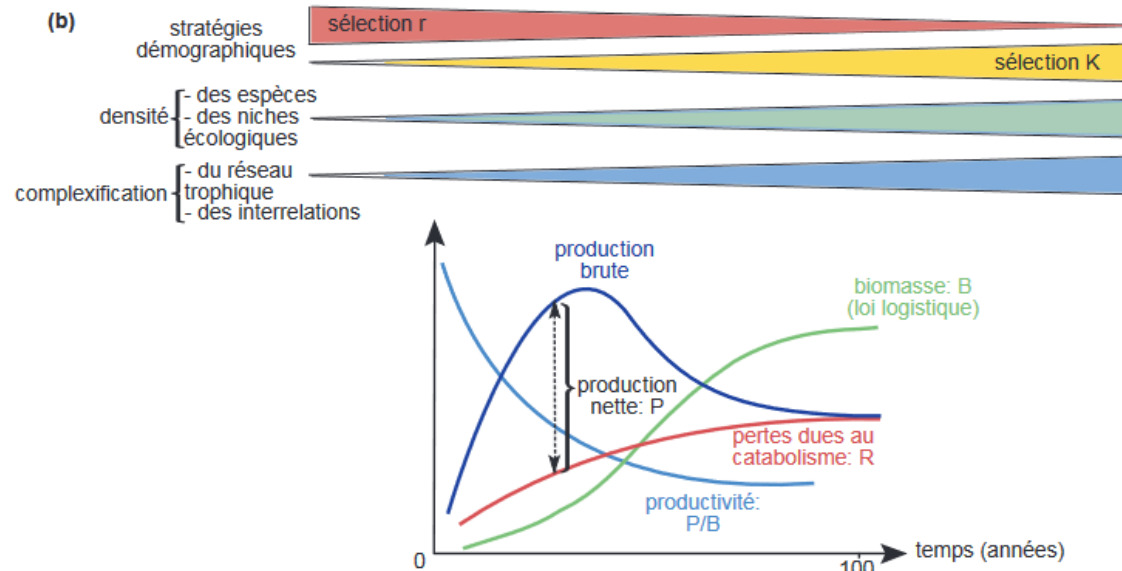
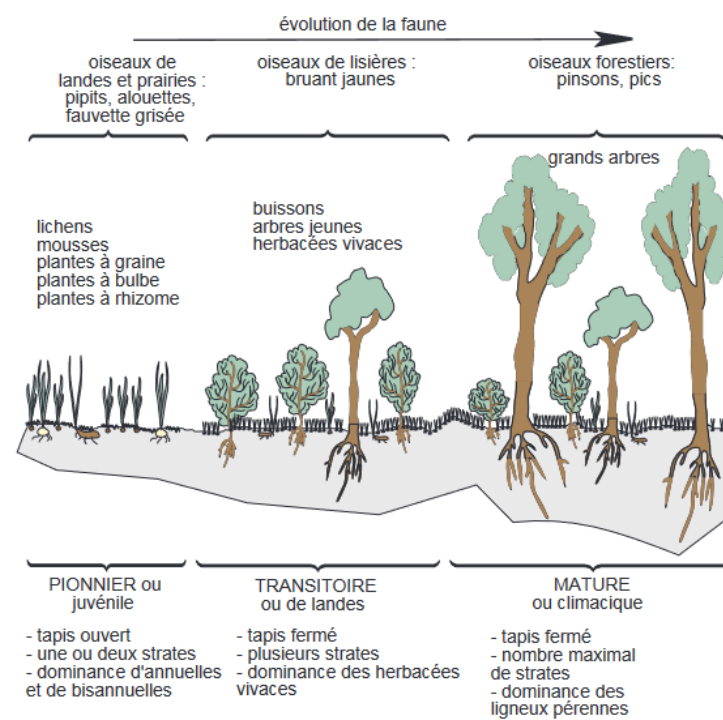
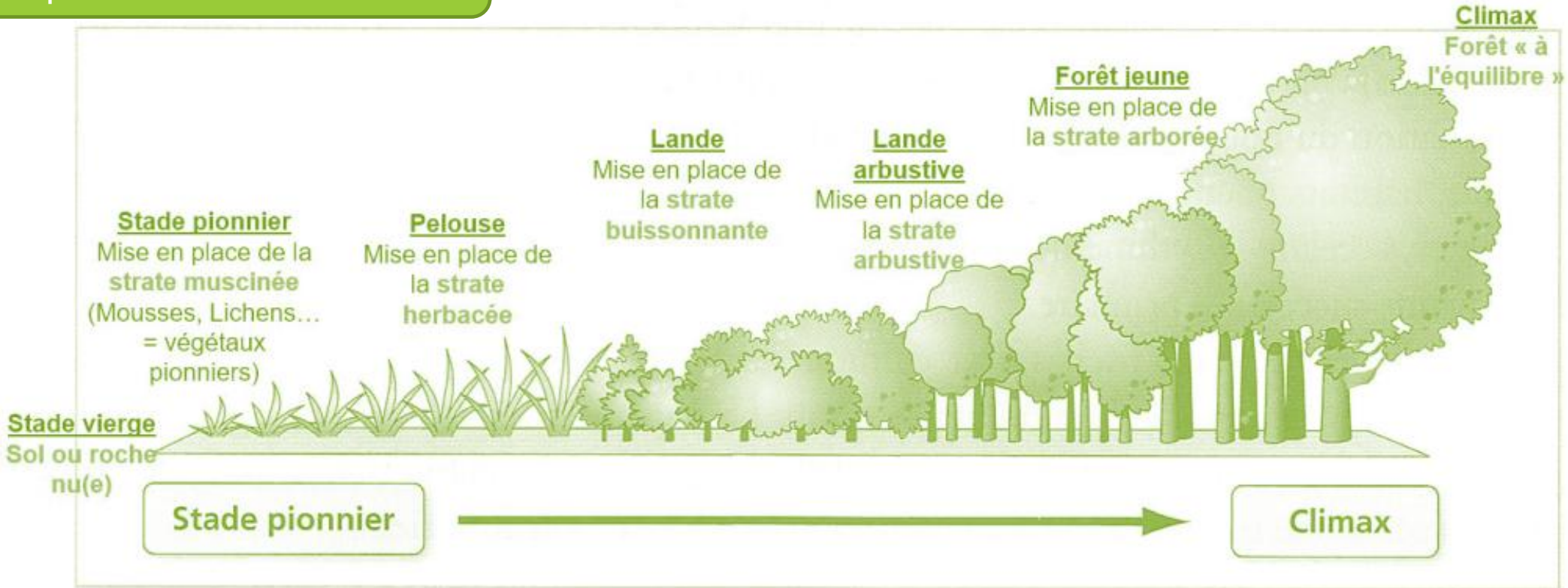


Figure 17.25 (a) Exemple d'une succession écologique progressive et de la variation de quelques paramètres associés ; (b) évolution de la biomasse, de la production et de la respiration au cours d'une succession écologique. (D'après Odum E.P., *Fundamentals of Ecology*, Saunders, 1971).

productivité =
production/biomasse



- **Biomasse** ↗ progressivement en suivant une **loi logistique** mais **productivité** ↘ (production quasiment égale aux pertes cataboliques dans les stades matures).
 - **Biomasse** d'un **écosystème jeune**: faible mais à **productivité forte**
 - **Biomasse** d'un **écosystème mature**: ↘ **productivité** (production/biomasse) → l'Homme **exploite donc les stades juvéniles des forêts** (d'où les taillis fréquents).
- ⇒ forêts climaciques pas rentables économiquement en termes d'approvisionnement mais elles offrent **d'autres services écosystémiques** de régulation (résistance aux perturbations : vent, feu, parasites), de support (cycles de la matière), culturels.

IV. DYNAMIQUE DES ECOSYSTEMES

B. LES SUCCESSIONS ÉCOLOGIQUES: UNE DYNAMIQUE NATURELLE SUITE À UNE PERTURBATION

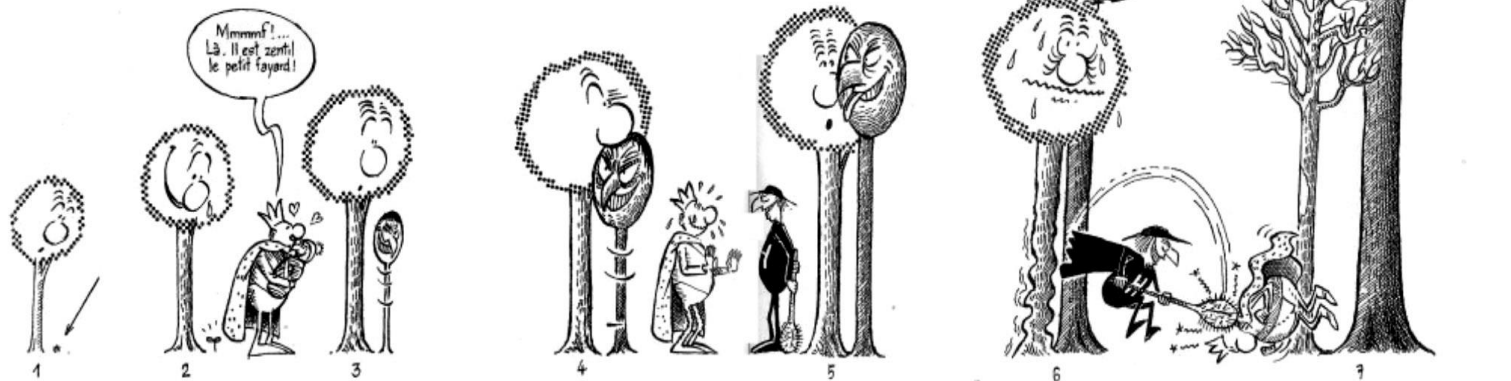


2. Rôle de la facilitation écologique et compétition interspécifique dans la transition vers la forêt

Observation : La coupe claire et le chablis favorisent les jeunes chênes qui se développent plus facilement en pleine lumière, alors que les jeunes hêtres se développent plus facilement en environnement semi-ombragé. Ce regain n'est que temporaire, de jeunes hêtres finissent par se développer à l'ombre des arbres (que ce soit des hêtres ou des chênes) et les hêtres deviennent majoritaires au bout d'un certain temps. Comment expliquer cette succession végétale ?

