

PRÉPAS SCIENTIFIQUES

BCPST

1^{re} année

CONFORME AU
PROGRAMME 2021

Ouvrage coordonné par O. Dautel
Co-écrit par M. Algrain-Pitavy • C. Bordi • A. Helme-Guizon •
B. Mollier • A. Proust • M. Quertigniez • F. Saintpierre • M. Vabre

Biologie Géologie

TOUT-EN-UN

COURS • MÉTHODES • ENTRAÎNEMENTS • CORRIGÉS



Tout le cours avec :

- Les notions essentielles
- Plus de 500 schémas tout en couleurs
- 23 schémas-bilans



Un entraînement intensif par niveau et chronométré avec :

Des QCM d'auto-évaluation, des études de documents, des sujets d'oraux et des sujets de synthèse type concours



Des outils inédits avec :

- Des fiches « méthodes et observations »
- Des fiches dédiées aux TIPE
- Un lexique



Tous les corrigés détaillés



OFFERT EN LIGNE

- ▶ + de 230 **flashcards** interactives
- ▶ des **vidéos**, **fiches techniques** et **sujets** d'entraînement inédits

Vuibert

CHAPITRE 16

Les écosystèmes : structure, fonctionnement et dynamique

Plan du chapitre

Objectifs du programme, p. 652

Fiche remédiation, p. 653

Cours, p. 654

1 ▶ L'écosystème est un espace délimité caractérisé par un biotope et une biocénose, p. 654

2 ▶ Les espèces entretiennent des relations qui structurent l'écosystème, p. 660

3 ▶ Les relations trophiques sont un type de relation interspécifique à l'origine d'un flux de matière et d'énergie au sein des écosystèmes, p. 668

4 ▶ La structure des écosystèmes est dynamique, p. 678

Schéma-bilan, p. 683

TIPE. Un enjeu, une école, un métier, p. 684

Exercices, p. 686

Corrigés, p. 698



Problématique

Comment caractériser un écosystème ? Comment les interactions entre les êtres vivants et leur milieu déterminent-elles le fonctionnement et l'évolution des écosystèmes ?

Les 10 définitions à maîtriser

- Écosystème
- Symbiose
- Équitabilité
- Espèce ingénieur
- Valeur sélective
- Symbiose
- Niche écologique
- Effet *bottom-up*
- Réseau trophique
- Productivité



FLASHCARDS INTERACTIVES

Réviser les notions
et soyez incollables !



www.lienmini.fr/40895-FLASH-16

Principaux objectifs du programme

Savoirs visés	Capacités exigibles
L'écosystème est un ensemble circonscrit par un observateur, constitué d'un biotope et d'une biocénose (diversité de groupes fonctionnels). La richesse spécifique est une mesure du nombre d'espèces. Il existe des indices de biodiversité. Les organismes ingénieurs sont des espèces qui construisent le milieu et/ou modifient l'habitat pour d'autres espèces. La distribution spatiale des composants de l'écosystème détermine sa structure. Dans l'écosystème, les espèces entretiennent des relations variées qui affectent la valeur sélective des organismes, et dont la typologie présente des cas limites dépendant du contexte écologique (niche écologique potentielle / réalisée, espèces clés de voûte). 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 (<i>bottom-up</i>) et descendante (<i>top-down</i>). 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 dynamiques suite à des perturbations.	Présenter la notion de richesse spécifique (prairie pâturée). Présenter la notion de groupe fonctionnel (prairie pâturée). Caractériser une structuration spatiale de l'écosystème. Discuter de la limite de catégorisation des relations interspécifiques Caractériser des interactions parasitaires, 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 chimolithotrophes 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)



PROGRAMME COMPLET

Téléchargez le programme complet

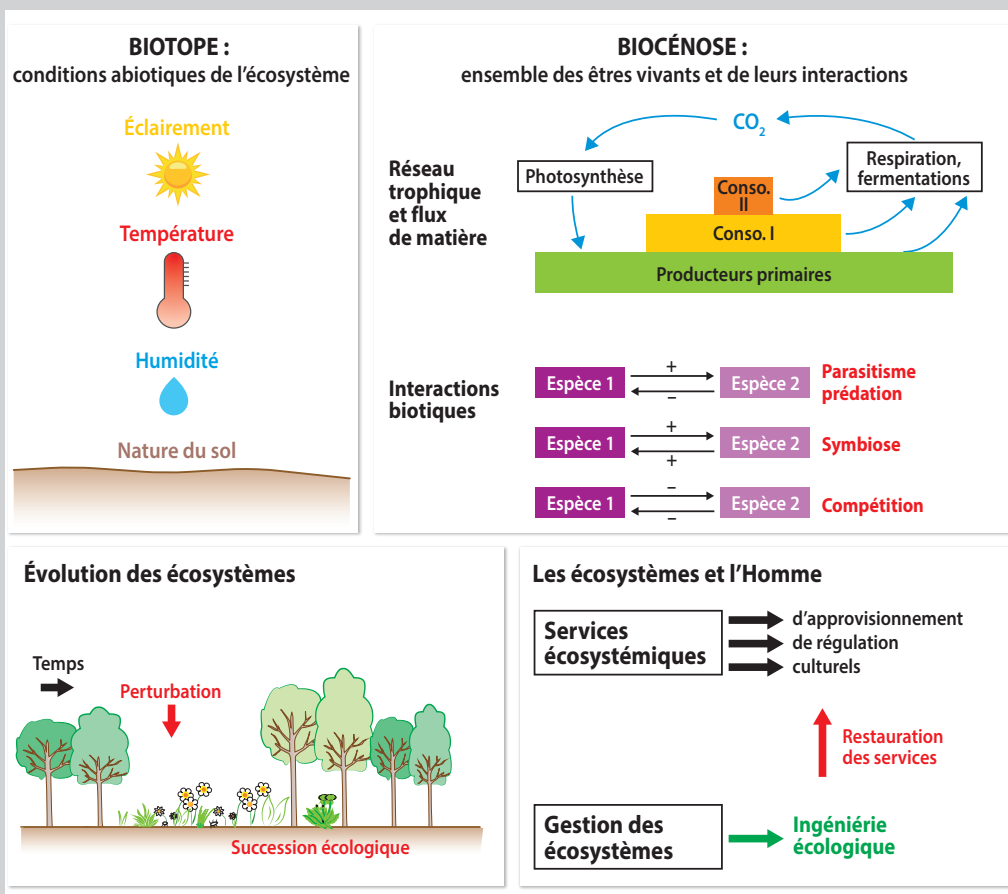


www.lienmini.fr/40895-PROG

FICHE REMÉDIATION

Les **écosystèmes** sont constitués par un **milieu** et les **êtres vivants** qui l'occupent et avec lequel ils interagissent, et présente une structure spatiale déterminée entre autres par la répartition des organismes. Au sein de celui-ci, les êtres vivants établissent des relations interspécifiques comme l'exploitation, la compétition ou la coopération, relations qui entretiennent un flux de matière notamment à travers des réseaux trophiques.

L'écosystème présente un équilibre dynamique : les **relations interspécifiques** entretiennent une **dynamique de populations**, tandis que des perturbations peuvent en modifier la structure et constituer le point de départ d'une **succession écologique**. La composition biologique d'un écosystème conditionne sa réponse face aux perturbations, et son fonctionnement rend des services à l'Homme.



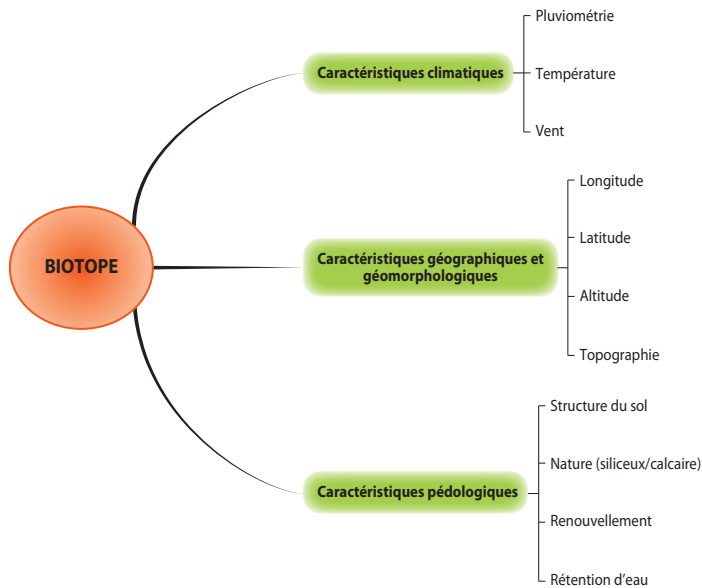
► Les écosystèmes.

COURS

1 L'écosystème est un espace délimité caractérisé par un biotope et une biocénose

1.1. Le biotope est le milieu dans lequel évoluent les espèces

Le **biotope** comprend les caractéristiques physico-chimiques de l'espace d'étude, qui peuvent être décomposées en plusieurs catégories.



► **Figure 16.1.** Le biotope peut être défini par plusieurs caractéristiques.

Les différentes composantes du biotope sont en relation les unes avec les autres, et définissent de grands ensembles écosystémiques appelés **biomes**, caractérisés par des paramètres climatiques et par un peuplement végétal dominant (voir chapitre 18). Parmi ces biomes, les **prairies** sont des espaces ouverts à végétation basse (majoritairement herbacée, les espèces ligneuses ne dépassent pas 30 % de recouvrement). Leur état ouvert est maintenu par des conditions climatiques ne permettant pas l'émergence des forêts (précipitations ou températures trop faibles par exemple) ou entretenu artificiellement par la fauche ou le pâturage.

1.2. La biocénose est l'ensemble des organismes peuplant le biotope

1.2.1. La biocénose comporte une diversité pouvant être décrite à différents niveaux

Les êtres vivants présents dans un écosystème constituent la **biocénose**, constitué d'un ensemble de **populations interagissant entre elles**, et dont la **biodiversité** peut être décrite :

- à l'échelle d'une espèce : au sein d'une espèce, chaque individu est génétiquement et phénotypiquement différent des autres. On parle de **diversité intraspécifique** ;
- à l'échelle de l'écosystème, le nombre d'espèces constitue la **diversité interspécifique**. Cette dernière est un facteur de stabilité des écosystèmes (voir section 4.1.2) ;

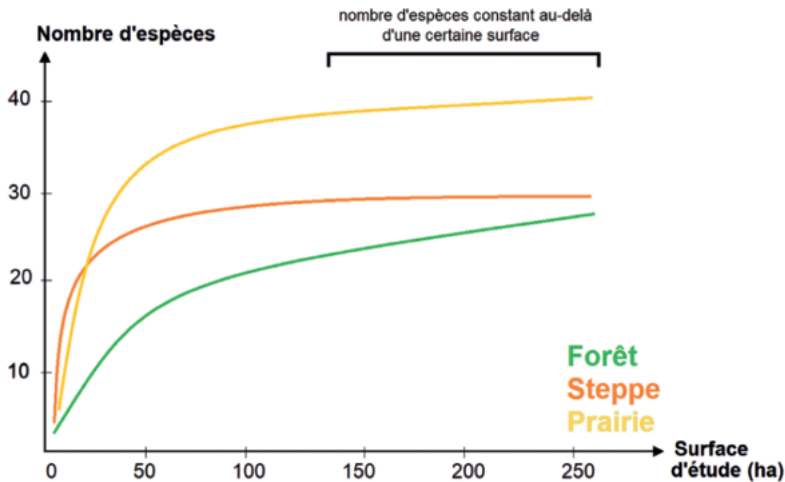
– une autre façon de décrire la biodiversité des écosystèmes est d'établir des **groupes fonctionnels**. Ces derniers sont des regroupements d'espèces présentant les mêmes **traits fonctionnels**, c'est-à-dire répondant de la même manière à un facteur environnemental et affectant leur milieu de façon semblable. Ainsi, la biodiversité végétale d'une prairie peut être décrite par l'assemblage de **Fabacées** (fixant le diazote atmosphérique grâce à leur association symbiotique avec des bactéries, voir chapitre 2) et d'autres herbacées Dicotylédones, de **Poacées**, et de plantes **ligneuses** (plantes en général de taille plus imposante que les herbacées, à tige lignifiée).

Groupe fonctionnel	Exemples de taxons
Végétaux	Poacées : ray-grass, pâturin, dactyle... Fabacées : luzerne, trèfle, vesce... Autres : pissenlit, orchidée
Herbivores	Ruminants : vache, mouton... Rongeurs : campagnol... Insectes phytophages : criquet, puceron...
Carnivores	Mammifères : musaraigne... Oiseaux : buse, milan
Faune du sol	nématodes, annélides, collemboles, acariens...
Flore du sol	bactéries, champignons, algues...

► **Figure 16.2.** La biocénose de l'écosystème prairial peut être décomposée en groupes fonctionnels d'êtres vivants.

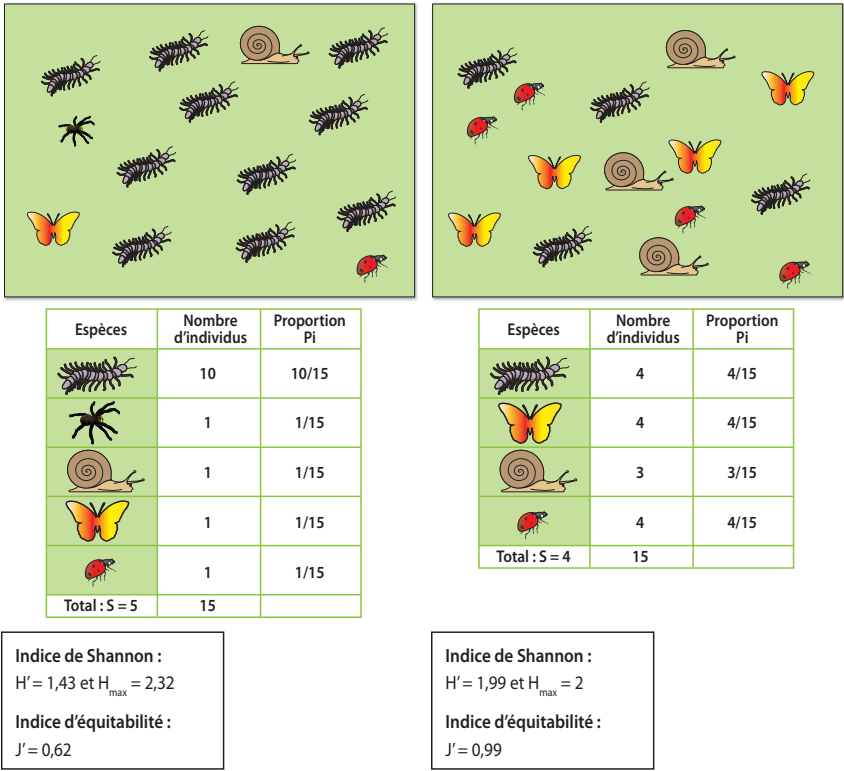
1.2.2. La biodiversité d'un écosystème peut être estimée par le calcul de plusieurs indices

La diversité biologique d'un écosystème peut être mesurée par différents indices à partir de comptages sur le terrain. Le calcul de la **richesse spécifique** indique le **nombre d'espèces** dans une aire donnée. On constate le plus souvent une relation logarithmique entre richesse spécifique et surface de l'aire étudiée. Cette relation permet de limiter la surface totale d'étude car le contenu spécifique d'une zone reste identique au-delà d'une aire donnée.



