

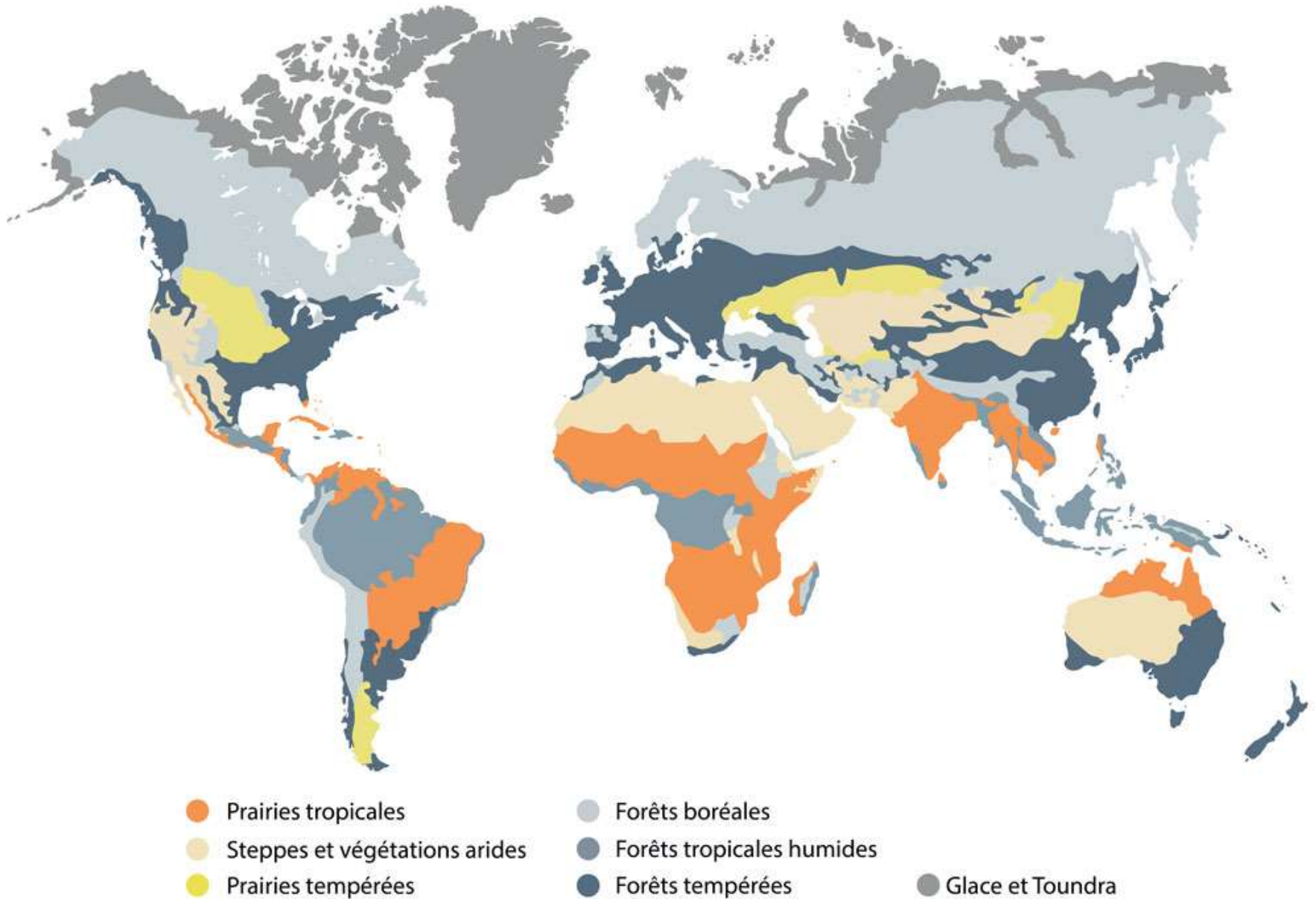
SV – J Populations et écosystèmes

SV – J – 2 Les écosystèmes : structure, fonctionnement et dynamique



Les biomes

Les prairies natives couvrent 40 % des surfaces émergées de la planète



Une prairie du Massif central





Fétuque des près



Vulpin des prés



Houlque laineuse



Trèfle violet

Luzerne cultivée



Document 1. La biodiversité des prairies.