LA MORT DU CHÊNE, ÉTIOLÉ PAR LE TRAITRE FAYARD (TRAGÉDIE EN 7 ACTES)

1. Apportée par quelque rongeur : une faîne, le fruit piquant du Hêtre...
2. Sous l'ombre protectrice du Chêne, le petit Hêtre pousse...
- 3, 4, 5 ... pousse... pousse... pousse...
6. Le fayard étale largement son parapluie de branches. Et hop!...
- 7... Privé de soleil, le Chêne s'étiolé et meurt.



Facilitation écologique et compétition interspécifique dans la transition vers la forêt (La hulotte)



Chêne pionnier héliophile



Hêtre sciaphile

Les **Chênes pionniers héliophiles**, des espèces **facilitatrices** permettant germination et développement des.

Hêtres sciaphiles = Stade climacique (hêtraie)

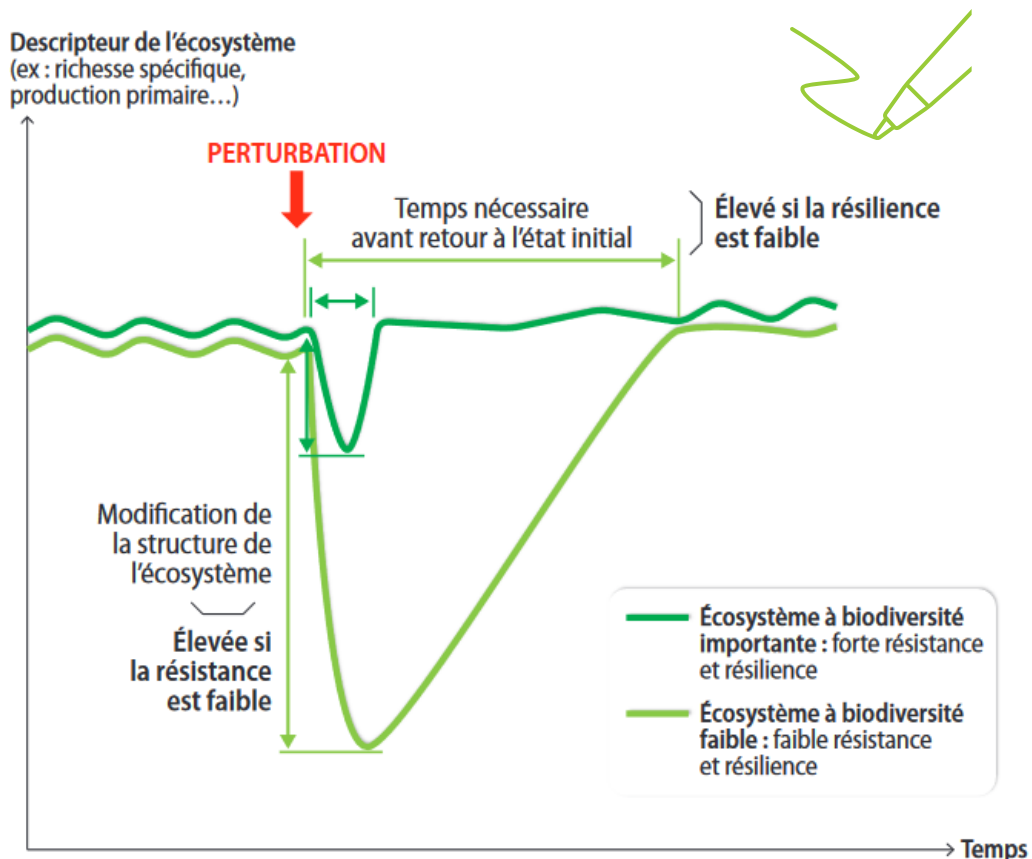
IV. DYNAMIQUE DES ECOSYSTEMES

C. LA STABILITÉ DES ÉCOSYSTÈMES DÉPEND DE LEUR RÉSISTANCE ET DE LEUR RÉSILIENCE



I. La résistance des écosystèmes

- **Perturbation** d'un écosystème ⇒ succession écologique
- **Conséquences** de perturbation **variables**: selon nature de perturbation et selon écosystème considéré.



- **Résistance** : capacité à maintenir son état initial **PENDANT** une perturbation.

- écosystème résistant: structure et fonctionnement peu modifiés par la perturbation

- ✓ Ex : prairies à Niaouli de Nouvelle Calédonie résistantes aux incendies car l'écorce des Niaoulis très épaisse ne brûle pas

- **Plus écosystème complexe** (liens multiples = grande connectance) et **riche en espèces**, plus ↗ possibilités de réajustement lors de perturbations.

- **biodiversité importante** → multiplie les niches écologiques

- ✓ Rq: **biocénose des agrosystèmes**, assez **simplifiée** ⇒ **peu de mécanismes régulateurs** car **peu de pièces de rechange**.

La résilience et la résistance d'un écosystème dépendent notamment de sa biodiversité (Vuibert p.680)

PLAN DU COURS

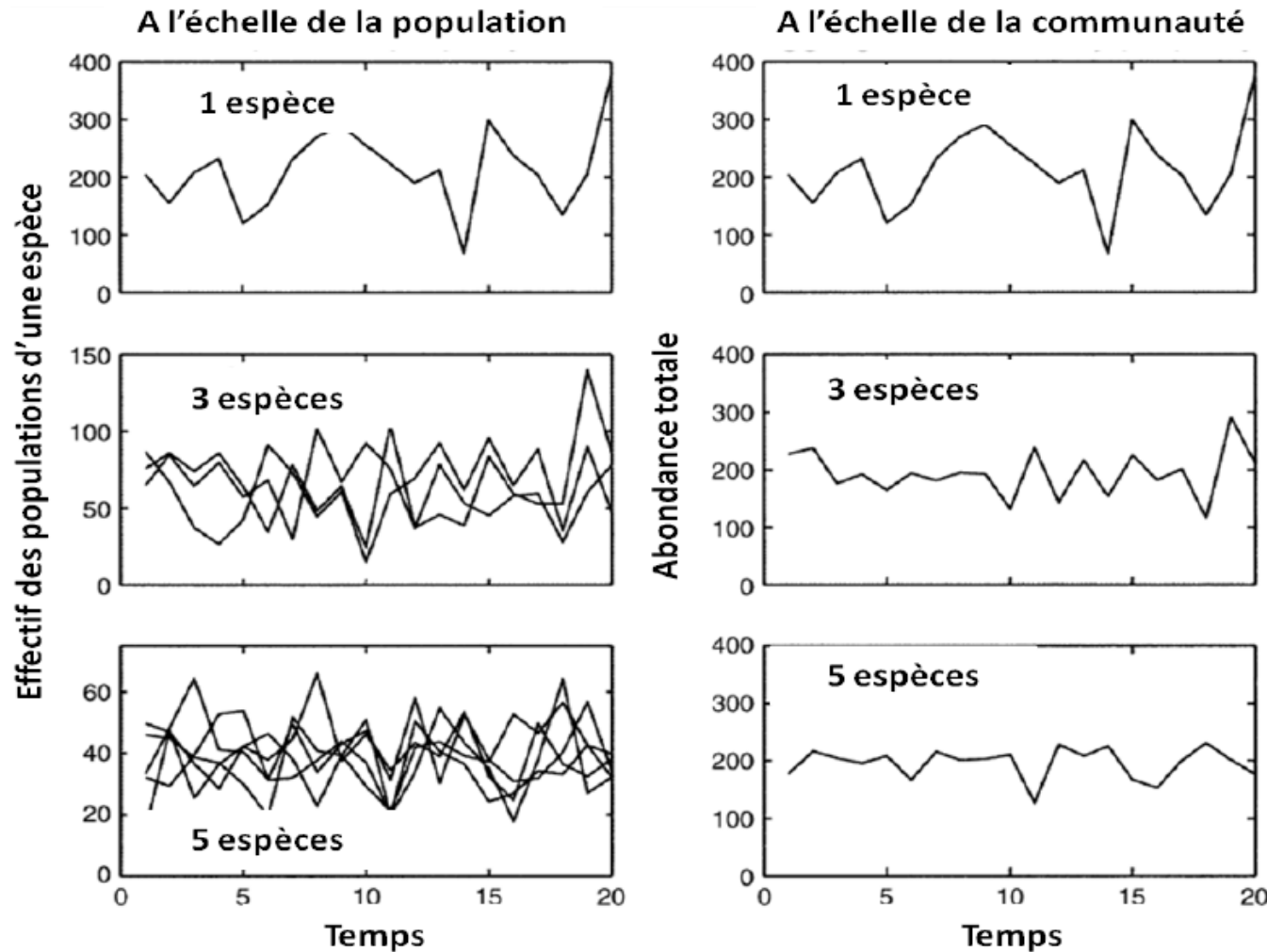
- I. L'écosystème, un espace circonscrit caractérisé par un biotope, une biocénose et des relations entretenues entre biotope et biocénose
 - A. La prairie, une surface biologique constituant une unité fonctionnelle
 - B. Le biotope : le milieu dans lequel évoluent les êtres vivants
 - C. La biocénose : 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)