► **Figure 16.3.** La richesse spécifique est liée à la surface d'étude de l'écosystème.

La mesure de la richesse spécifique ne permet pas d'estimer la **distribution** des individus au sein de ces espèces. En effet, un écosystème peut présenter une richesse spécifique élevée mais une faible **équité**, dans le cas où une espèce présente une abondance très supérieure aux autres.



► **Figure 16.4.** La biodiversité interspécifique peut être déterminée par sa richesse spécifique et son équité.

Pour prendre en compte l'équité de répartition des effectifs de chaque espèce, on a recours à l'**indice de Shannon** faisant intervenir à la fois le nombre d'espèces, et le nombre d'individus au sein de chaque espèce.

Richesse spécifique

Proportion des individus de l'espèce i parmi l'ensemble des espèces

Indice de Shannon

Une espèce

$\log_2$: logarithme binaire

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

Dans cette formule, $p_i = n_i/N$ où n_i est le nombre d'individus de l'espèce i et N le nombre total d'individus (en considérant toutes les espèces). Cet indice varie de 0 (dans le cas où l'aire étudiée ne contient qu'une espèce, ou une espèce très largement dominante sur les autres) à $\log_2 S$ (lorsque toutes les espèces ont la même abondance).



FOCUS Mathématiques. Logarithme binaire

Le logarithme binaire ou logarithme à base 2, noté $\log_2$ est la fonction réciproque de la fonction $f : x \rightarrow 2^x$. $\log_2(x)$ est le réel y tel que $2^y = x$.

Notons quelques valeurs remarquables, $\log_2(1) = 0$, $\log_2(2) = 1$, $\log_2(4) = 2$, $\log_2(8) = 3$...

Il s'obtient à partir du logarithme népérien, de base e :

$$\forall x \in \mathbb{R}_+, \quad \log_2(x) = \frac{\ln(x)}{\ln(2)}$$

On retrouve les propriétés habituelles des logarithmes :

- $\forall (a, b) \in \mathbb{R}_+^2, \quad \log_2(a \times b) = \log_2(a) + \log_2(b)$
- $\forall (a, b) \in \mathbb{R}_+^2, \quad \log_2\left(\frac{a}{b}\right) = \log_2(a) - \log_2(b)$
- $\forall a \in \mathbb{R}_+, \forall p \in \mathbb{R}, \quad \log_2(a^p) = p \log_2(a)$

Le logarithme binaire est à ne pas confondre avec le logarithme à base 10 que vous utilisez en chimie, noté $\log_{10}$ ou plus souvent $\log$, qui est la réciproque de la fonction $f : x \rightarrow 10^x$.

La valeur de cet indice est largement dépendante de la richesse spécifique de l'aire étudiée. Pour comparer l'équitabilité de deux aires d'étude présentant des richesses spécifiques différentes, l'indice de Shannon est souvent couplé à un indice d'équitabilité, appelé **indice d'équitabilité de Piélou**, qui permet de mesurer l'équitabilité indépendamment de la richesse spécifique :

$$J = H' / H_{\max}$$

Diagram illustrating the relationship between the Index of Equitability (Indice d'équitabilité), the Index of Shannon (Indice de Shannon), and the Maximum Equitability (Équitabilité maximum = $\log_2 S$).

Cet indice varie de 0 (dominance d'une espèce) à 1 (espèces équitablement réparties). On utilise les indices de Shannon et d'équitabilité pour mesurer l'effet de perturbations dans un type d'environnement donné. En effet, on constate souvent qu'une pollution par exemple favorise la prolifération d'une ou quelques espèces résistantes, au détriment des autres : un indice d'équitabilité proche de 0 peut donc être utilisé pour caractériser la pollution d'un écosystème.

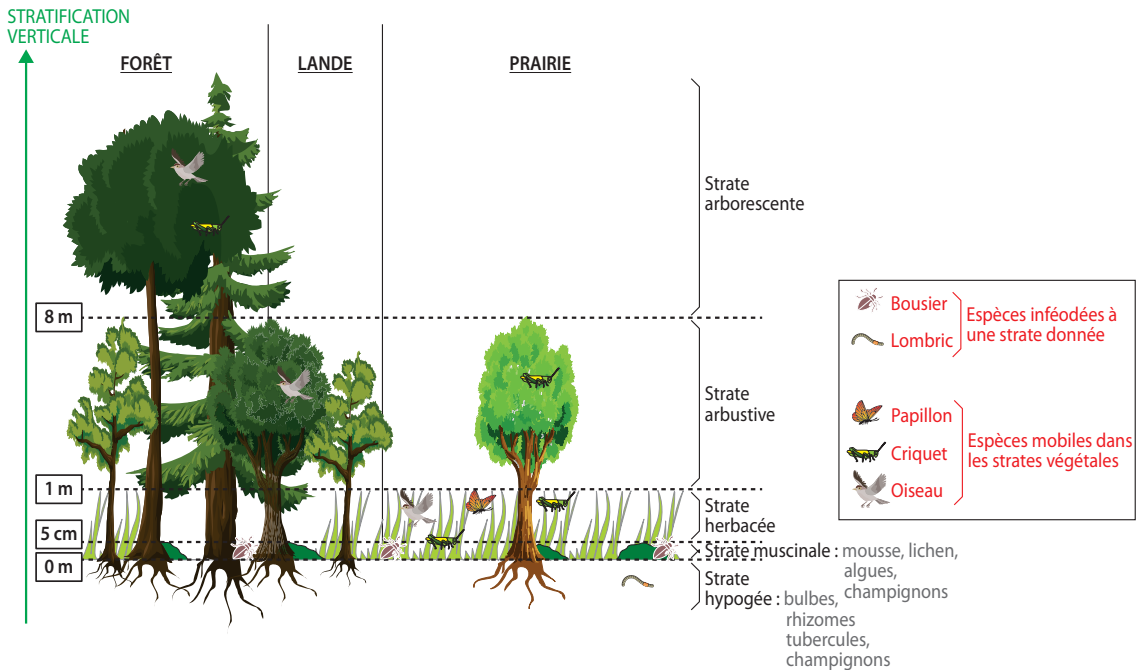
	État écologique	Valeur de H'	Classification de la pollution
	Mauvais	$0 < H' \leq 1,5$	Azoïque, très pollué
	Médiocre	$1,5 < H' \leq 3$	Fortement pollué
	Moyen	$3 < H' \leq 4$	Modérément pollué
	Bon	$4 < H' \leq 5$	Zones de transition
	Très bon	$H' > 5$	Sites de référence

► **Figure 16.5.** L'indice d'équitabilité peut être utilisé pour caractériser le niveau de pollution d'un écosystème.

1.3. L'écosystème est organisé spatialement

1.3.1. Un écosystème est stratifié verticalement et horizontalement

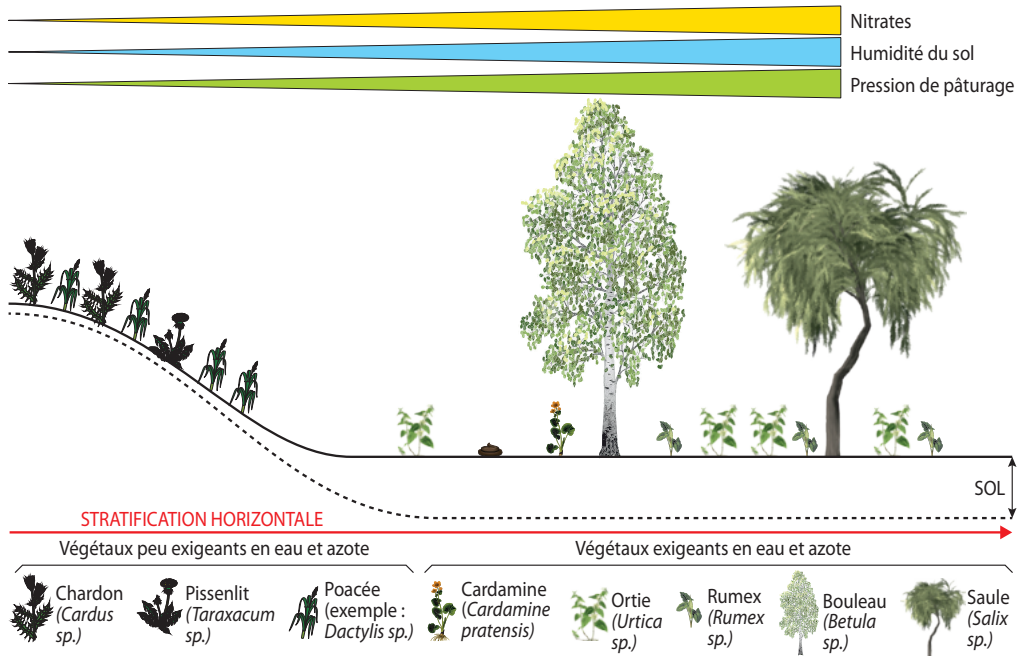
La répartition des organismes dans l'écosystème peut d'abord se voir comme une **stratification verticale**, définie pour les végétaux. Dans l'écosystème prairial, les **strates arborescente** (ou arborée) et **arbustive** sont peu ou pas représentées, et la strate **herbacée** majoritaire profite de la forte luminosité due à l'ouverture du milieu. Cette structuration verticale du peuplement végétal est corrélée avec le peuplement animal : certaines espèces n'exploitent qu'une strate spécifique. À l'inverse, d'autres sont plus mobiles et sont retrouvées dans différentes strates.



► **Figure 16.6.** La stratification verticale de la végétation affecte l'organisation de l'ensemble de la biocénose.

Le **sol** constitue un milieu de vie et contient les ressources nécessaires au développement de nombreux êtres vivants, notamment les ions minéraux absorbés par les racines des végétaux. Il résulte des influences réciproques entre la roche mère, les facteurs climatiques et la biosphère ; le sol est donc également stratifié. Dans le sol, la répartition verticale des êtres vivants est principalement gouvernée par l'**oxygénation**, la **teneur en eau** ou encore la **luminosité** (voir BCPST 2, chapitre « Les sols »).

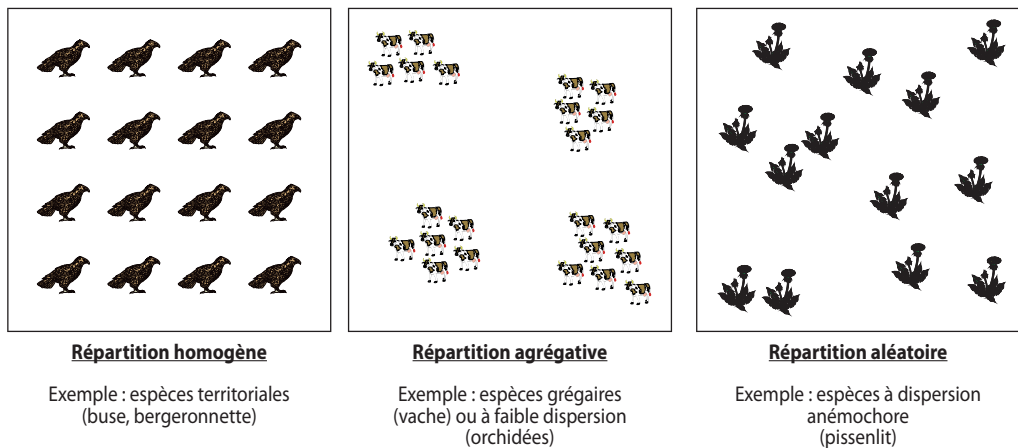
On observe également une **stratification horizontale** de la répartition des organismes. À proximité d'une pente par exemple, des différences d'humidité, l'inégale répartition d'azote par l'abondance des bouses ou encore d'épaisseur du sol conditionnent l'établissement des espèces.



► **Figure 16.7.** Les écosystèmes sont également stratifiés horizontalement.

1.3.2. Au sein d'un écosystème, les espèces présentent une répartition spatiale particulière

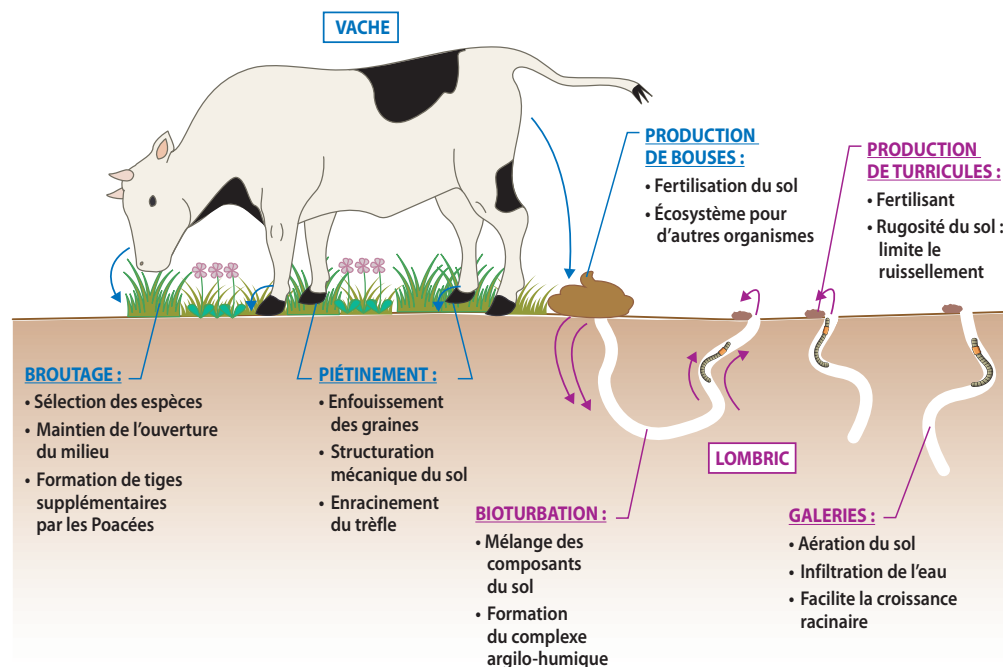
Au sein d'une strate donnée, la répartition horizontale des organismes peut être mise en relation avec leurs particularités biologiques, par exemple leurs modalités de dissémination ou leur comportement. On distingue la **distribution homogène, agrégative et aléatoire**.