HÉTÉROTROPHES CONSUMMATEURS



PHOTO AUTOTROPHES PRODUCTEURS PRIMAIRE

Faune aérienne

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

	Poacées : produisent l'essentiel de la biomasse	Fabacées : fixent N ₂ atmosphérique	Dicotylédones diverses
Valeur fourragère	Dactyle aggloméré, Fétuque élevée, Fléole des prés, Fromental (ou Avoine élevée), Pâturin commun, Ray-grass anglais ...	Trèfle blanc, Trèfle violet	
	Agrostide vulgaire, Avoine pubescente, Fétuque rouge, Houlique laineuse, Trisetè jaunâtre, Vulpin des prés ...	Gesse des prés, Lotier corniculé, Luzerne lupuline, Trèfle douteux ...	Achillée millefeuilles, Plantain lancéolé, pissenlits ...
	Brize intermédiaire, Brome mou, Crételle des prés, Fétuque ovine, Flouve odorantes...		Centaurée des prés, Mouron des oiseaux ... Génantes : rumex...
	Brachypode penné, Nard raide...		Toxiques : colchiques, narcisses, verâtres...

exploitation et fertilisation

diversité floristique

productivité



HÉTÉROTROPHES DÉCOMPOSEURS

Faune du sol ou pédofaune

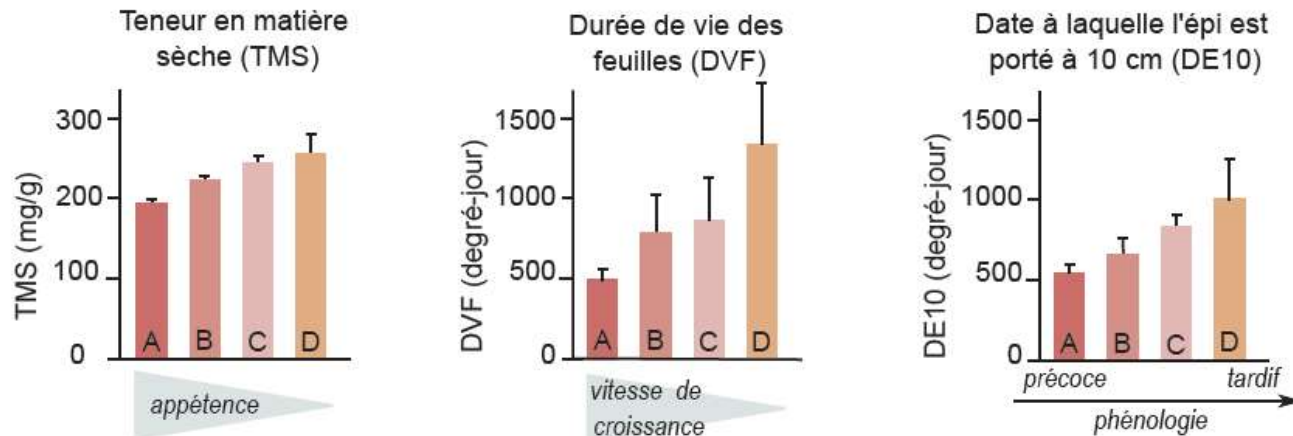
vers nématodes
vers de terre (lombric, enchytréides)
araignées, myriapodes
insectes : bousiers, fourmis...
acariens, collemboles

Microbiote du sol

ciliés
algues
eubactéries
champignons

Document 2. Diversité fonctionnelle des poacées fourragères.

Trois traits fonctionnels et les caractéristiques dont ils rendent compte



Quatre types fonctionnels de poacées

Type A
végétation précoce
à forte croissance

Houlque laineuse
Ray-grass anglais



Type B
végétation tardive
à forte croissance

Floue odorante
Avoine élevée
Dactyle aggloméré
Fétuque élevée
Pâturin commun



Type C
végétation tardive
à croissance lente

Agrostide vulgaire
Avoine pubescente
Fétuque rouge
Fléole des prés
Triseté jaunâtre