IV. DYNAMIQUE DES ECOSYSTEMES

C. LA STABILITÉ DES ÉCOSYSTÈMES DÉPEND DE LEUR RÉSISTANCE ET DE LEUR RÉSILIENCE

I. La résistance des écosystèmes

- **Perturbation d'un écosystème** ⇒ succession écologique



- **Résistance** : capacité à maintenir son état initial **PENDANT** une perturbation.
 - écosystème résistant: structure et fonctionnement peu modifiés par la perturbation
- **Plus écosystème complexe** (liens multiples = grande connectance) **et riche en espèces**, plus ↗ possibilités de réajustement lors de perturbations.

Effet de la biodiversité sur les variations d'effectifs

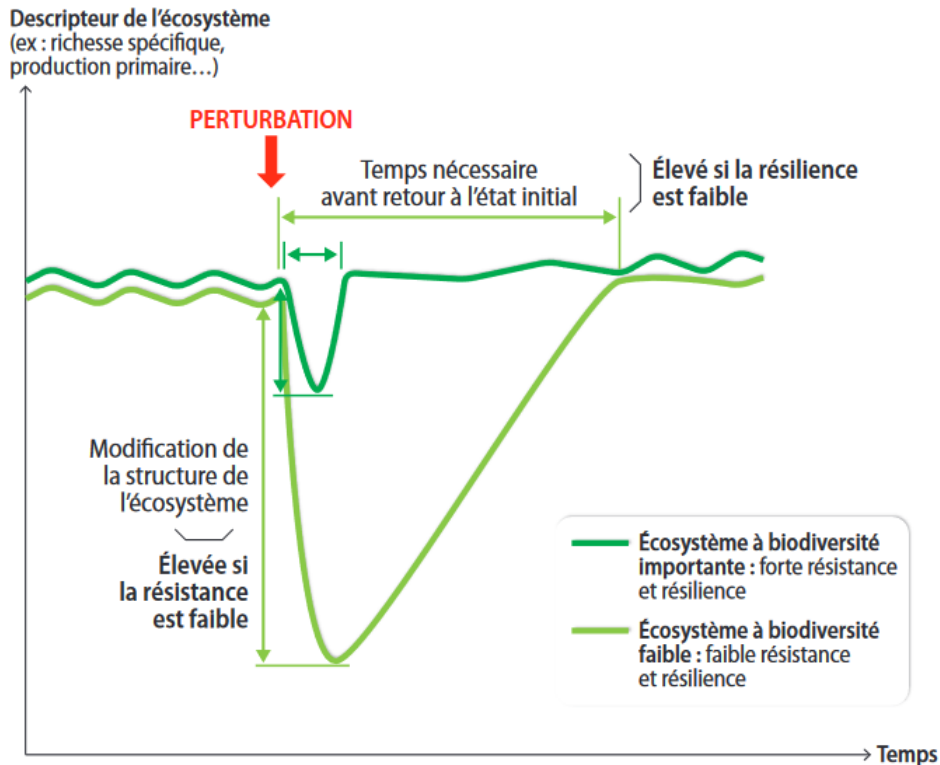
IV. DYNAMIQUE DES ECOSYSTEMES

C. LA STABILITÉ DES ÉCOSYSTÈMES DÉPEND DE LEUR RÉSISTANCE ET DE LEUR RÉSILIENCE



2. La résilience des écosystèmes

- La perturbation d'un écosystème déclenche une succession écologique. Mais la perturbation peut avoir des conséquences différentes selon la nature de la perturbation et selon l'écosystème considéré.



La résilience et la résistance d'un écosystème dépendent notamment de sa biodiversité (Vuibert p.680)

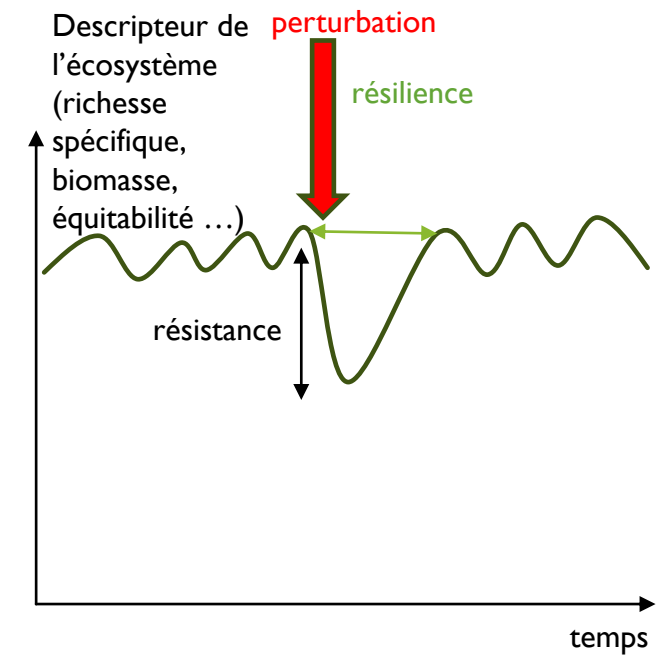
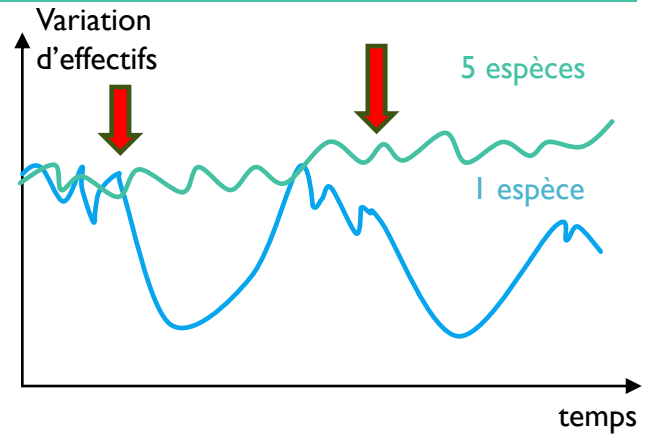
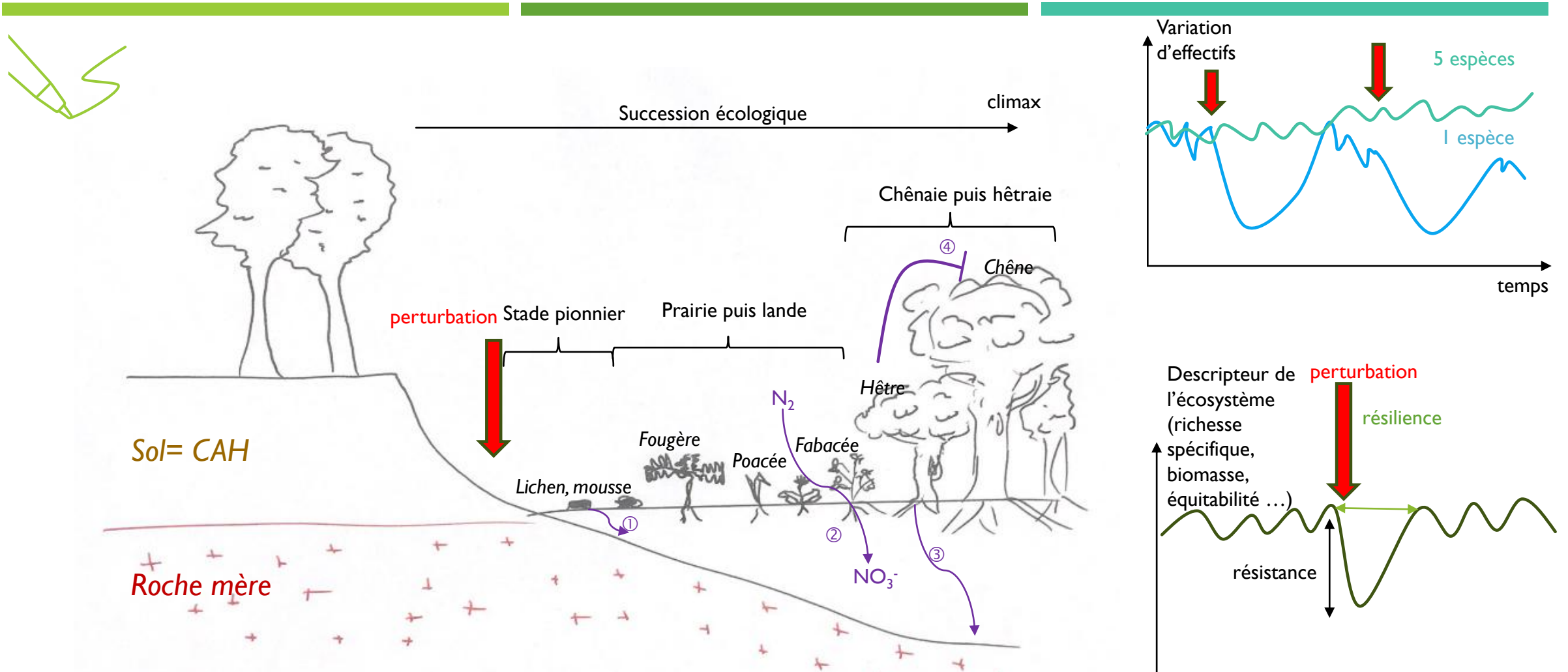
- Résilience** : capacité à retrouver rapidement son état d'origine **APRES** une perturbation

Une fois la perturbation passée, la recolonisation du biotope peut se faire à partir :

- de **populations ayant résisté**, colonisant des niches réalisées parfois différentes si des espèces compétitrices ont disparu.
- de **réservoirs extérieurs** au sein d'une **métapopulation** (d'où la nécessité de sauvegarder haies, corridors ...)