► **Figure 16.8.** Il existe trois modalités principales de répartition spatiale des organismes.

1.3.3. Les espèces ingénieurs participent à la structuration spatiale des écosystèmes

Parmi la biocénose, certaines espèces sont remarquables étant donné l'effet qu'elles exercent sur la structure de l'écosystème : ce sont des **espèces ingénieurs (ou architectes)**. La vache par exemple est une espèce architecte de l'écosystème prairie pâturée, car ses activités structurent le biotope, de même que le lombric, tous les grands herbivores ou encore le castor dans les rivières.



► **Figure 16.9.** La vache et le lombric sont des espèces ingénieurs de l'écosystème prairial.



À retenir

L'écosystème est un ensemble limité par l'observateur, constitué du biotope et de la biocénose, cette dernière pouvant être caractérisée par le calcul d'indices de biodiversité. Au sein de l'écosystème, l'hétérogénéité des conditions du biotope, mais également les modalités de dispersion des individus au cours des générations, induit une répartition spécifique des organismes. Les ingénieurs conditionnent également la structure spatiale de l'écosystème, structure notamment caractérisée par une stratification verticale.

2 Les espèces entretiennent des relations qui structurent l'écosystème

2.1. Les relations interspécifiques peuvent être classées selon leurs effets sur la valeur sélective

Une relation entre deux organismes peut entraîner des conséquences en termes de **viabilité** et/ou de **reproduction**. Par exemple, un individu consommé par un prédateur avant d'avoir pu

se reproduire ne pourra pas transmettre son patrimoine génétique à la génération suivante. Le prédateur, lui, bénéficiera de l'apport nutritif issu de la consommation de la proie, et aura donc davantage de chance de transmettre son patrimoine génétique. Cette capacité à survivre et se reproduire se nomme la **valeur sélective** ou **fitness** (**w**).

$$\begin{array}{lcl} \text{Valeur sélective (fitness)} & = & \text{viabilité} \times \text{fécondité} \\ w & = & v \times f \end{array}$$

Type de relation interspécifique	Fitness de l'espèce A	Fitness de l'espèce B	Exemple de la prairie
Exploitation : parasitisme, prédation, phytophagie	+	—	Tique/vache Rapace/passereau Vache/Poacée
Mutualisme : coopération, symbiose	+	+	Angiosperme/insecte pollinisateur Fabacée/ <i>Rhizobium</i>
Commensalisme	+	0	Bousier/vache
Compétition	—	—	Entre Poacées
Amensalisme	0 (source)	— (cible)	Piétinement : vache/Poacée
Neutralisme	0	0	Rapace/vache

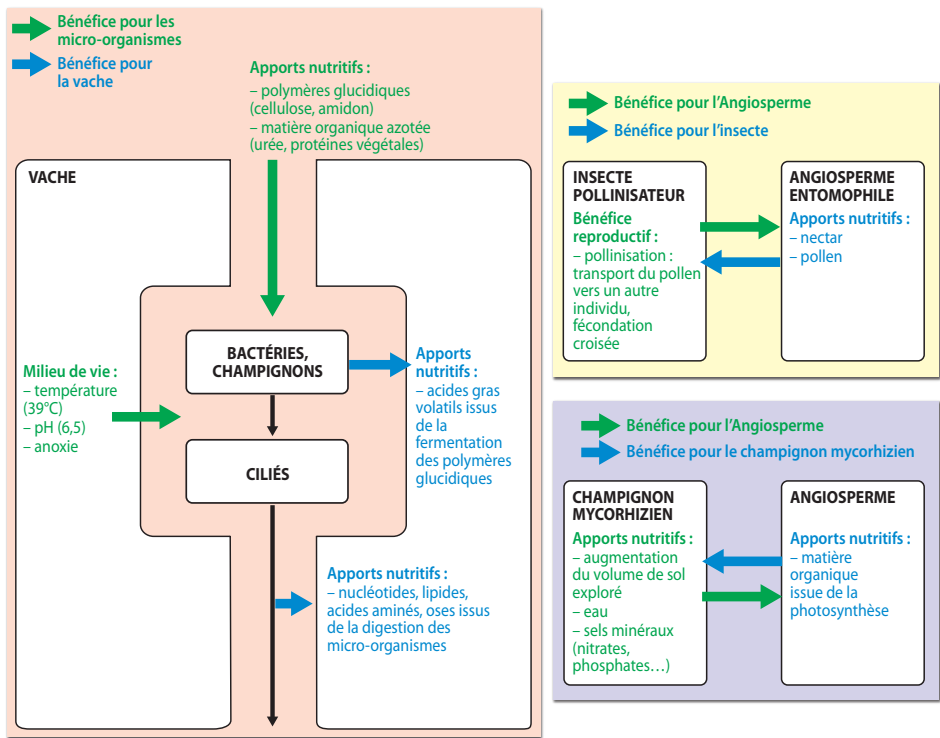
► **Figure 16.10.** Les relations interspécifiques sont classées selon l'effet exercé sur la valeur sélective des partenaires.

2.1.1. Le mutualisme est une relation interspécifique à bénéfices réciproques

Dans le **mutualisme**, chaque partenaire de la relation apporte un bénéfice à l'autre. La valeur sélective est augmentée pour les deux organismes. Les bénéfices apportés peuvent l'être sur le plan **nutritif**, **reproductif**, de **protection**...

Les **mutualismes** peuvent être catégorisés grâce à plusieurs critères :

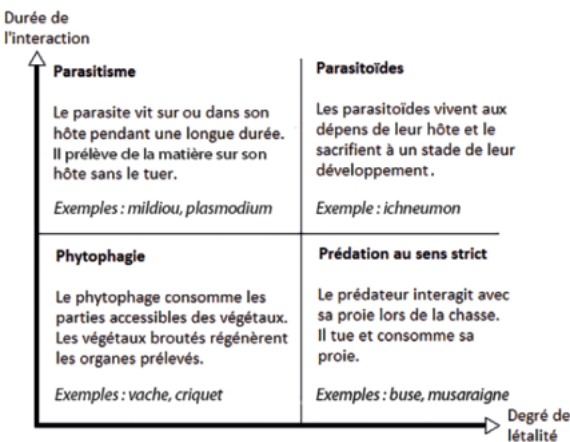
- **la spécificité** : certains mutualismes sont très spécifiques. Par exemple, une seule espèce de bactérie du genre *Rhizobium* peut interagir avec une espèce de Fabacée. À l'inverse, la relation entre champignons mycorhiziens et racines d'Angiospermes est beaucoup moins spécifique, et un champignon peut même être associé à plusieurs centaines d'espèces d'Angiospermes à la fois ;
- **la durabilité** : dans la coopération entre Angiosperme entomophile et insecte pollinisateur, l'interaction mutualiste se déroule sur une petite période de la vie des individus : l'interaction est **transitoire**. À l'inverse, la coopération entre les Fabacées et les bactéries du genre *Rhizobium* se fait sur la plus grande partie du cycle de vie ; cette relation mutualiste **intime** et **durable** est qualifiée de **symbiose**.
- **le contact** : certaines relations mutualistes ne font pas intervenir de **contact intime et prolongé** entre les partenaires de l'interactions. Par exemple, les fourmis peuvent enter- rer des caryopses de Poacées et les oublier, favorisant ainsi leur germination. À l'inverse d'autres associations se font *via* un contact physique intime : la coopération *Rhizobium*/ Fabacée ou encore champignon mycorhizien/Angiosperme nécessitent une **proximité im- médiata** entre les partenaires.



► **Figure 16.11.** Les bénéfices procurés par les relations mutualistes sont divers.

2.1.2. Les relations d'exploitation sont positives pour un partenaire et négatives pour l'autre

Dans les **relations d'exploitation**, l'exploiteur tire bénéfice de l'interaction tandis que l'exploité voit sa valeur sélective diminuée. Les relations d'exploitation sont décomposées selon leur **durée** et leur **léthalité**, caractéristiques permettant de distinguer quatre classes de relations d'exploitation.



► **Figure 16.12.** Les relations d'exploitation sont schématiquement décomposées en quatre classes selon leur durée et leur léthalité.

Le **parasitisme** est un cas particulier de relation d'exploitation dans lequel une **interaction durable et intime** s'établit entre le parasite, qui **ne tue pas son hôte**, et l'hôte qui constitue à la fois un milieu de vie et une source de nourriture pour le parasite, et dont le phénotype, notamment les modalités de la reproduction, peut être modifié par l'interaction (comportement, forme...). Le mode de vie particulier des parasites aboutit à des **convergences évolutives**. Les animaux parasites par exemple présentent souvent une réduction des organes locomoteurs, sensoriels et digestifs, des structures d'adhérence et de prélèvement de ressources sur l'hôte (pièces buccales de type piqueur-suceur de la tique, couronne de denticules du tænia), des défenses spécifiques mises en place contre l'hôte (variation des motifs antigéniques chez le trypanosome), un fort potentiel reproductif qui compense la faible probabilité de rencontre d'un nouvel hôte, une possibilité d'autofécondation palliant la faible chance de rencontre d'un partenaire. **Des adaptations au mode de vie** s'observent également dans les autres relations d'exploitation : un prédateur par exemple présente en général des organes sensoriels et locomoteurs développés, des dispositifs de capture des proies, des comportements de chasse...

2.1.3. Les relations de compétition sont négatives pour les deux partenaires

On distingue deux types de relations de **compétition** :

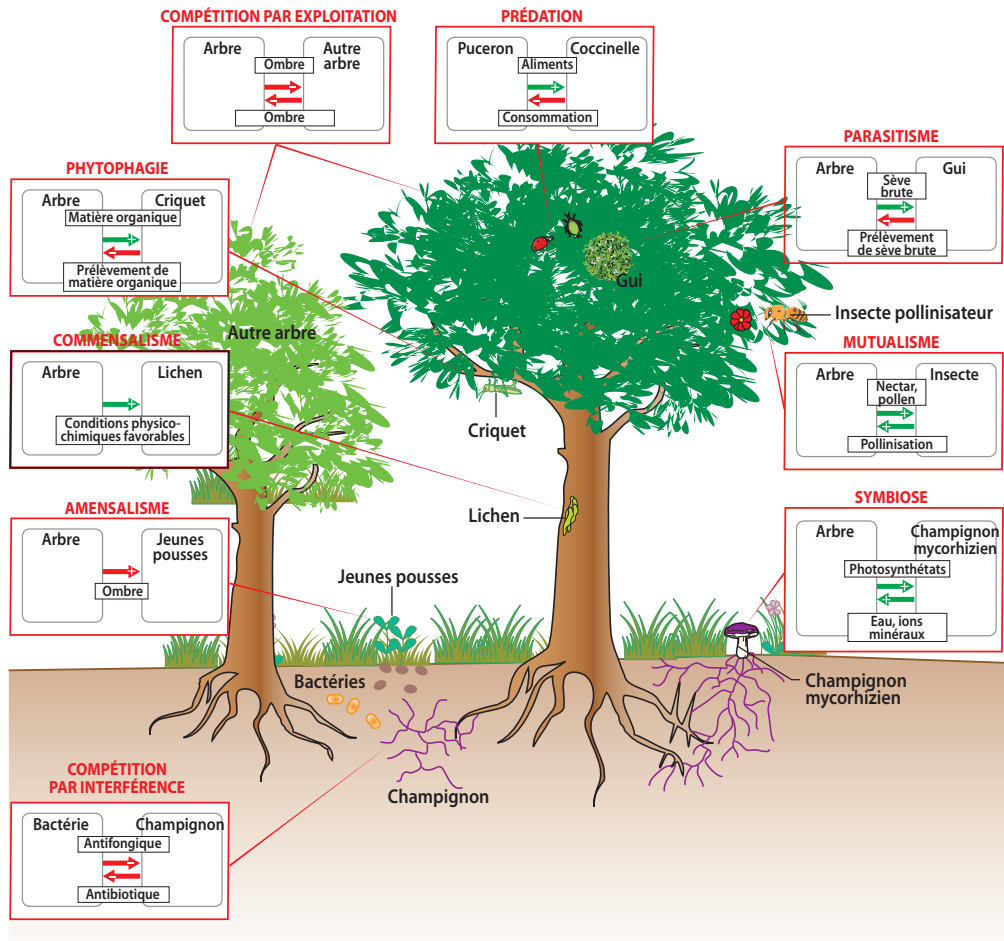
- lorsque deux individus exploitent la même ressource, la valeur sélective de chacun des deux acteurs est diminuée, la portion exploitée par l'un n'étant plus disponible pour l'autre : on parle de **compétition par exploitation**. Dans une forêt par exemple, il existe une compétition entre les végétaux pour **l'accès à la lumière** ;
- dans la **compétition par interférence**, l'un des acteurs présente une activité qui empêche directement l'autre d'exploiter la ressource. Par exemple, dans le sol, de nombreux micro-organismes émettent des composés toxiques pour d'autres espèces : c'est la compétition par **antibiose**. Ce processus existe également chez certains végétaux comme la Piloselle (*Pilosella officinarum*, Astéracées) qui émettent *via* leurs racines des composés limitant la croissance d'autres espèces : c'est l'**allélopathie**.