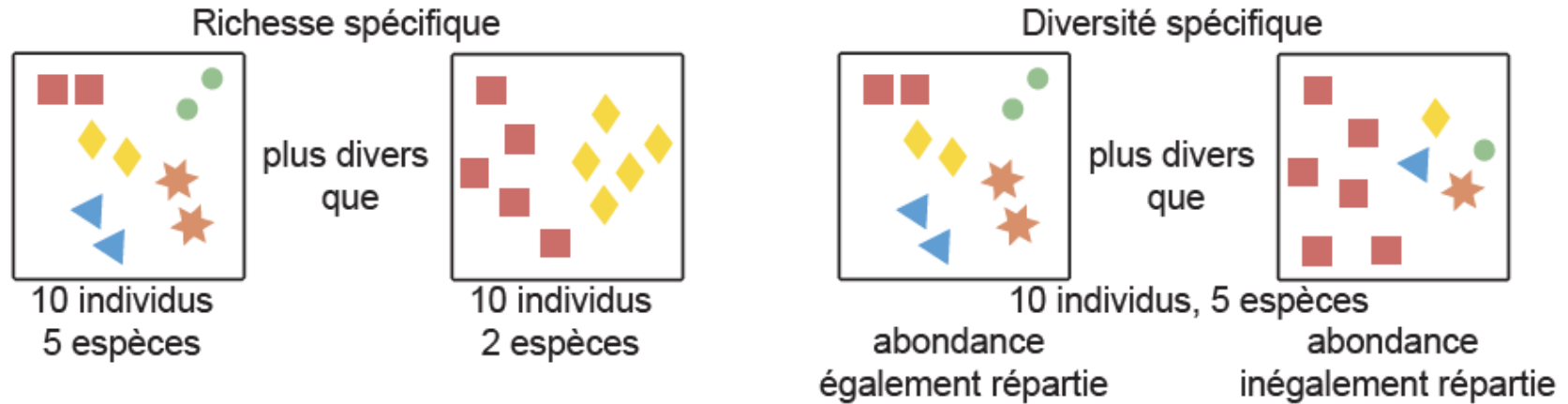
Type D
très tardive ; peu
appétente pour les bovins

Brachypode
Brize intermédiaire
Crételle des prés
Fétuque ovine



Document 3. Richesse spécifique et diversité spécifique.

Les comparaisons sont effectuées sur des échantillons d'effectif identique.



Richesse spécifique S = nombre d'espèces d'un peuplement

Diversité spécifique = nombre d'espèces d'un peuplement et abondance relative des différentes espèces