Cette capacité de résilience dépend de certaines espèces :

- Espèces pionnières peu exigeantes
- Espèces facilitatrices aidant à l'installation des autres
- Espèces ingénieurs capables de reconstruire le milieu



- ① Décomposition incomplète de MO en MN par Nitrobacter ⇒ formation du CAH
- ② Fertilisation par légumineuses
- ③ Altération de la roche mère: épaissement du sol = complexe argilo-humique retenant cations et anions secondairement
- ④ Compétition pour l'accès à la lumière

Place des relations interspécifiques dans l'évolution temporelle des écosystèmes

PLAN DU COURS

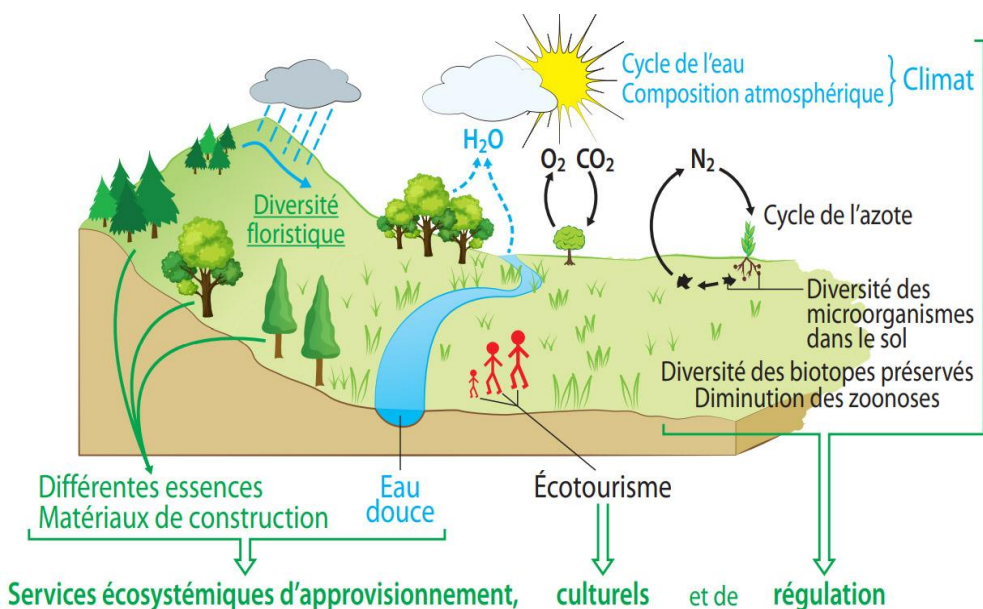
- I. L'écosystème, un espace circonscrit caractérisé par un biotope, une biocénose et des relations entretenues entre biotope et biocénose
 - A. La prairie, une surface biologique constituant une unité fonctionnelle
 - B. Le biotope : le milieu dans lequel évoluent les êtres vivants
 - C. La biocénose : 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)

IV. DYNAMIQUE DES ECOSYSTEMES

D. DES SERVICES ÉCOSYSTÉMIQUES ET LA GESTION DES ÉCOSYSTÈMES (PRAC)



- Les **services écosystémiques** définis en 2006 permettant **d'assurer le bien-être de l'Homme et de la nature** :
 - services de **Production** : de **nourriture** (agriculture, élevage), **biomatériaux** (sylviculture bois, laine, coton), **biocarburants**
 - service de **Régulation** (du climat : stockage CO₂ dans la biomasse vivante et la nécromasse des sols, des ravageurs, épuration naturelle des eaux, atténuation des perturbations environnementales (crues, cyclones, tsunamis), pollinisation (service fourni gratuitement par les pollinisateurs, évalué à ~ 150 milliards d'euros)
 - services d'**Appui** : cycles bio-géochimiques (stockage du C), cycle de l'eau, formation des sols, réservoirs de biodiversité
 - services **Culturels** (esthétique des paysages, loisirs, écotourisme)



Services de production (produits tirés des écosystèmes)	Services de régulation (bénéfices obtenus des processus de régulation des écosystèmes)	Services culturels (bénéfices non matériels découlant des écosystèmes)	
Nourriture Eau douce Combustible Fibre Produits biochimiques Produits pharmaceutiques Ressources génétiques...	Régulation du climat Régulation de l'eau Régulation des maladies et des parasites Régulation des risques naturels Régulation de l'érosion Régulation de la pollinisation Régulation de la qualité de l'air...	Valeurs spirituelles et religieuses Valeurs esthétiques Récréation Écotourisme Héritage culturel Éducation Sources d'inspiration artistique	
Services d'appui (nécessaires pour la réalisation de tous les autres services écosystémiques)			
Cycle de la matière	Cycle de l'eau	Formation des sols	Conservation de la biodiversité

IV. DYNAMIQUE DES ECOSYSTEMES

D. DES SERVICES ÉCOSYSTÉMIQUES ET LA GESTION DES ÉCOSYSTÈMES (PRAC)



Services écosystémiques de l'écosystème prairie

Services de production

- ✓ Production de biomasse (élevage ou foin)
- ✓ Ressources génétiques

Services de régulation

- ✓ Régulation de l'érosion des sols
- ✓ Régulation de l'eau (nappes phréatiques)
- ✓ Limitation de la pollution
- ✓ Régulation de la pollinisation

Services d'appui

- ✓ Stockage du C
- ✓ Réservoir de biodiversité

Services culturels

- ✓ Écotourisme
- ✓ Éducation
- ✓ Esthétiques

Tableau 3 : Stock de carbone dans le sol par hectare, sur l'horizon 0-30 cm, en fonction du type d'occupation du sol

Type de couvert	Stock de carbone (t C/ha)
Terre arable	43
Prairie	70
Forêt mélangée	70
Pelouse d'altitude	93

Source: Arrouays et al., 2002

La prairie permet un stockage de carbone équivalent à la forêt

Culture : terres labourées tous les ans

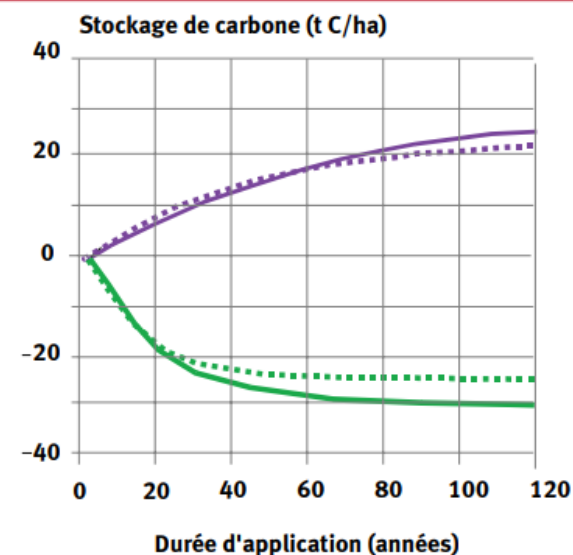


Figure 3 : Évolutions du stock de carbone dans le sol associées aux pratiques provoquant des stockages ou déstockages de carbone. Incertitude : +/- 40 %

Source: Arrouays et al., 2002

<https://hal.inrae.fr/hal-02824535/document>

Agrosystème = écosystème anthropisé, construit ou modifié par l'homme pour l'exploitation d'espèces animales ou végétales à des fins de production généralement alimentaires mais aussi de matières premières (bois, coton) ou énergétiques (agrocarburant)

IV. DYNAMIQUE DES ECOSYSTEMES

D. DES SERVICES ÉCOSYSTÉMIQUES ET LA GESTION DE ÉCOSYSTÈMES (PRAC)

Exemples de marais d'Olonne

Services écosystémiques de l'écosystème prairie

- **Services de production**

- Ressources génétiques

- **Services de régulation**

- Régulation de l'érosion des sols
- Régulation de l'eau (nappes phréatiques)
- Limitation de la pollution