2.1.4. Il existe des relations interspécifiques intermédiaires

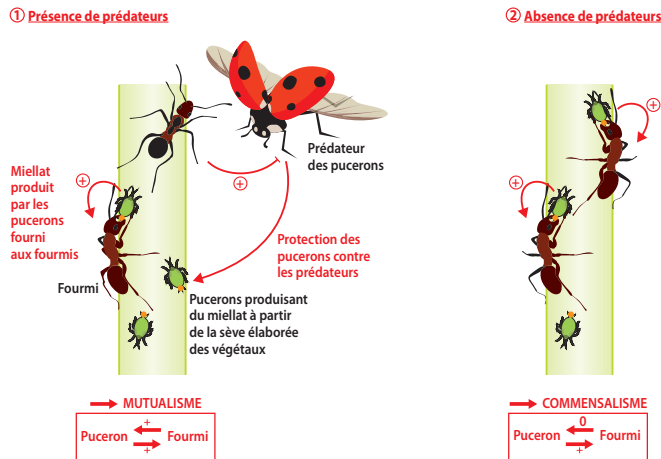
Lorsque les relations interspécifiques sont neutres pour l'un des partenaires tandis que l'autre en tire un bénéfice, on parle de **commensalisme** ; mais si ce dernier en est négativement affecté, on parle alors d'**amensalisme**. Par exemple, le bousier est un commensal de la vache puisqu'il profite des bouses en y pondant des œufs, tandis que la vache n'est pas impactée par sa présence. Enfin, certaines espèces peuvent cohabiter sans que leur présence influence la valeur sélective de l'autre espèce : on parle de **neutralisme** (voir figure 16.13 page suivante).

2.1.5. La typologie des relations interspécifique dépend du contexte écologique

Les conditions du milieu influencent la nature des relations établies entre deux espèces. En effet, selon la densité de population, la densité de prédateurs ou encore la disponibilité des ressources, une relation à bénéfices réciproques peut par exemple évoluer vers une relation à bénéfice unilatéral. La classification des relations interspécifiques est donc une simplification et il est nécessaire de prendre en compte de nombreux paramètres externes pour comprendre le fonctionnement de ces relations (voir figure 16.14 page suivante).



► **Figure 16.13.** Un organisme établit de nombreuses relations avec les autres espèces de son écosystème.

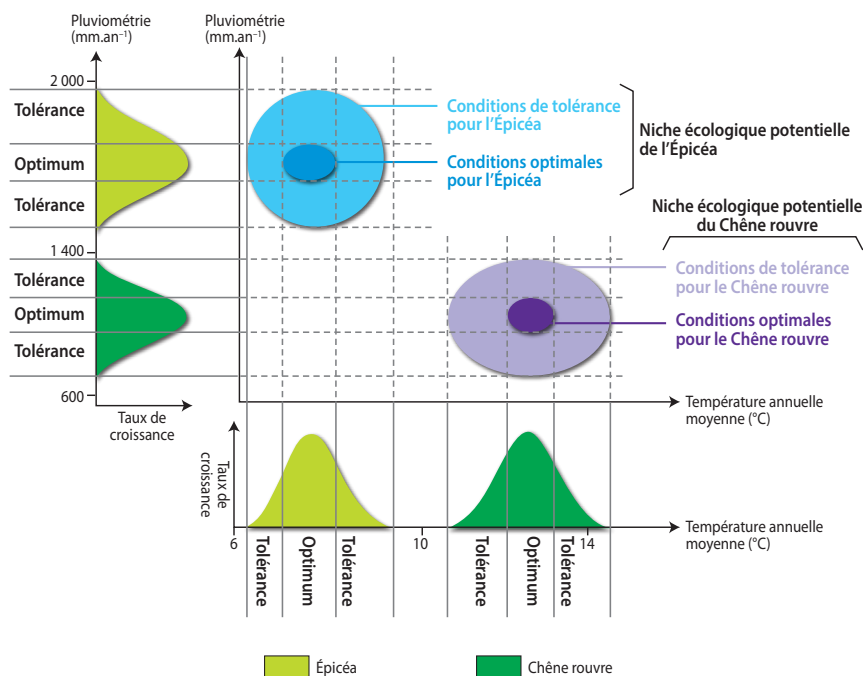


► **Figure 16.14.** L'issue d'une relation interspécifique dépend du contexte écologique.

2.2. Les relations interspécifiques ont un effet sur les modalités d'occupation du milieu et la structure des écosystèmes

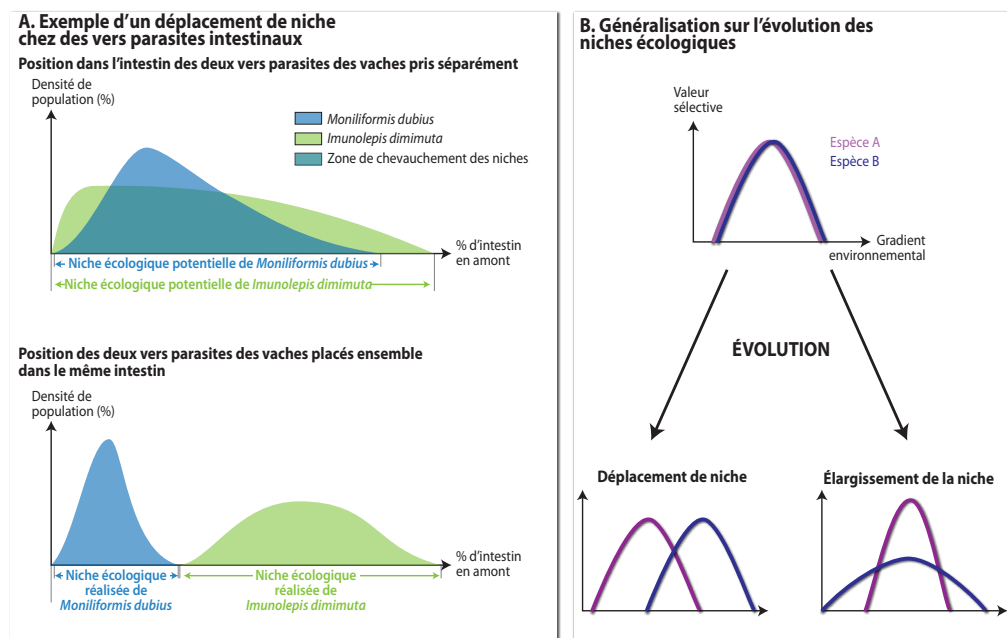
2.2.1. Les relations interspécifiques modifient la niche écologique des individus

Les conditions pour lesquelles une population peut persister dans un environnement constitue la **niche écologique théorique ou potentielle** de cette population, et prend en compte les caractéristiques de l'**habitat**, les **ressources** exploitables mais sans considérer les interactions avec les autres populations de l'écosystème. Pour chaque paramètre considéré pour la définition de la niche, il existe une gamme de valeurs **optimales**, pour lesquelles l'activité ou la productivité est maximale. Cet optimum est encadré par des gammes pour lesquelles l'organisme peut se développer mais de façon non optimale : c'est la **gamme de tolérance**. En dehors de ces valeurs, le paramètre considéré n'est pas compatible avec la survie de l'individu. Les paramètres à considérer sont très divers : température, quantité de ressources présentes, concentration en pesticides, etc. La niche écologique peut donc se définir comme un **hypervolume** où chaque dimension représente un paramètre environnemental.



► **Figure 16.15.** La niche écologique potentielle ou théorique d'une espèce est conditionnée par les paramètres environnementaux.

La **niche écologique réalisée** prend en compte les effets des interactions avec les autres populations, qui amènent bien souvent une espèce à occuper une portion restreinte de sa niche ou une niche différente. Si deux espèces aux niches écologiques très semblables (exploitation des mêmes ressources, croissance dans les mêmes conditions physico-chimiques), sont placées dans le même écosystème, elles déplacent leur niche écologique : c'est le **principe d'exclusion compétitive** ou **principe de Gause**. Une autre stratégie réside dans l'**élargissement de la niche écologique**, qui permettra à l'espèce d'exploiter une plus grande diversité de ressources.



► **Figure 16.16.** La niche écologique réalisée est différente de la niche écologique potentielle.

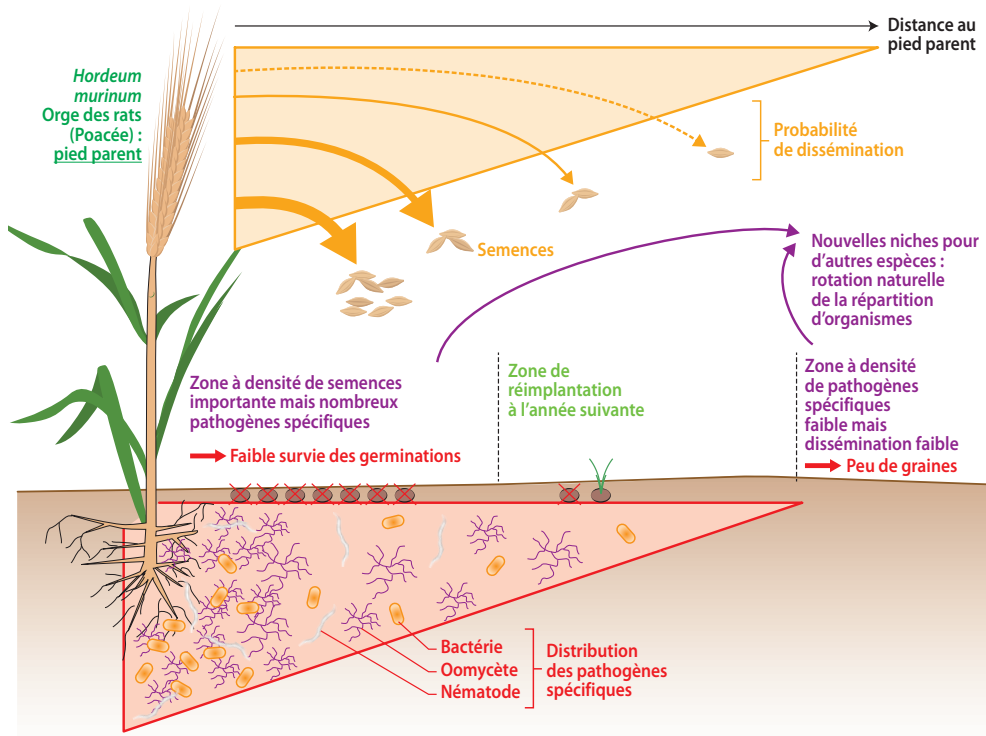
2.2.2. Les relations interspécifiques gouvernent la structure spatiale et la dynamique des écosystèmes

La compétition interspécifique à elle seule ne peut expliquer la diversité observée dans un écosystème. En effet, la compétition devrait aboutir à la dominance de l'espèce ayant la valeur sélective la plus élevée. L'étude de la répartition des espèces dans une forêt tropicale a amené D. Janzen et J. Connell à postuler l'existence d'un mécanisme de **régulation densité-dépendante** du développement des individus : c'est l'**effet Janzen-Connell**. Cet effet, maintenant démontré dans d'autres écosystèmes comme la prairie, stipule qu'autour d'une espèce végétale donnée s'accumulent des **pathogènes spécifiques** de celle-ci. Ces pathogènes diminuent le taux de survie des plantules de la même espèce, laissant le terrain libre à d'autres espèces insensibles. Cet effet explique en partie la grande diversité spécifique observée dans les prairies, ainsi que la dynamique temporelle de répartition des espèces (voir figure 16.17 page suivante).

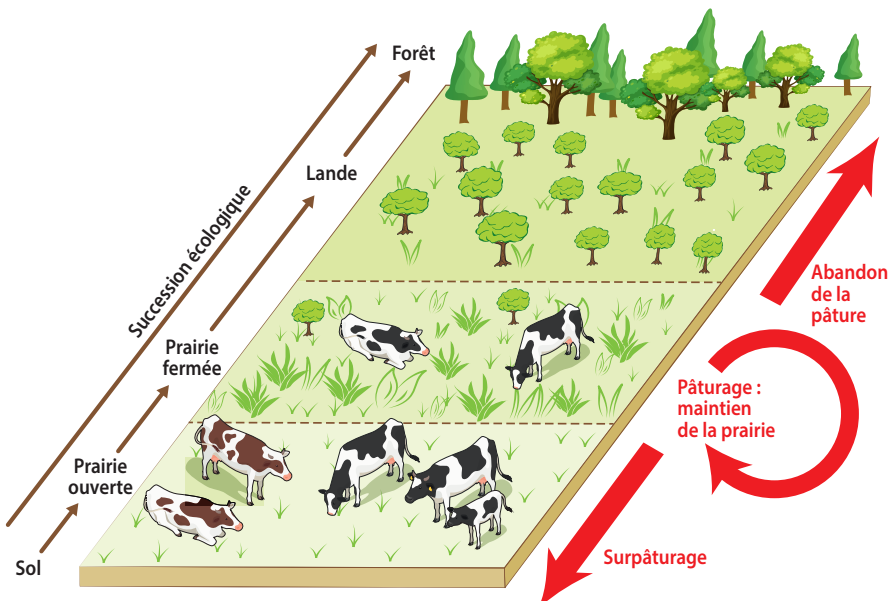
2.2.3. Les espèces clé de voûte sont celles dont la disparition modifie le fonctionnement de l'écosystème en perturbant les relations interspécifiques

Parmi toutes les espèces interagissant dans un écosystème, certaines, du fait de leur place dans les réseaux d'interaction, structurent de façon importante la **biocénose** ; leur présence maintient son organisation. On parle d'**espèce clé de voûte**.

La vache constitue une **espèce clé de voûte** de l'écosystème prairial. En broutant les jeunes arbres susceptibles de s'implanter dans la prairie, elle maintient le milieu ouvert, et conditionne ainsi la présence de nombreuses autres espèces (autres espèces consommateurs d'herbacées, prédateurs de ces mêmes consommateurs, etc.). Si la vache est supprimée de l'écosystème, celui-ci évolue naturellement vers des stades plus fermés dans lesquels les strates arbustives et arborescentes se développent au détriment de la strate herbacée. **La vache entretient donc un stade intermédiaire dans une succession écologique** (voir figure 16.18 page suivante).