→ Quantification par des indices de diversité

**Un exemple d'indice de diversité :
L'indice de Shannon et Weaver**

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

H' : indice de biodiversité de Shannon

i : une espèce du milieu d'étude

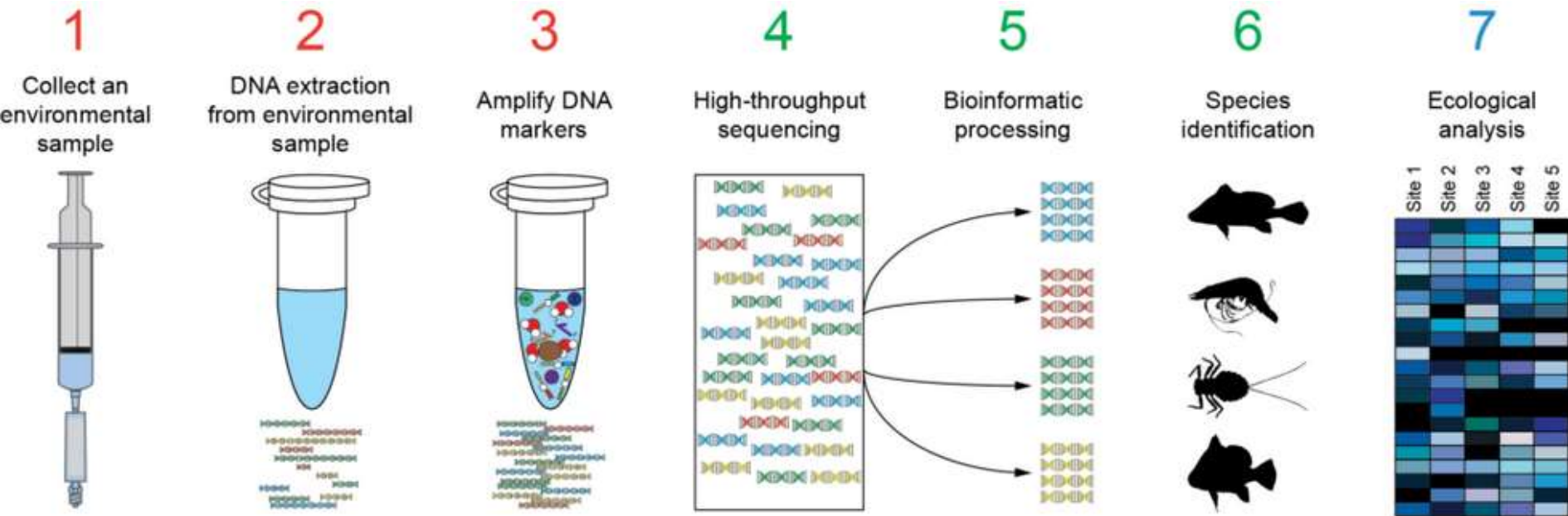
S : richesse spécifique

p_i : Proportion d'une espèce i par rapport au nombre total d'espèces (S) dans le milieu d'étude (ou **richesse spécifique** du milieu), qui se calcule de la façon suivante :

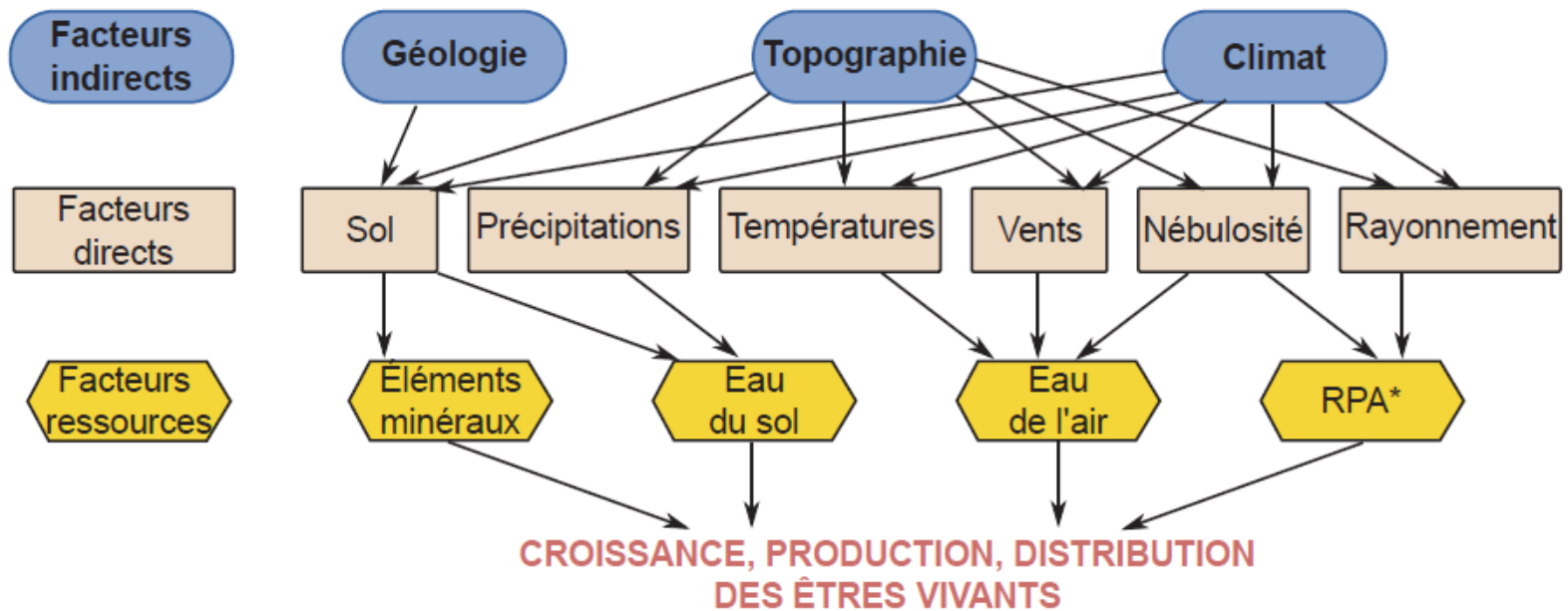
$$p(i) = n_i / N$$

où n_i est le nombre d'individus pour l'espèce i et N est l'effectif total (les individus de toutes les espèces).