- **Services d'appui**

- stockage du C
- Réservoir de biodiversité

- **Services culturels**

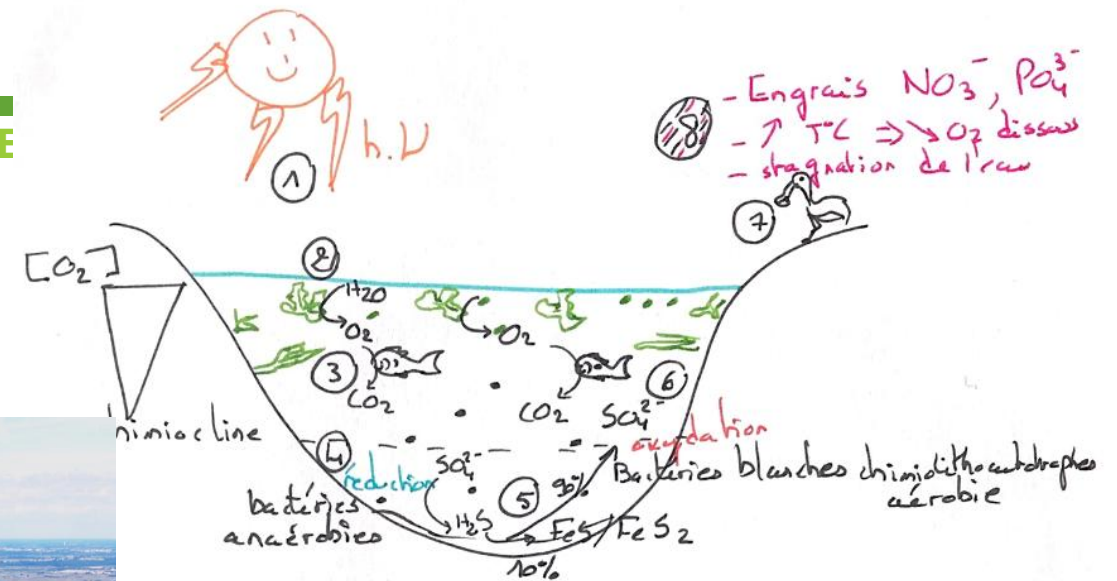
- Écotourisme
- Éducation
- esthétiques



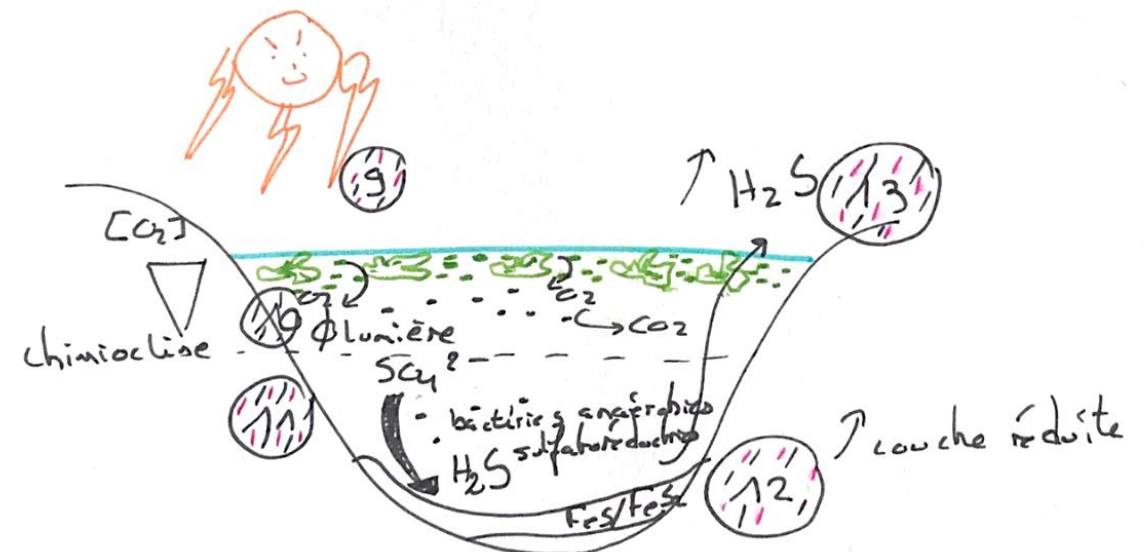
Marais d'Olonne



Avocette élégante



eutrophisation menant à dystrophisation



IV. DYNAMIQUE DES ECOSYSTEMES

D. DES SERVICES ÉCOSYSTÉMIQUES ET LA GESTION DES ÉCOSYSTÈMES (PRAC)

Exemples de la lande de Millières: site classé Natura 2000!

Services écosystémiques de l'écosystème prairie

■ Services de production

- Ressources génétiques
- **Production de bois (pins)**
- Paille pour la conservation des fruits

■ Services de régulation

- Régulation de l'érosion des sols
- **Régulation de l'eau (nappes phréatiques)**
- Limitation de la pollution

■ Services d'appui

- stockage du C: tourbière
- Réservoir de biodiversité: tourbière

■ Services culturels

- Écotourisme
- Éducation



Triton marbré



Lac de Bruyère



Lande de Millières



Genre Drosera



Sphaigne



Linaigrette

Ajonc

Bruyère

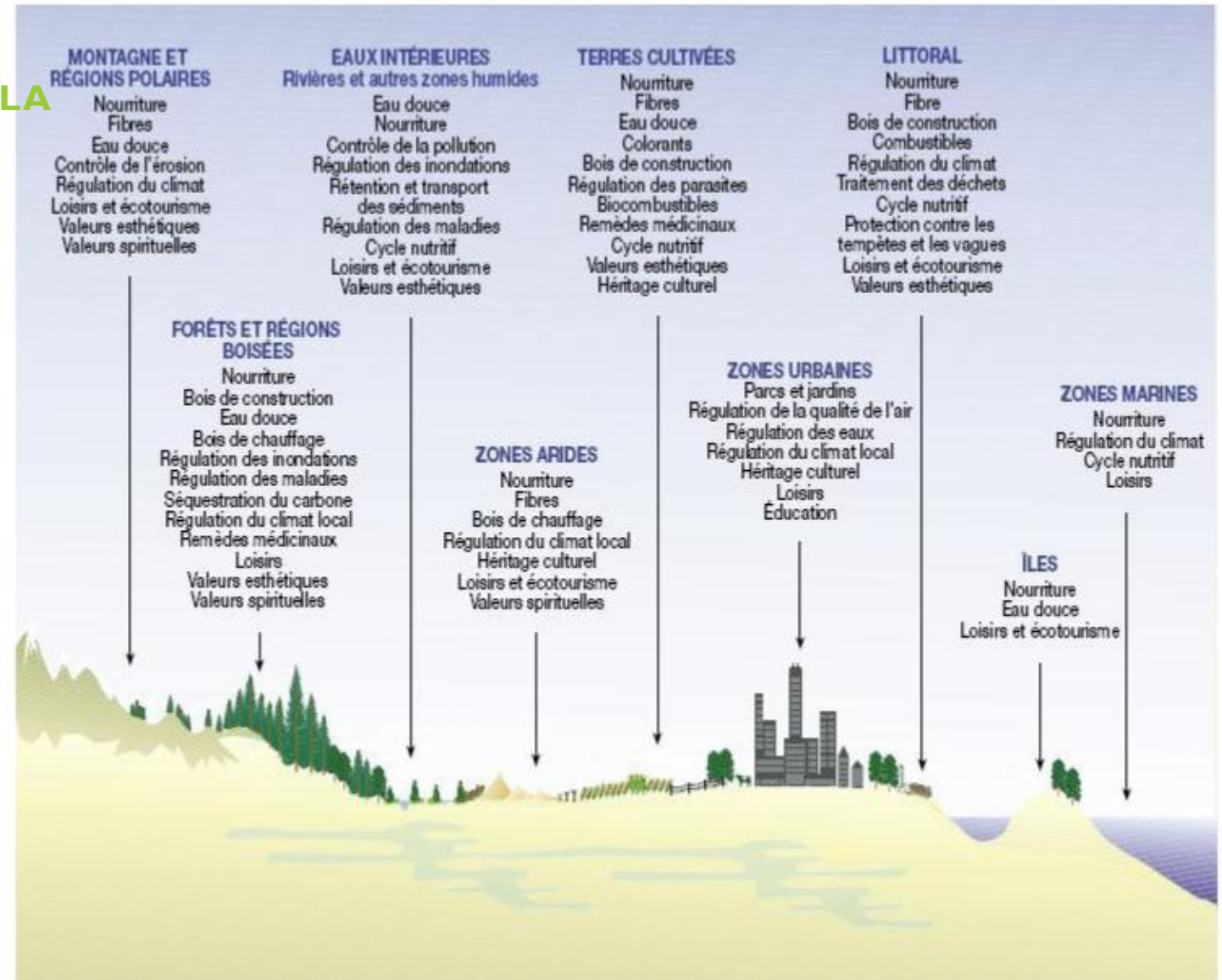
Molinie



IV. DYNAMIQUE DES ECOSYSTEMES

D. DES SERVICES ÉCOSYSTÉMIQUES ET LA GESTION DES ÉCOSYSTÈMES (PRAC)

- **Agrosystème** = écosystème anthropisé, construit ou modifié par l'homme pour l'exploitation d'espèces animales ou végétales à des fins de production généralement alimentaires mais aussi de matières premières (bois, coton) ou énergétiques (agrocarburant)
- **contrôlé en permanence par l'Homme**, avec divers degrés d'anthropisation :
 - ✓ **agro-écosystèmes peu anthropisés** : prairies de montagne (choix par l'Homme de l'organisation spatiotemporelle de la pâture)
 - ✓ **agro-écosystème cultivé** : production de fourrage semé par l'homme, sélection des espèces, rotation des cultures
 - ✓ **champ cultivé** : faible biodiversité, souvent monoculture