► **Figure 16.17.** L'effet Janzen-Connell explique en partie la répartition des espèces végétales dans un écosystème comme la prairie.



► **Figure 16.18.** La vache entretient le stade prairial d'un écosystème.



Attention !

Il ne faut pas confondre espèce ingénieur (architecte) et espèce clé de voûte. Une espèce ingénieur structure le biotope mais pas forcément la biocénose. Par exemple, le castor est une espèce ingénieur de l'écosystème car il peut entraîner l'évolution d'une rivière vers un lac par exemple, mais sa présence ou son absence n'a que peu d'impact sur les autres espèces. C'est le cas également du lombric dans la prairie. La vache constitue à la fois une espèce ingénieur (car elle maintient l'ouverture du milieu) et clé de voûte (car elle conditionne le peuplement biologique de l'écosystème). Inversement, une espèce clé de voûte n'est pas forcément une espèce ingénieur, c'est le cas des grands prédateurs dans la savane ou la forêt.



À retenir

Les relations interspécifiques sont classées selon les effets exercés sur la valeur sélective des partenaires impliqués : on distingue ainsi principalement les relations mutualistes, d'exploitation et de compétition, bien que d'autres existent. Ces relations sont caractéristiques des organismes impliqués mais peuvent également varier selon les conditions du milieu. Elles constituent un facteur clé dans la répartition spatiale et la dynamique des populations d'organismes, en modifiant leurs niches écologiques. Certaines espèces dites clés de voûte, du fait de leur place dans les réseaux de relations interspécifiques, conditionnent la structure biocénotique de l'écosystème.

③ Les relations trophiques sont un type de relation interspécifique à l'origine d'un flux de matière et d'énergie au sein des écosystèmes

3.1. Les espèces sont incluses dans des chaînes et des réseaux trophiques

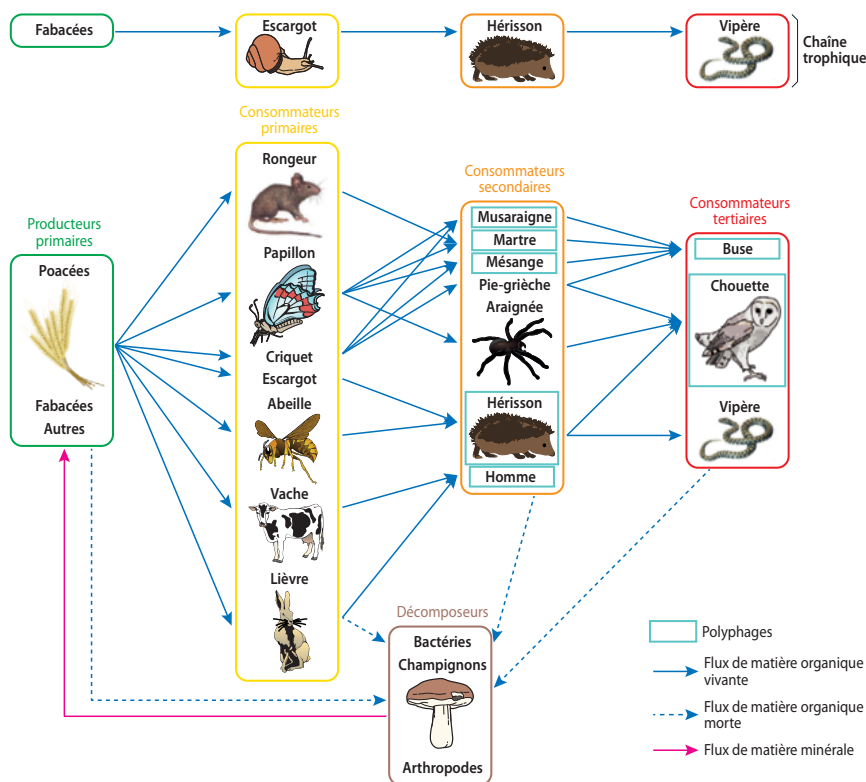
3.1.1. Une chaîne trophique décrit et hiérarchise les relations mangeur-mangé dans un écosystème

Une chaîne trophique constitue un enchaînement linéaire d'êtres vivants connectés par des relations mangeur-mangé. On distingue plusieurs rangs au sein de cette chaîne, qu'on appelle des niveaux trophiques :

- une chaîne trophique commence toujours par un **producteur primaire autotrophe**, qui produit sa propre matière organique à partir de matière minérale et d'énergie, le plus souvent lumineuse. Les végétaux sont les principaux producteurs primaires des écosystèmes terrestres (rôle majoritairement joué par le phytoplancton dans les écosystèmes aquatiques) ;
- les producteurs primaires sont consommés par des **consommateurs primaires hétérotrophes**, qui sont des **phytophages** dans le cas où les producteurs primaires sont des végétaux. Ces consommateurs sont eux-mêmes consommés par des **consommateurs secondaires**, etc. ;
- la matière organique morte en provenance de tous les niveaux trophiques est ensuite consommée par des **décomposeurs**, qui minéralisent la matière organique. Ces décomposeurs se retrouvent majoritairement dans le sol et sont constitués notamment d'**animaux détritivores**, de **bactéries** et de **champignons**.

3.1.2. Les chaînes trophiques sont connectées en réseaux

Dans un écosystème, un même producteur primaire est en général consommé par plusieurs consommateurs différents, eux-mêmes consommés par plusieurs consommateurs secondaires. De plus, un organisme peut consommer différentes espèces du niveau trophique inférieur (on parle d'organisme **polyphage**). Ainsi, la chaîne trophique est une simplification extrême du fonctionnement de l'écosystème, et les relations mangeur-mangé constituent en réalité un **réseau trophique** dans lequel les **polyphages** mettent en relation plusieurs chaînes trophiques.



► **Figure 16.19.** Les chaînes trophiques sont connectées en réseaux.

3.2. Chaque niveau trophique prélève et rejette de la matière, et produit de la biomasse

3.2.1. Les producteurs primaires produisent la matière organique des écosystèmes à partir de matière minérale

Par leur métabolisme, les producteurs primaires sont à la base des réseaux trophiques. On distingue les **photolithotrophes** (principalement les végétaux en milieu terrestre), qui utilisent l'énergie lumineuse pour transformer la matière minérale en matière organique, et les **chimio-lithotrophes** qui utilisent l'énergie chimique contenue dans certaines molécules minérales (bactéries du sol nitrifiantes, voir BCPST 2, chapitre « Les sols »). L'analyse quantitative du fonctionnement des écosystèmes passe par la caractérisation de plusieurs paramètres :

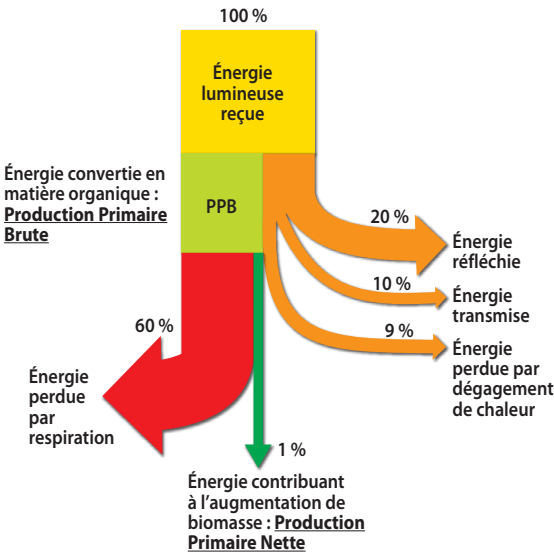
- la **production**, donnée en $\text{masse} \cdot \text{surface}^{-1} \cdot \text{temps}^{-1}$ constitue la **quantité de matière organique synthétisée par un niveau trophique par unité de temps, pour une biomasse donnée**, grandeur assimilable à un flux ; c'est en général la production primaire (quantité de matière organique formée par les producteurs primaires par unité de temps) qui est utilisée pour caractériser un écosystème ;
- la **productivité** est définie comme la **production divisée par la biomasse responsable de la production**, en temps^{-1} . Ainsi, un écosystème dans lequel la biomasse est faible mais rapidement renouvelée comme la prairie présente une forte productivité.

	Production primaire nette ($\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{an}^{-1}$)	Biomasse ($\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$)	Productivité (an^{-1})	
Forêt caducifoliée	1 300	30 000	4,3 %	Individus de grande taille à maturité : production importante mais productivité faible
Prairie tempérée	600	1 600	37,5 %	
Zone cultivée	650	1 000	65 %	Espèces sélectionnées pour leur croissance individuelle élevée : forte productivité

► **Figure 16.20.** La production et la productivité primaire dépendent des écosystèmes considérés.

Parmi l'ensemble de la biomasse produite par les producteurs primaires, une proportion est utilisée par l'organisme dans des réactions. Ainsi, on distingue la **production primaire brute** (PPB), qui est la quantité totale de matière produite par la photosynthèse, et la **production primaire nette** (PPN), quantité de matière produite et non utilisée par le catabolisme (principalement la respiration). On peut donc écrire :

Production primaire brute (PPB) = Production primaire nette (PPN) + Quantité de matière utilisée par le catabolisme



► **Figure 16.21.** La production primaire peut être décomposée en production primaire brute et nette.

La productivité est largement dépendante des conditions abiotiques de l'écosystème. En effet, la **photosynthèse** est le principal processus responsable de la production primaire des écosystèmes. Comme tout processus métabolique, son efficacité dépend essentiellement de trois paramètres :

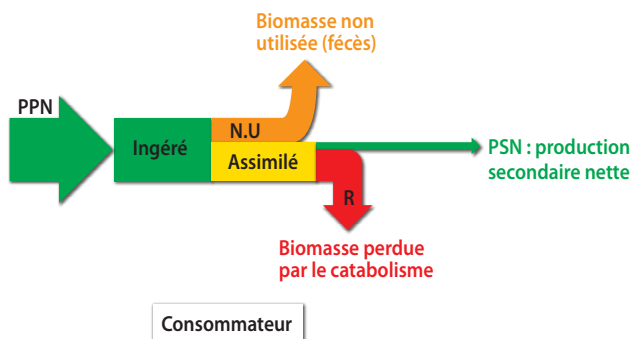
- **l'abondance de réactifs nécessaires aux réactions.** Dans le cas de la photosynthèse, la quantité d'**eau** disponible peut influencer l'efficacité des réactions métaboliques. La production primaire est donc plus faible dans les **zones arides**, ainsi que pendant les périodes de sécheresse. La **structure du sol**, plus ou moins drainant, conditionne indirectement la quantité d'eau disponible pour les végétaux, donc la production primaire. Enfin la **disponibilité en éléments minéraux** (nitrates, phosphates, potassium) peut également être un facteur limitant la production primaire ;
- **la disponibilité en énergie nécessaire aux réactions.** L'ensoleillement est variable dans l'espace et dans le temps. En région tempérée, en hiver, la durée journalière d'ensoleillement plus faible est corrélée à une baisse de la production primaire ;
- **la température favorisant ou limitant les réactions chimiques.** Une faible température limite la vitesse des réactions chimiques, tandis qu'une température trop élevée peut nuire à leur déroulement. Par exemple, des températures importantes favorisent la photorespiration au détriment de la photosynthèse, réduisant ainsi la production primaire.

L'impact des conditions abiotiques sur la production primaire permet d'expliquer la variation spatiale et temporelle de celle-ci.

3.2.2. Les consommateurs prélèvent et utilisent la matière organique des niveaux trophiques inférieurs

Les **consommateurs**, qu'ils soient primaires ou de niveau trophique supérieur, sont **organotrophes** : ils prélèvent la matière organique issue d'autres êtres vivants et l'utilisent pour produire leur propre matière organique.

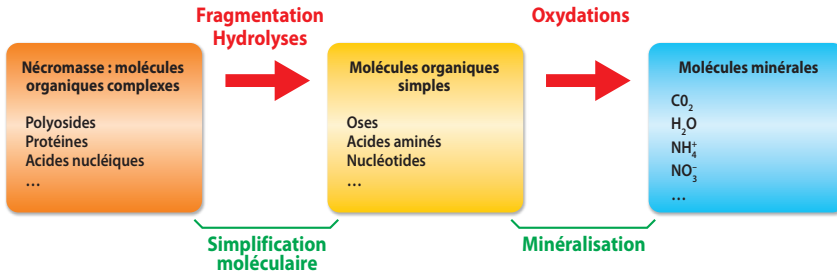
Parmi la biomasse qu'un consommateur prélève, une proportion n'est pas assimilée et donc **non utilisée** (NU) : cette biomasse correspond aux fèces. La biomasse assimilée est en partie perdue par le catabolisme et notamment par la **respiration** (R), tandis que le reste est effectivement utilisé pour produire la biomasse propre de l'individu (**production secondaire nette**, PSN). Ainsi, une grande proportion de la biomasse ingérée par un consommateur ne participe pas à l'élaboration de sa propre matière organique, et on observe donc à chaque niveau trophique une **perte de biomasse et donc d'énergie**, qui ne sera pas disponible pour le niveau trophique supérieur.



► **Figure 16.22.** Seule une faible proportion de la matière ingérée par les consommateurs participe à la production de biomasse propre et donc à la croissance de l'organisme.

3.2.3. Tous les consommateurs participent à la décomposition et à la minéralisation de la matière organique

Au sein des écosystèmes, les consommateurs constituent des organismes organotrophes dont le **catabolisme** est à l'origine de **déchets métaboliques**, sous forme de CO_2 et de **déchets azotés** qui peuvent être **minéraux** (comme les ions ammonium NH_4^+) ou **organiques** (comme l'urée). Ainsi, **tous les consommateurs participent à la simplification moléculaire** et à la **minéralisation** de la matière organique. Les **décomposeurs** constituent un groupe particulier de consommateurs, situés **en bout de chaîne trophique**, dont le catabolisme finalise cette simplification moléculaire des molécules organiques et leur minéralisation (voir BCPST 2, chapitre « Les sols »).

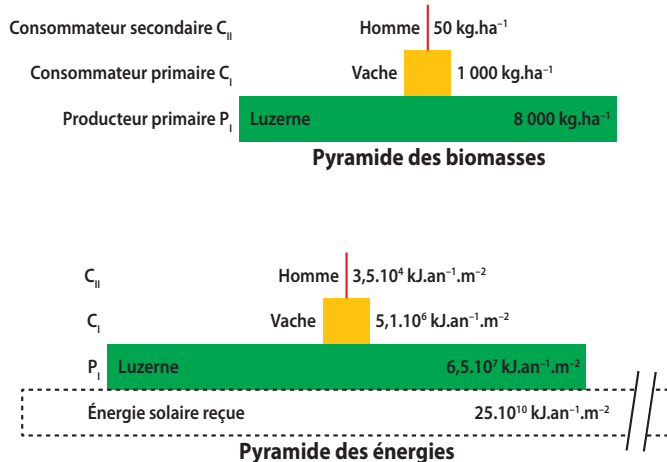


► **Figure 16.23.** La décomposition de la matière organique fait intervenir plusieurs étapes successives et aboutit à sa minéralisation.

3.3. Le fonctionnement des chaînes trophiques est représenté quantitativement par des pyramides écologiques

3.3.1. Les pyramides écologiques représentent la biomasse ou l'énergie de chaque niveau trophique d'une chaîne ou d'un réseau trophique

On quantifie la biomasse d'un niveau trophique donné au sein d'un écosystème. On se rend alors compte que la biomasse des producteurs primaires est toujours supérieure à celle des consommateurs primaires, elle-même supérieure à celle des consommateurs secondaires, etc. On représente donc ces biomasses relatives sous forme d'une **pyramide écologique**.



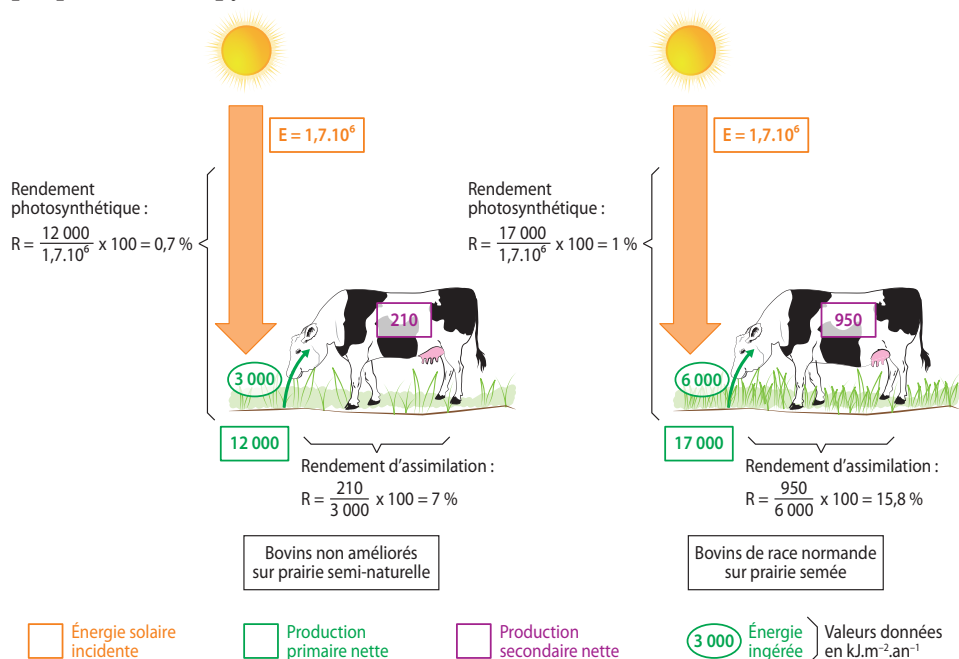
► **Figure 16.24.** La quantification des composantes de l'écosystème permet de construire des pyramides de biomasse et d'énergie.

Si l'on convertit la matière organique en énergie (on sait par exemple que l'oxydation complète d'une mole de glucose dégage environ 2 870 kJ, voir chapitre 11), on peut alors construire une **pyramide des énergies**, dans laquelle l'énergie initiale est l'énergie lumineuse, convertie en énergie chimique par les autotrophes.

La forme de la pyramide s'explique par le métabolisme des organismes. En effet :

- pour la pyramide des **biomasses** : chaque niveau trophique n'assimile qu'une proportion de la biomasse du niveau inférieur, et une partie de la biomasse assimilée est perdue car dégradée par le catabolisme. Seule une faible proportion de la biomasse ingérée est utilisée pour la production de biomasse propre ;
- pour la pyramide des **énergies** : parmi la quantité d'énergie assimilée par un organisme, une grande partie est dissipée sous forme de chaleur lors des réactions du métabolisme et n'est donc plus disponible pour le niveau trophique supérieur.

Cette perte d'énergie au cours des transferts explique le nombre limité de niveaux trophiques dans une pyramide.



► **Figure 16.25.** Le fonctionnement de l'écosystème prairial fait apparaître un flux d'énergie entre les êtres vivants.

3.3.2. L'efficacité de l'utilisation de l'énergie entre deux niveaux trophiques successifs permet de définir un rendement écologique

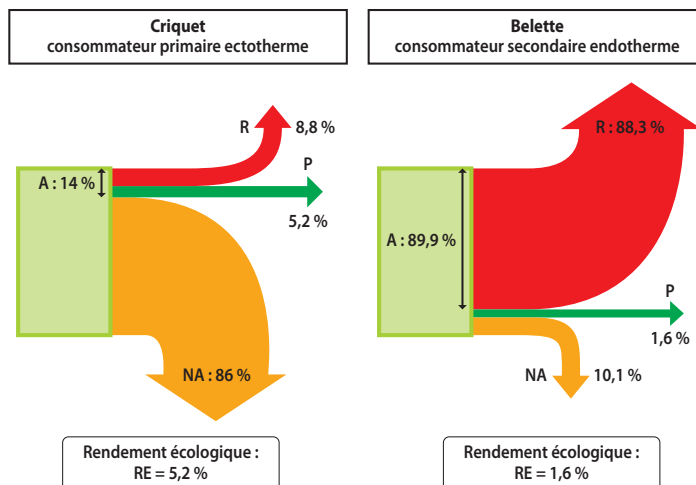
Le **rendement écologique** (RE) constitue le rapport entre la production d'un niveau N du réseau trophique ($P_{(N)}$) et celle du niveau inférieur ($P_{(N-1)}$), exprimé en pourcentage.

$$RE = \frac{P_{(N)}}{P_{(N-1)}} \times 100$$

Le rendement écologique dépend :

- de l'**efficacité d'assimilation** de l'énergie du niveau trophique inférieur : un consommateur primaire présente une efficacité d'assimilation faible, car une proportion importante de la matière ingérée est difficilement digérable (lignine, cellulose) et évacuée dans les fèces. En revanche, un consommateur secondaire ingère des molécules plus facilement assimilables ;

- de l'**efficacité de production nette** : un organisme endotherme utilise une grande proportion de l'énergie ingérée pour maintenir sa température stable *via* des réactions cataboliques. À l'inverse, un ectotherme, dont la température est directement dépendante de celle de son environnement, dissipera moins d'énergie par respiration.



► **Figure 16.26.** Le rendement énergétique diffère selon l'efficacité d'assimilation et d'utilisation de l'énergie par les organismes consommateurs.

En moyenne, on constate que **le rendement écologique entre deux niveaux trophiques est situé entre 5 et 20 %, en moyenne de 10 %**. C'est la loi de Lindeman.

3.3.3. Le rendement écologique peut être modifié par les interactions avec des microorganismes

Dans le cas de la consommation de végétaux par la vache dans l'écosystème prairial, la physiologie particulière de la vache **complexifie la notion de niveau trophique**. En effet, bien que la vache ingère initialement des végétaux, la digestion chimique de ces derniers fait intervenir des **microorganismes** présents dans sa panse, et une partie de ces mêmes microorganismes est à son tour digérée par la vache. Ainsi, la prise en considération de l'aliment ingéré place la vache parmi les **consommateurs primaires**, cependant sa consommation de **bactéries cellulolytiques** (qui sont des consommateurs primaires), et de **ciliés** (qui peuvent être des prédateurs de bactéries, donc des consommateurs secondaires) la place dans des **niveaux trophiques supérieurs**.

En outre, les modalités de la digestion des végétaux opérée au sein de la panse modifie le **rendement écologique**. En effet, étant donnée la perte d'énergie d'environ 90 % entre chaque niveau trophique, on s'attendrait à ce que le rendement écologique entre la vache et les végétaux de la prairie soit de 1 % si l'on considère la vache comme consommateur secondaire, voire 0,1 % si on la considère comme consommateur tertiaire. Cependant, les mesures effectuées montrent un rendement écologique de l'ordre de 15 %, c'est à dire de l'ordre de celui qu'on attendrait si la vache était un consommateur primaire.

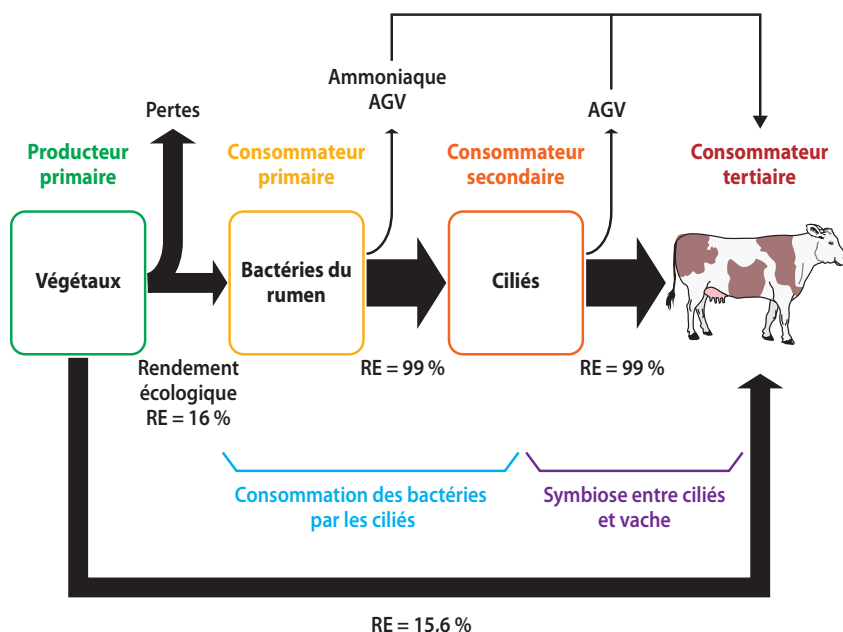
Ce rendement élevé s'explique par la **symbiose** entre la vache et ses microbiotes, qui permet de **limiter les pertes énergétiques entre chaque niveau trophique**. En effet :

- les bactéries ont accès à des paramètres environnementaux optimaux, et un apport alimentaire si important qu'aucune perte n'est occasionnée par la recherche de nourriture.

Le rendement écologique entre les végétaux et les bactéries phytophages est important (aux alentours de 16 %) ;

- les ciliés ont un accès direct aux bactéries qu'ils consomment, et les conditions du milieu font que la quasi-totalité de la production bactérienne est assimilée par les ciliés et seule une très faible proportion perdue par catabolisme. Ainsi, **le rendement écologique entre les bactéries et les ciliés est proche de 100 %** ;
- les déchets métaboliques (AGV, ammoniacque) des consommateurs primaires et secondaires sont des sources de nutriments pour la vache, d'où une forte augmentation du rendement avec très peu de pertes ;
- la vache a directement accès aux ciliés qui constituent une ressource facilement assimilable. **Le rendement écologique entre les ciliés et la vache est proche de 100 %**.

La symbiose permet donc une **réduction des pertes d'énergie entre deux niveaux trophiques**, optimisant ainsi le rendement écologique.



► **Figure 16.27.** Les interactions entre la vache et les microorganismes présents dans son système digestif permettent de discuter de sa place dans les réseaux trophiques et modifient les rendements énergétiques.

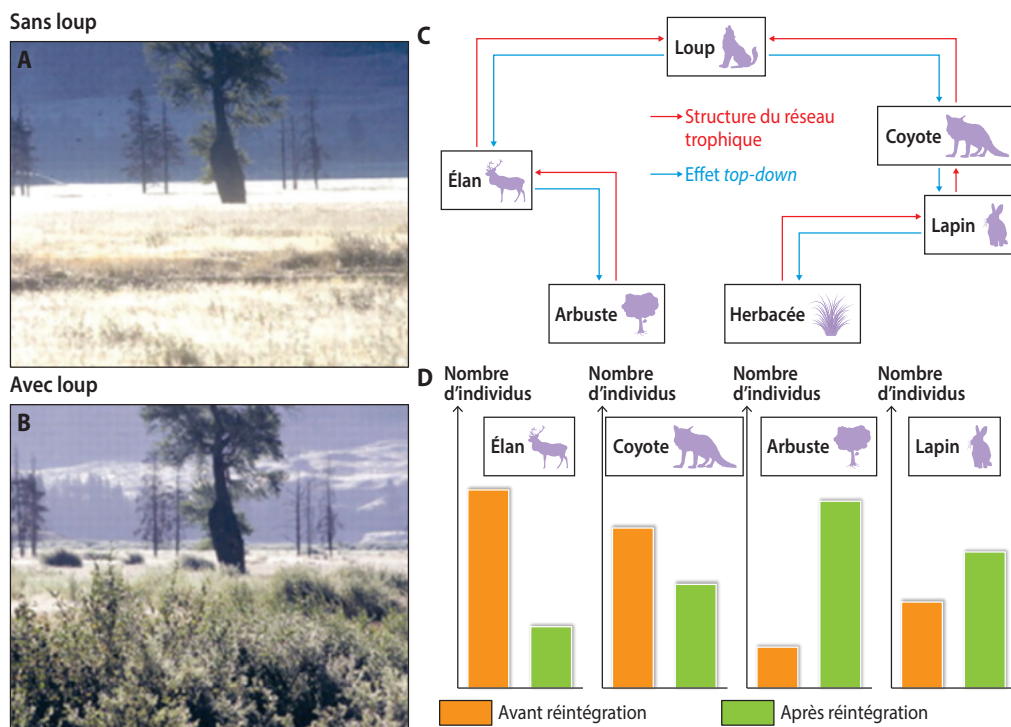
3.4. Les relations trophiques modifient les effectifs des populations de façon ascendante ou descendante

3.4.1. L'effet *top-down* est une régulation des effectifs des niveaux trophiques inférieurs par les consommateurs d'ordre supérieur

L'abondance de consommateurs d'ordre supérieur dans un écosystème contrôle celle des individus du niveau trophique inférieur, qui eux-mêmes ont un effet sur le niveau trophique inférieur. Ainsi, une diminution du nombre de carnivores dans un écosystème entraîne souvent une augmentation du nombre d'herbivores dont la population n'est plus régulée

par la prédation, ce qui se traduit par une **exploitation accrue des végétaux de l'écosystème**. L'exemple le plus documenté est celui des loups de Yellowstone, dont l'éradication dans les années 1920 s'est traduite par une prolifération des grands herbivores et une diminution de certains peuplements végétaux.