Les écosystèmes et les services écosystémiques (Les écosystèmes – académie des sciences)

IV. DYNAMIQUE DES ECOSYSTEMES

D. DES SERVICES ÉCOSYSTÉMIQUES ET LA GESTION DES ÉCOSYSTÈMES (PRAC)

- Prise en compte des services écosystémiques ⇒ **choix de gestion** différents selon les écosystèmes :

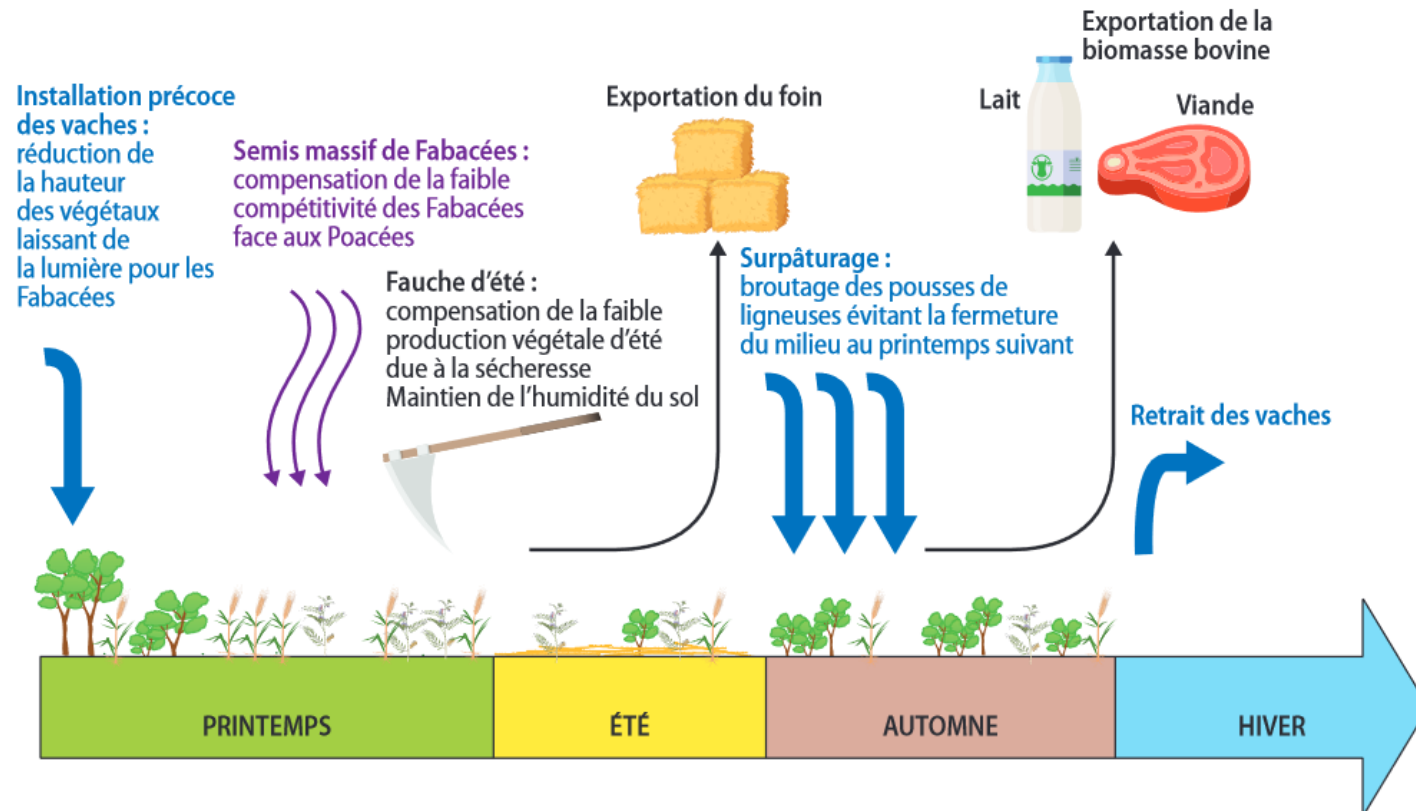
- gestion **conservatoire**

- ✓ Ex d'un marais : élimination régulière de végétation pour éviter l'accumulation de ligneux, l'eutrophisation et le comblement progressif ⇒ comblement du lac ou de la mare

- gestion en **vue de prélèvement**

- ✓ Ex de gestion de la prairie pâturée par l'Homme :

1. Installation des vaches en début de printemps
2. Semis de Fabacées au printemps pour compenser la faible compétitivité des Fabacées face aux Poacées
3. Fauche d'été → exportation du foin
4. Surpâturage en début d'automne → broutage des pousses de ligneuses risquant de provoquer la fermeture du milieu au printemps suivant
5. Retrait des vaches en début d'hiver.



La prairie pâturée, un exemple d'écosystème géré par l'homme (Vuibert p.682)

IV. DYNAMIQUE DES ECOSYSTEMES

D. DES SERVICES ÉCOSYSTÉMIQUES ET LA GESTION DES ÉCOSYSTÈMES (PRAC)

■ Activités humaines ⇒ perturbation de la dynamique naturelle des écosystèmes

- Modification de l'abondance de certaines populations
- Modification de certains facteurs du biotope
- ⇒ ↘ biodiversité

⇒ ↘ **services écosystémiques** (évalués à plus de 30 milliards de dollars par an permettant d'assurer le bien-être de l'Homme et de la nature)

⇒ Importance de la protection des écosystèmes et biodiversité. En cas de perturbation l'Homme peut assister la succession naturelle.

- ✓ *Actuellement :*
- ✓ *60% des services en cours de dégradation*
- ✓ *Perte mondiale 2000 et 4000 milliards de dollars de capital naturel par an*
- ✓ *effondrement de la biodiversité ⇒ coût équivalent à 7% du PIB mondial en 2050*

Ex: disparition des abeilles estimée à 230 milliards de dollars

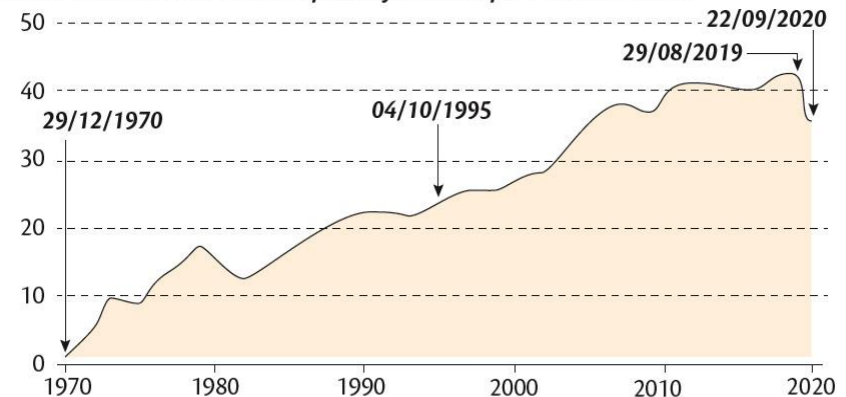
- ✓ **6ème crise d'extinction massive des espèces**
- ✓ **moitié des espèces actuelles pourrait disparaître en 2100**
- ✓ **entre 1970 et 2010, 52% des effectifs de Vertébrés sauvages ont disparu.**

Le jour du dépassement correspond à la date de l'année, calculée par l'ONG américaine Global Footprint Network, à partir de laquelle l'humanité est supposée avoir consommé l'ensemble des ressources naturelles que la planète est capable de produire en un an pour régénérer ses consommations ou absorber les déchets produits, dont le dioxyde de carbone. Passé cette date, l'humanité puiserait donc dans ses ressources à une vitesse qui n'est pas de l'ordre du « renouvelable à échelle humaine », accumulant les déchets au-delà de leur absorption sur le reste de l'année en cours.

Le jour du dépassement

Cela correspond au jour à partir duquel l'humanité vit à crédit par rapport aux ressources de la Terre. Préserver la biodiversité, c'est aussi prendre conscience qu'il n'y a pas une quantité illimitée de ressources disponibles.