La réintroduction du loup dans les années 1990 s'est accompagnée d'une modification drastique des effectifs de population des autres espèces, par **effet top-down**. Ainsi, on peut considérer le loup comme une espèce **clé de voûte**.

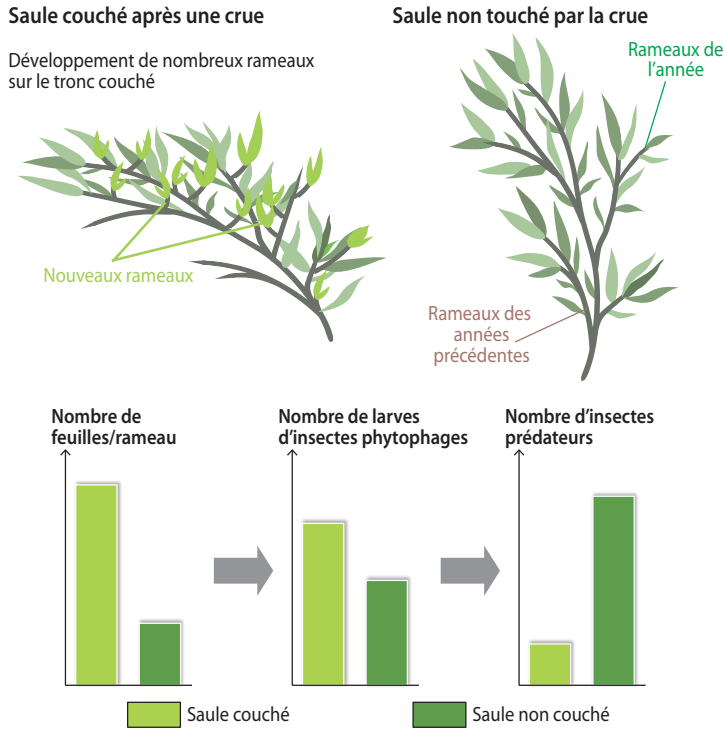


► **Figure 16.28.** Les conséquences de la réintroduction du loup dans le parc de Yellowstone démontrent une régulation de type « top-down » des effectifs de population.

3.4.2. L'effet *bottom-up* est une régulation des effectifs des consommateurs d'ordre supérieur par les niveaux trophiques inférieurs

L'**effet bottom-up** explique que les effectifs de population sont régulés « par le bas ». La quantité de ressources contrôle la prolifération des organismes des niveaux trophiques bas, celle-ci influençant à son tour celle des niveaux supérieurs.

Les effets top-down et bottom-up participent conjointement à l'évolution des effectifs au sein des écosystèmes.

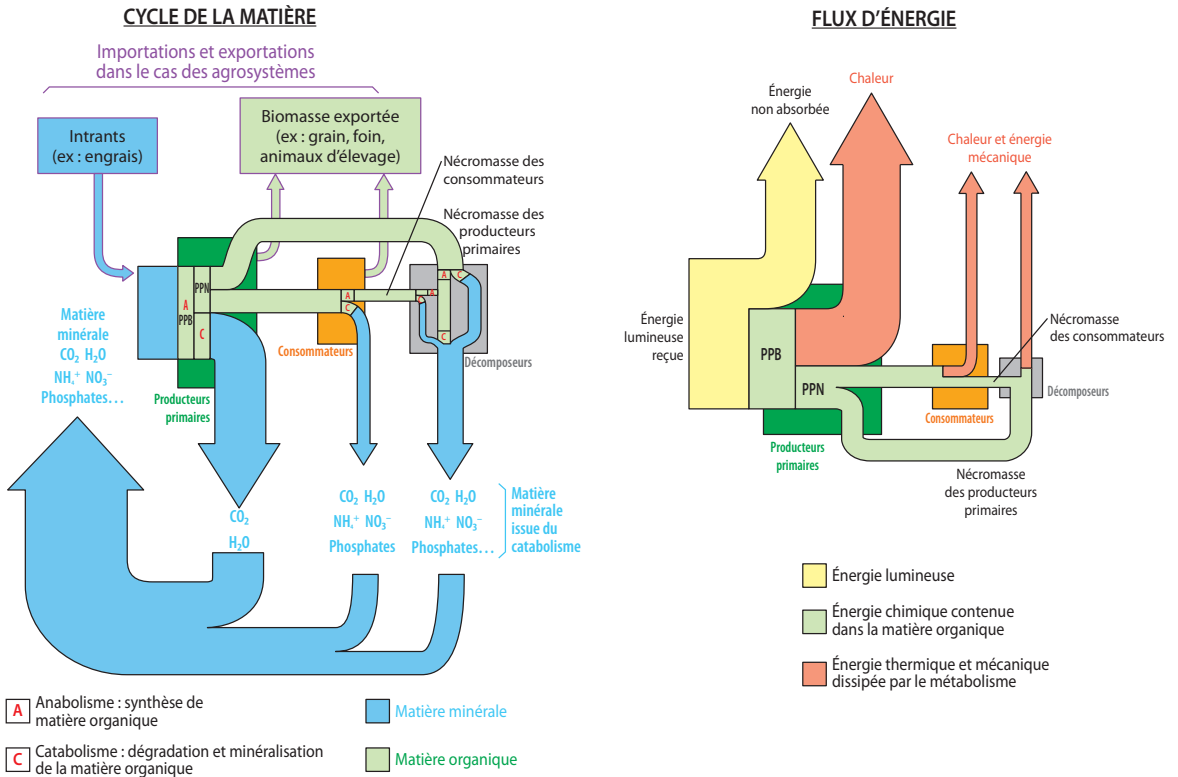


► **Figure 16.29.** Les effectifs peuvent être contrôlés par la disponibilité en ressources issues des niveaux trophiques inférieurs.

3.5. Le fonctionnement de l'écosystème repose sur un flux de matière et d'énergie

Les relations trophiques établies entre les différents niveaux trophiques d'un écosystème sont à l'origine de flux de matière et d'énergie. En effet :

- les **producteurs primaires** transforment la **matière minérale en matière organique**, qui est ensuite consommée et catabolisée par les **consommateurs**, ces derniers rejetant ainsi de la **matière minérale** (sous forme de CO_2 par exemple), tandis que les **décomposeurs** minéralisent la **matière organique morte**. La matière minérale ainsi formée est de nouveau disponible pour les producteurs primaires : il existe donc un **cycle de la matière** au sein de l'écosystème ;
- les **producteurs primaires utilisent l'énergie du milieu** (comme l'énergie **lumineuse** lors de la photosynthèse) et la convertissent en **énergie chimique** contenue dans la **matière organique**. Cette énergie chimique est ensuite utilisée par les consommateurs, pour produire de la matière (anabolisme) ou pour réaliser des travaux (catabolisme). Au cours de ces réactions, l'énergie est **dissipée sous forme de chaleur** ou d'énergie mécanique et n'est plus exploitable par les niveaux trophiques supérieurs. Il y a donc un **flux d'énergie** au sein de l'écosystème.



À retenir

Les relations trophiques permettent de distinguer des producteurs primaires autotrophes et des consommateurs hétérotrophes de différents ordres, connectés entre eux au sein de réseaux trophiques. Ces relations sont à l'origine d'un flux d'énergie et d'un cycle de la matière au sein de l'écosystème, pouvant être décrits en termes de production, de productivité et de rendement, et pouvant être schématisés par des pyramides écologiques. Le fonctionnement de ces réseaux est complexifié par l'existence de relations mutualistes avec des microorganismes, et contrôle les effectifs de populations via des dynamiques ascendantes ou descendantes.

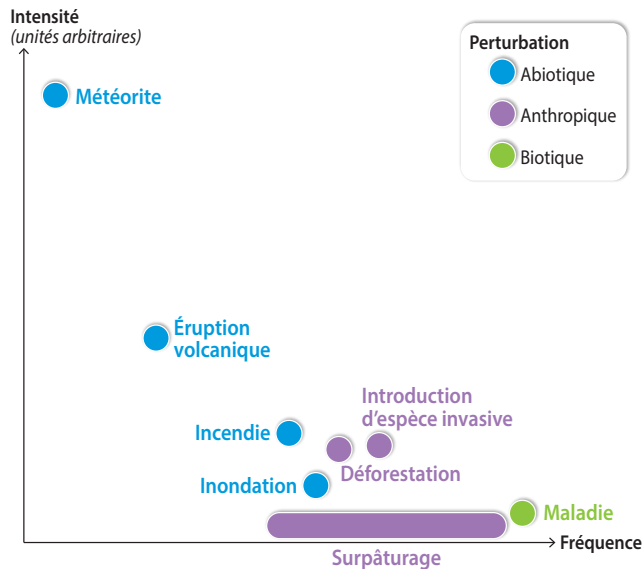
4 La structure des écosystèmes est dynamique

4.1. Des perturbations écologiques peuvent faire évoluer la structure et le fonctionnement d'un écosystème

4.1.1. Les perturbations écologiques peuvent être biotiques ou abiotiques

Une **perturbation écologique** correspond à un changement temporel de **courte durée** et **imprédictible** de l'écosystème. Elle se traduit par une **diminution de la richesse spécifique**.

Ces perturbations peuvent avoir des origines **abiotiques** : incendie, éboulement, retrait glaciaire, mise en place d'une dune... Elles peuvent également être d'origine **biotique**, par exemple anthropiques : introduction d'espèce invasive, déforestation, construction d'une route, d'un digue...



► **Figure 16.31.** Les perturbations écologiques biotiques ou abiotiques peuvent être caractérisées par une fréquence et une intensité.

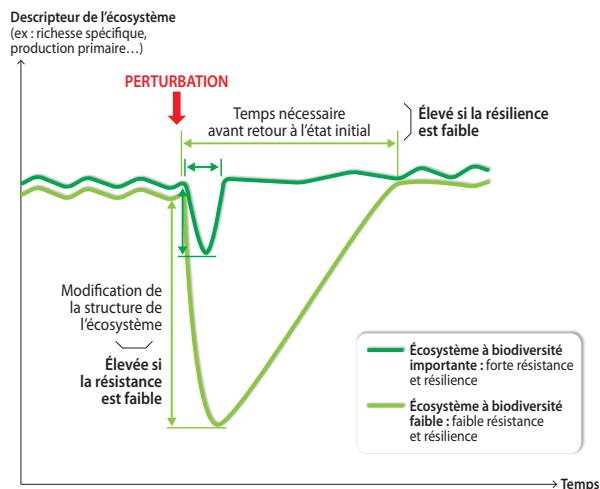
4.1.2. La réponse d'un écosystème face à une perturbation caractérise sa résistance et sa résilience

La perturbation d'un écosystème présente des conséquences différentes selon la perturbation et selon l'écosystème considéré. Certains écosystèmes sont **résistants** à une perturbation donnée ; leur structure est peu influencée par celle-ci. Par exemple les prairies à Niaouli de Nouvelle-Calédonie sont résistantes au feu, car l'écorce du Niaouli, très épaisse, ne brûle pas. Les Poacées repoussent rapidement après un incendie et l'écosystème reste inchangé.

La résistance d'un écosystème est bien souvent associée à une **redondance des espèces présentant un rôle fonctionnel précis** : comme plusieurs espèces assument la même fonction dans le maintien de l'écosystème, celui-ci ne sera que peu perturbé à la suite de la disparition de l'une d'entre elles.

Les écosystèmes peuvent également être caractérisés par leur **résilience**, c'est-à-dire à leur **capacité à retrouver rapidement leur structure d'origine à la suite d'une perturbation**. Certaines espèces, étant donné leurs caractéristiques, participent à la résilience des écosystèmes. Le pin d'Alep par exemple, produit des graines dont la germination est favorisée par le feu. Ainsi une forêt de pins d'Alep repousse rapidement après un incendie.

Les études montrent qu'en général, **les écosystèmes présentant une biodiversité importante sont plus résistants et résilients face aux perturbations**.



► **Figure 16.32.** La résilience et la résistance d'un écosystème dépendent notamment de sa biodiversité.

4.2. Les successions écologiques décrivent l'évolution naturelle d'un écosystème à la suite d'une perturbation

4.2.1. Les écosystèmes évoluent d'un stade pionnier ou perturbé à un stade climacique

La succession écologique est souvent décrite par l'évolution du **peuplement végétal**, mais il faut garder à l'esprit que tous les groupes (animaux, bactéries, champignons...) sont modifiés. Les **successions écologiques** peuvent être qualifiées de **primaires**, lorsqu'elles débutent sur un habitat vierge après une forte perturbation (exemple d'une coulée volcanique), ou de **secondaire** lorsqu'elles débutent sur un habitat préalablement occupé et non totalement dégradé (exemple d'un incendie).