% de l'année restant à écouler après le jour du dépassement mondial



AGROSYSTEME

= SYSTEME OUVERT

ACTION de l'homme

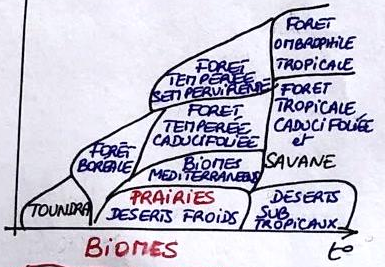
⊕ INTRANTS

- SEMENCES
- ENGRAIS
- PESTICIDES
 - o INSECTICIDES
 - o FONGICIDES
 - o HERBICIDES

STRUCTURE

CONDITIONS du MILIEU PUVIONÉRAIRE

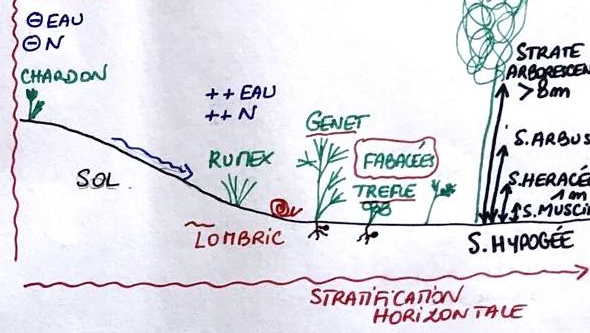
- CLIMATIQUE: t° pluviométrique, vent
- GEOGRAPHIQUE: latitude, longitude
- EDAPHIQUE = SOL: pH, ions



ECOSYSTEME

BIOCÉNOSE = Communauté de populations

STRATIFICATION VERTICALE



TYPE FONCTIONNEL: A PRECOLE, B TARDIVE, C TARDIVE, D TARDIVE

TRAIT FONCTIONNEL = CARACTERISTIQUE de la mbre
 GROUPE FONCTIONNEL: (N) RHOZOBIIUM (fixat N2 atm), Bact NITRATANTIER (SOL)

DIVERSITE: INTRASPECIFIQUE (ALLELES ≠), INTERSPECIFIQUE (INDICES SIMPSON, SHANNON)

VALEUR SELECTIVE: w = FITNESS
 w = v x f (viabilité, fécondité)

- * ↓ VALEUR SELECTIVE: - COMPETITION, - PREDATION, - PARASITISME
- * ↑ VALEUR SELECTIVE: - MUTUALISME, - SYMBIOSE
- * ≠ VALEUR SELECTIVE: - NEUTRALISME, - COMMENSALISME

BIOTOPE

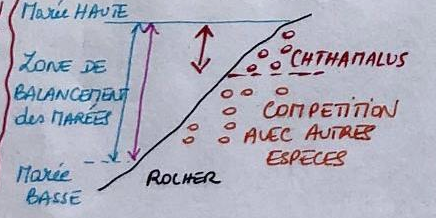
BIOCÉNOSE

+++ sp INGENIEUR = ARCHITECTE
 +++ sp CLE de VOÛTE = MAINTIEN de l'ECOSYSTEME

NICHE ECOLOGIQUE

EFFET JANZEN-CONNELL

POTENTIELLE (REELLE) ⊕



PRELEVEMENTS

- VIANDE/LAIT
- FOURRAGE
- RECOLTE

FONCTIONNEMENT

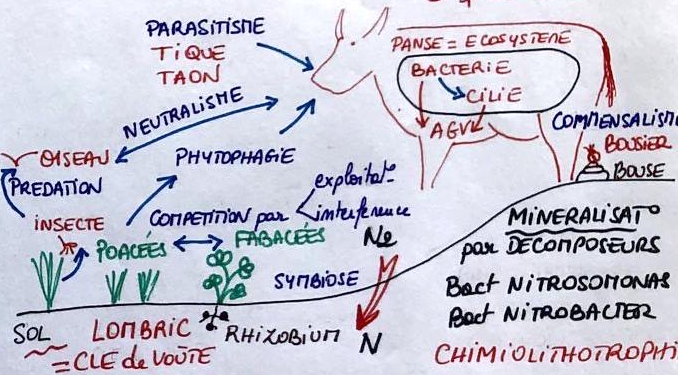
UTILISATION

Egic fossile

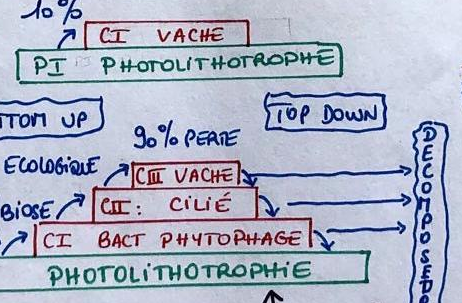
COEVOLUTION

Reine rouge

RELATIONS INTERSPECIFIQUES



RENDEMENT ECOLOGIQUE



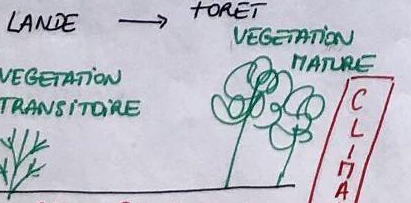
PYRAMIDE des BIOMASSES de PRAIRIE!

PRODUCTION PRIMAIRE INVERSEE ds OCEAN

CYCLES de la MATIERE

C et N

PRAIRIE PELOUSE



SUCCESSION ECOLOGIQUE PROGRESSIVE
 SUCCESSION ECOLOGIQUE REGRESSIVE

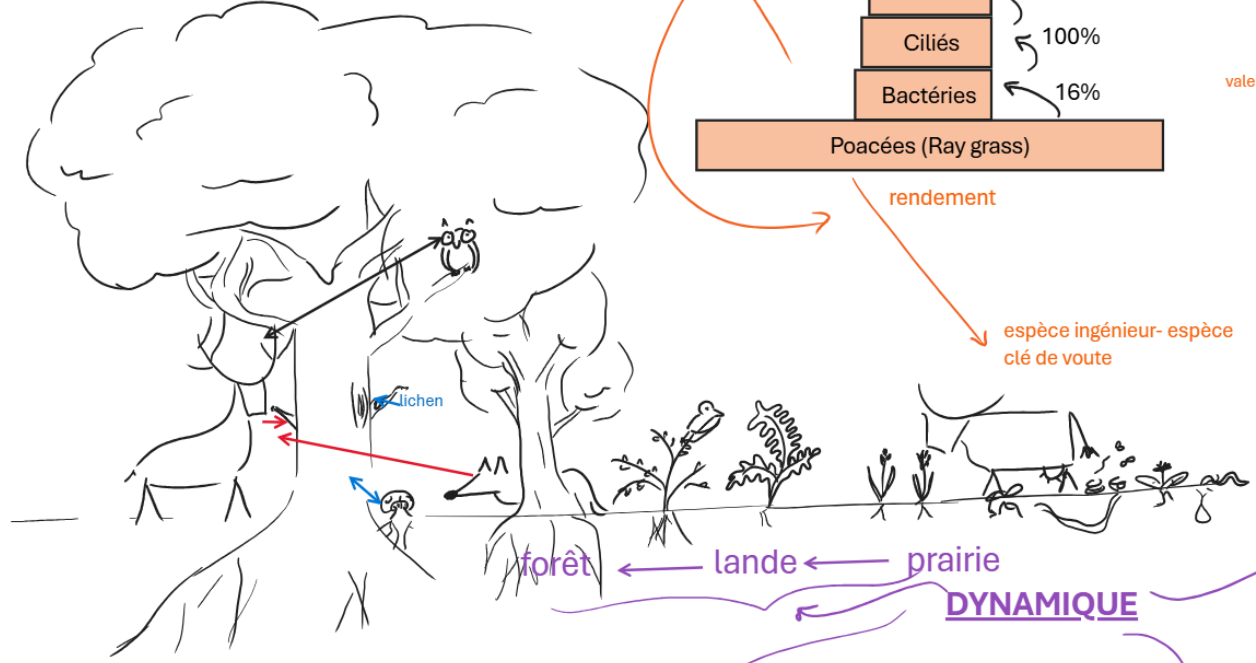
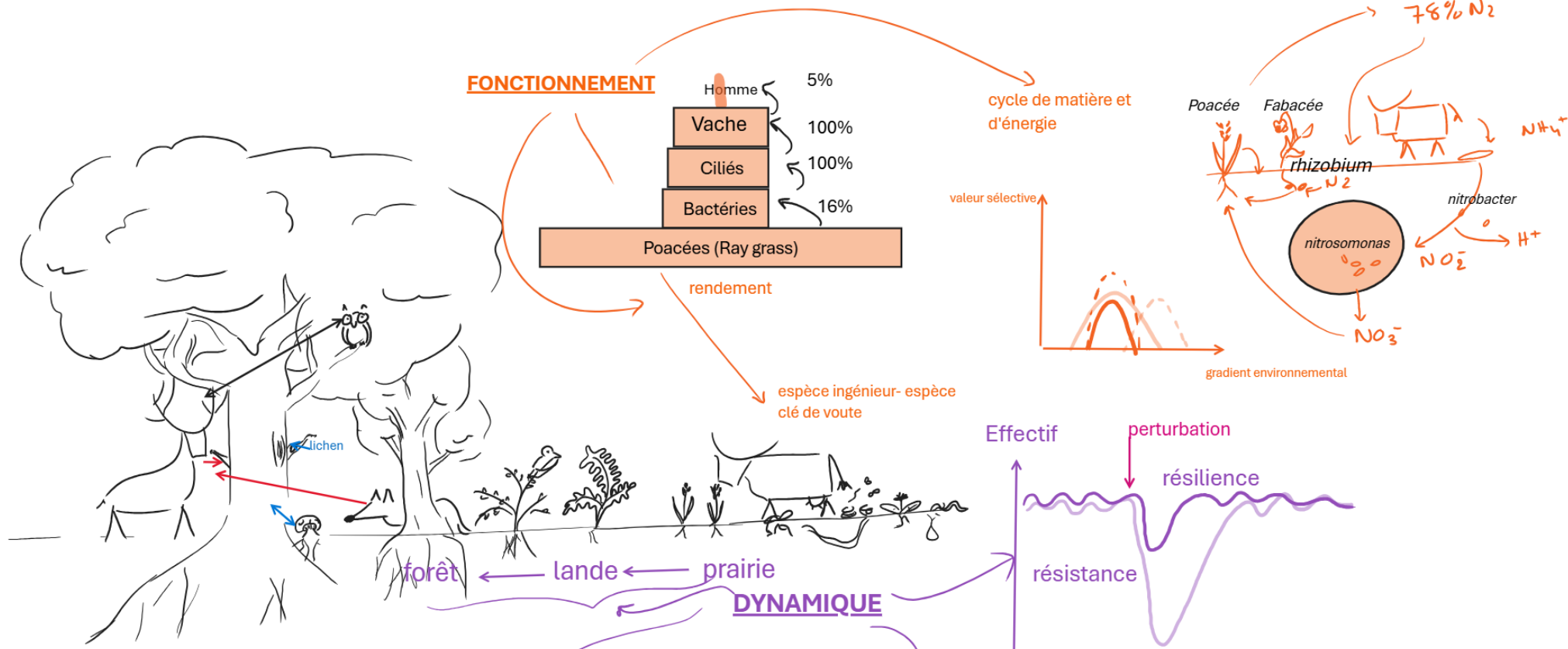
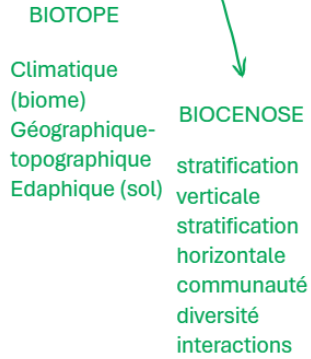
- FEUX
- POLLUTION
- DEGRADATION du milieu