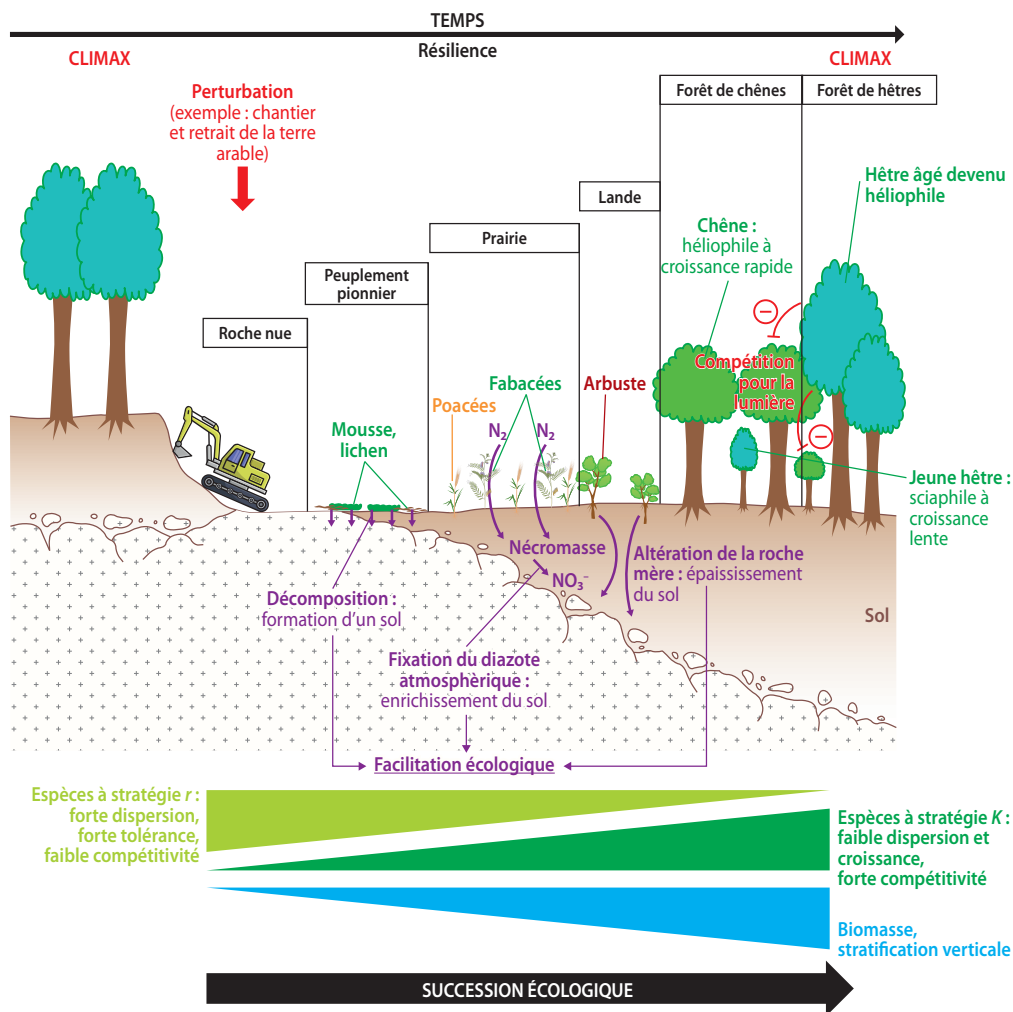
Après une perturbation, la **biocénose évolue naturellement** d'un stade dit **pionnier**, caractérisé par une abondance d'espèces peu exigeantes à taux de dispersion élevée (**stratégie r**), à un **stade mature**, stable dans le temps et caractérisé par des espèces exigeantes et fortement compétitrices (**stratégie K**), qu'on appelle **climax**. Ce stade climacique dépend de l'écosystème considéré et peut être prédit. En France métropolitaine, il s'agit généralement de forêt de chênes ou de hêtres (si la pluviosité est élevée), ou de sapins (en climat continental).

4.2.2. La facilitation écologique et la compétition interspécifique participent à la dynamique de l'écosystème

Les espèces pionnières sont souvent **facilitatrices** car elles **favorisent l'installation d'autres espèces** en modifiant les caractéristiques biotiques et abiotiques de l'écosystème. Les **lichens** et les **mousses**, organismes pionniers d'une succession primaire, participent *via* leur **décomposition** à la **formation d'un sol** favorable à la germination d'Angiospermes. De même, les **Fabacées** contribuent à l'implantation d'autres végétaux en accumulant de l'**azote minéral** dans le sol *via* leur association avec *Rhizobium*.

La **compétition interspécifique** est également moteur des successions écologiques. Dans un écosystème forestier tempéré, on observe que les populations de chênes sont progressivement remplacées par des hêtres, succession qui s'explique par une compétition pour la lumière. En effet, le chêne est **héliophile** : sa croissance et sa germination sont favorisés par un fort ensoleillement. Le hêtre lui est plutôt **sciaphile** en début de croissance : il tolère un éclaircissement plus faible. Le chêne présentant une croissance plus rapide, il s'installe avant le hêtre dans

l'écosystème. Le hêtre, dont la croissance est plus lente, peut germer et croître à l'ombre des chênes, jusqu'à dépasser celui-ci. Le hêtre limite alors la croissance des chênes héliophiles et la germination de nouvelles pousses, et prolifère donc au détriment du chêne qui est peu à peu remplacé.



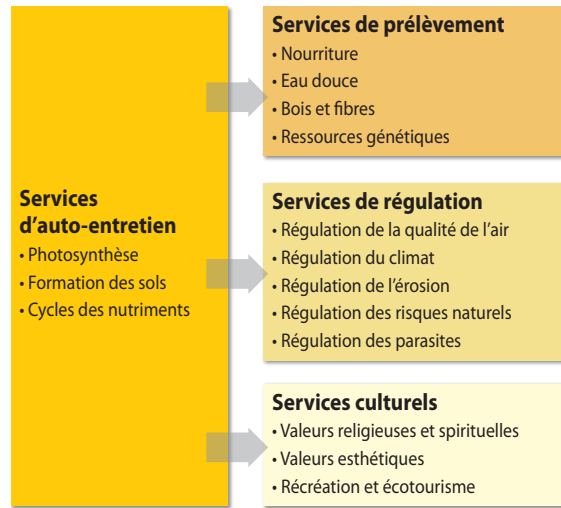
► **Figure 16.33.** La facilitation et la compétition participent à l'évolution du peuplement d'un écosystème au cours d'une succession écologique.

L'écologie nous montre que les écosystèmes sont des structures **dynamiques** et **fragiles**, dans lesquelles une faible perturbation peut avoir des conséquences importantes, du fait de l'**interdépendance** des différents éléments qui les constituent.

4.3. Les écosystèmes rendent des services à l'Homme

Les études actuelles nous permettent de comprendre l'impact de l'Homme sur ces systèmes, mais également sur les **services écosystémiques** qu'ils peuvent lui rendre, amenant à une prise de conscience et à des choix de gestion. On distingue les services de prélèvement, de régulation et culturels.

Dans le cas de la prairie pâturée, l'Homme est à la fois déclencheur de la perturbation et gestionnaire de l'écosystème consécutif à cette perturbation. En effet, l'installation de grand mammifères herbivores comme la vache dans une parcelle constitue une perturbation car ceux-ci modifient l'écosystème et le maintiennent dans un état différent du climax. L'exploitation de l'écosystème prairial pour des services de prélèvement (foin, lait, viande) nécessite une gestion annuelle permettant à la fois de maintenir l'état perturbé, et de favoriser une productivité importante.

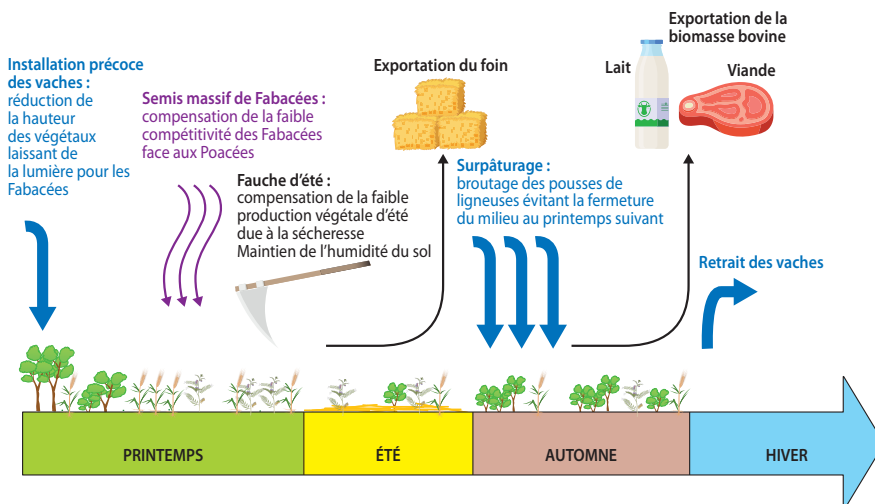


► **Figure 16.34.** Les écosystèmes rendent différents services à l'Homme.



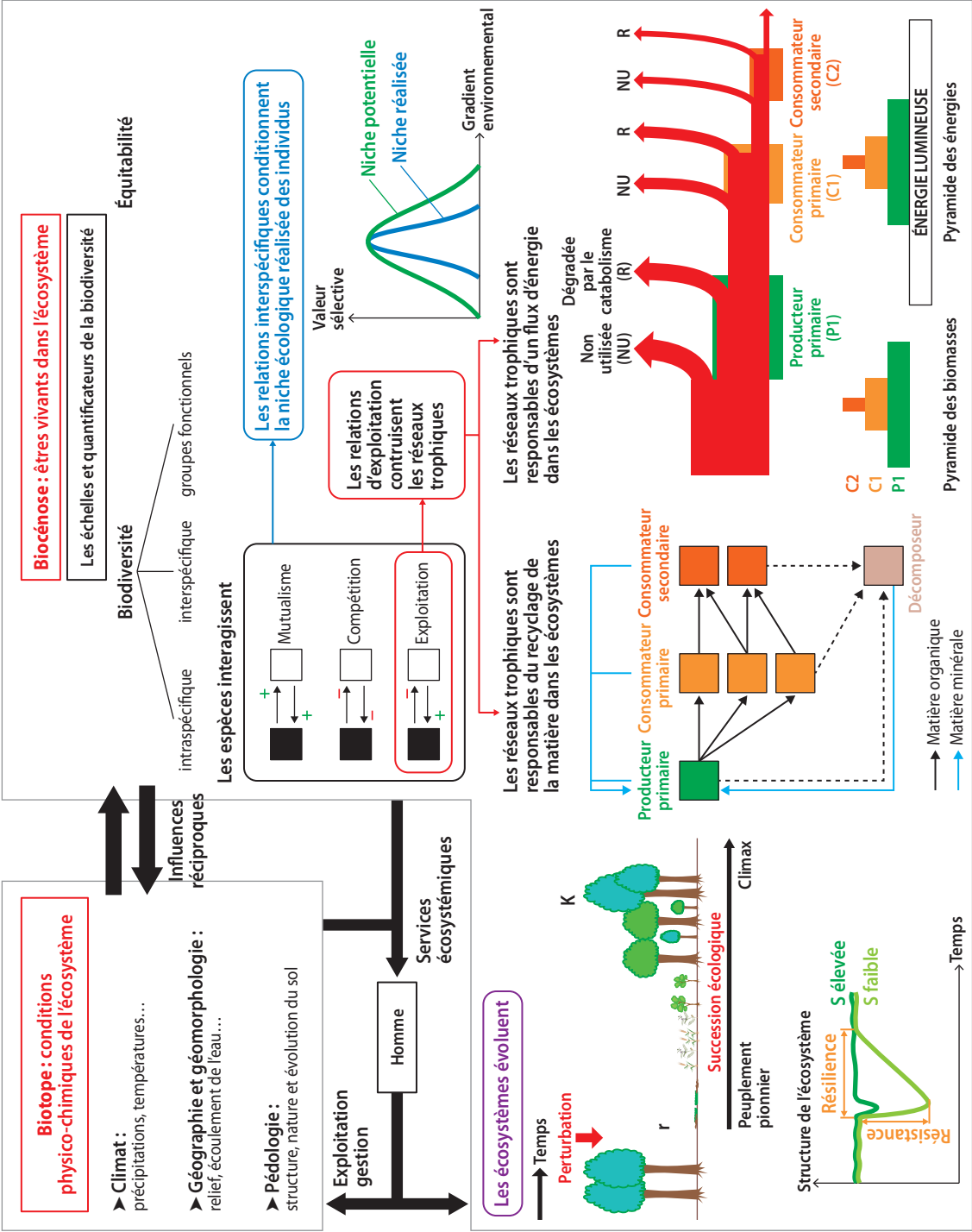
À retenir

La structure et le fonctionnement des écosystèmes peuvent être modifiés par des perturbations anthropiques ou non (eutrophisation, voir BCPST 2, chapitre « Le cycle de l'azote », surpâturage...). La réponse des écosystèmes à ces perturbations dépend de leur résistance et de leur résilience, les écosystèmes les plus riches étant généralement les plus résistants et résilients. Suite à une perturbation, un écosystème évolue naturellement vers un stade climacique au cours d'une succession écologique. L'étude des liens entre structure biologique et réponse des écosystèmes aux perturbations permet de comprendre leur fonctionnement, compréhension indispensable à leur gestion. La prise de conscience de la diversité des services rendus par les écosystèmes motive aujourd'hui la mise en place de processus de gestion.



► **Figure 16.35.** La prairie pâturée est un exemple d'écosystème géré par l'Homme.

SCHÉMA-BILAN



PRÉPAS SCIENTIFIQUES

BCPST

1^{re} année

CONFORME AU
PROGRAMME 2021

Biologie – Géologie

L'ouvrage indispensable pour réussir et faire la différence en CPGE scientifiques

→ TOUT LE COURS

Pour maîtriser **l'intégralité du programme**, avec plus de 500 schémas inédits, toutes les notions essentielles et les schémas-bilans indispensables à retenir

→ DES FICHES « MÉTHODES ET OBSERVATIONS » ET « TIPE »

Pour **maîtriser les techniques** spécifiques à la biologie et la géologie et **s'entraîner à l'oral** de TIPE grâce à la connaissance des enjeux et parcours métiers

→ ENTRAÎNEMENT INTENSIF

Pour **vous préparer efficacement** et **vous tester** avec plus de 150 exercices de difficulté progressive : QCM, études de documents, sujets d'oraux et sujets de synthèse type concours

→ TOUS LES CORRIGÉS DÉTAILLÉS

Pour **comprendre** les étapes de résolution des exercices et **acquérir** les bons réflexes



OFFERT EN LIGNE

- + Plus de **230 flashcards interactives** pour mémoriser autrement
- + Des **vidéos, fiches techniques** et **sujets** inédits pour parfaire ses connaissances et optimiser son entraînement

Des auteurs au cœur de l'enseignement
et des attentes des élèves en CPGE BCPST

Découvrez également :



Retrouvez notre collection
complète ici :

ISBN : 978-2-311-40895-9



9 782311 408959