RESEAU TROPHIQUE de la PRAIRIE!

- PLANTES FACILITATRICES = NURSES
- RESILIENCE
- ECOTONE = ZONE de TRANSITION entre 2 milieux = RESERVOIR de BIOCÉNOSE

Source: Aurélie Denis

STRUCTURE



DYNAMIQUE

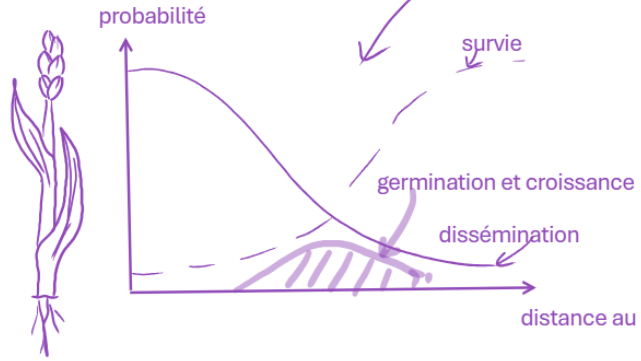
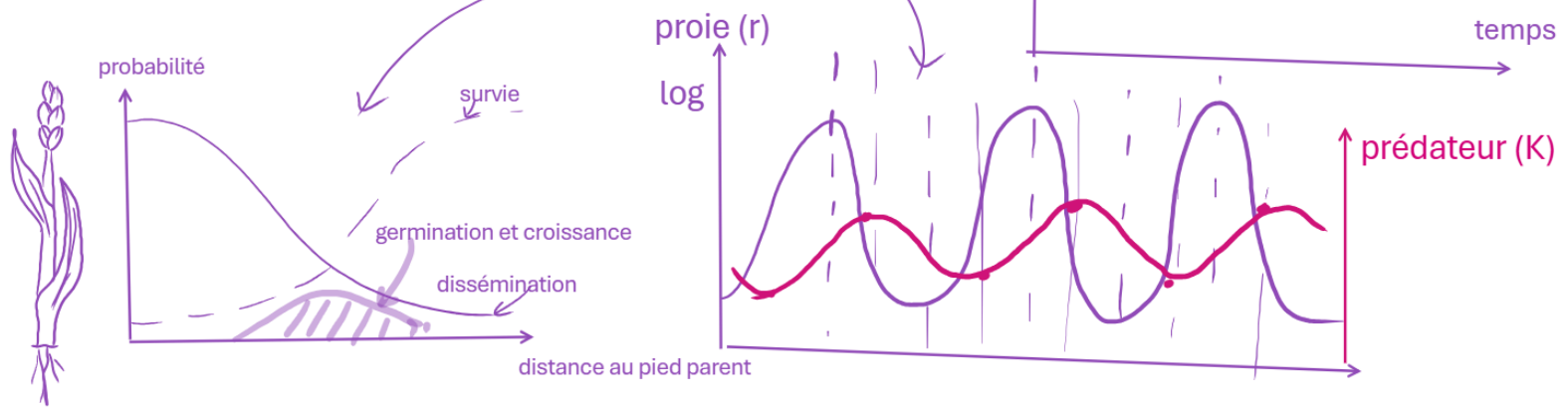
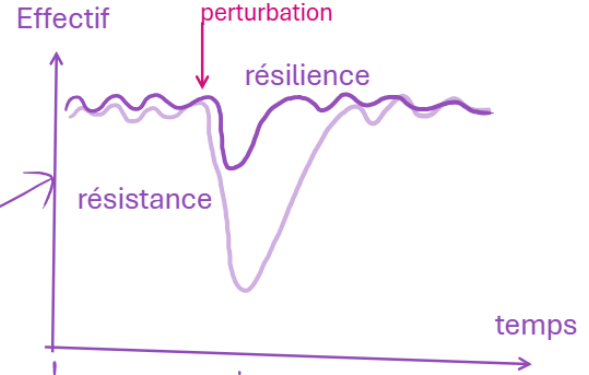


Schéma bilan sur la notion d'écosystème

CONCLUSION: UN ÉCOSYSTÈME EST STRUCTURÉ

- Ecosystème = fruit **d'interactions** entre un **biotope**, une **biocénose**, et **entre les différentes composantes de la biocénose**.
- Le biotope conditionne l'établissement de la biocénose tandis que cette dernière transforme à son tour le biotope.
- Les **relations interspécifiques** sont **décrites par leur effet sur la fitness des partenaires de l'association**. Ces relations sont variées et leur **classification est poreuse**. Des individus entretenant un même type de relation présentent souvent des structure semblables, appelées **convergences évolutives**.

CONCLUSION: FONCTIONNEMENT D'UN ÉCOSYSTÈME

- Relations interspécifiques : contrôlent la structure spatiale et l'évolution temporelle de l'écosystème en participant à l'établissement de la **niche écologique** des espèces, en modulant leur **répartition spatiale**, les **effectifs de leurs populations...**
- Parmi les différentes espèces peuplant un écosystème, certaines revêtent une grande importance pour la structuration et le maintien de l'écosystème : **espèces architectes** transforment le biotope via leur activité, **espèces clés de voûte** contrôlent la composition biocénotique de l'écosystème du fait de leur place dans les réseaux trophiques.

CONCLUSION: FONCTIONNEMENT D'UN ÉCOSYSTÈME

- Un écosystème est également vu d'un point de vue **thermodynamique** comme un **système ouvert** au sein duquel les différents compartiments **échangent de la matière et de l'énergie**. **Ces flux peuvent être quantifiés** et représentés schématiquement, et diverses grandeurs telles que la **production**, la **productivité** ou les **rendements** nous permettent de comprendre leur fonctionnement.

CONCLUSION: DYNAMIQUE D'UN ÉCOSYSTÈME

- 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.

OUVERTURE : SERVICES ÉCOSYSTÉMIQUES ET GESTION DES ÉCOSYSTÈMES

- Les services écosystémiques
 - Production
 - Régulation
 - Appui
 - Culturels

- Première approche : exclure l'Homme de la nature
 - Parcs naturels sans intervention humaine
 - Efficacité limitée et discutée
- Approche actuelle : action de manière raisonnée
 - Gestion avec les populations locales d'aires protégées
- Dans les agrosystèmes : vers une **approche intégrée** qui tient compte du fonctionnement naturel des écosystèmes (rotation des cultures, réduction des engrais, labour modéré, lutte biologique,...)



SUJETS D'ORAUX

La biocénose

Les relations trophiques au sein d'un écosystème

Les relations interspécifiques au sein d'un écosystème

Les relations interspécifiques dans l'écosystème « pâture de bovins en zone tempérée » (2023)

Diversité des relations interspécifiques au sein d'un écosystème

Les symbioses

Parasitisme et prédation (les virus seront considérés comme des parasites)

Parasitisme et symbiose

Compétition inter et intraspécifique

Compétition et coopération dans un écosystème

Structure et variations des niches écologiques

Impact des activités humaines dans la biodiversité (2023)



Les flux de matière au sein d'un écosystème

La production primaire au sein des écosystèmes

Fonctionnement du végétal et production primaire

Le recyclage de la matière organique dans la biosphère

Consommateurs et décomposeurs dans les écosystèmes (2023)

Comparaison agrosystème – écosystème naturel

Les interrelations entre agrosystème ou écosystème, et être humain (2023)

Les écosystèmes et leur dynamique

Structure et dynamique des écosystèmes (2023)