Une nouvelle méthode d'estimation de la biodiversité : le metabarcoding ou étude de l'ADN environnemental

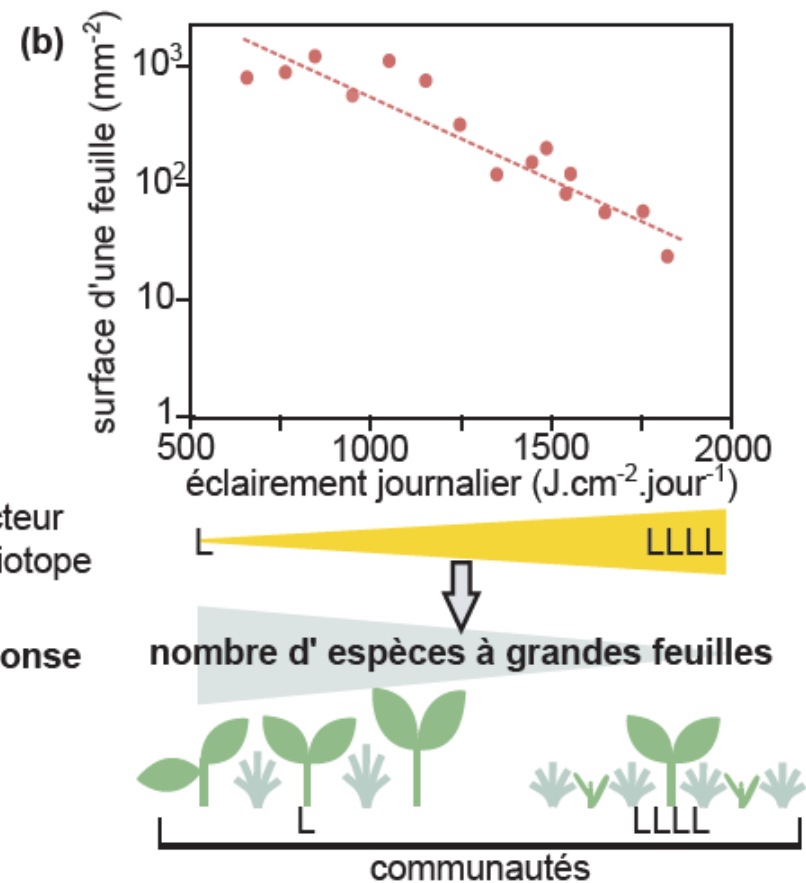
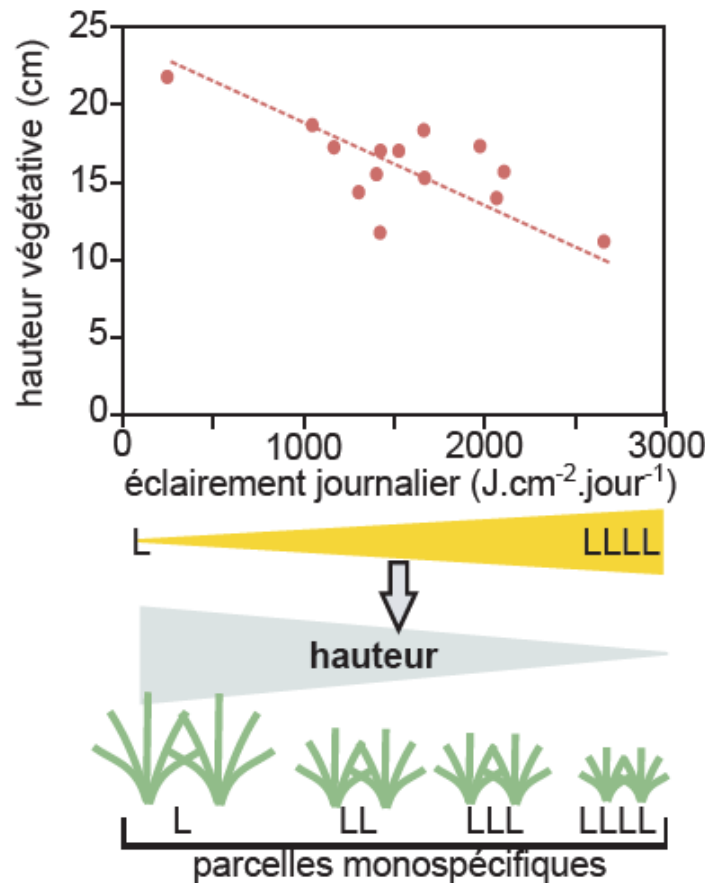


Document 4. Diversité des facteurs du biotope influençant le fonctionnement des plantes.



* RPA : rayonnement photosynthétiquement actif

Document 5. Réponses des plantes à des éclairagements variables.



Chaque point représente la valeur moyenne d'une parcelle.

- (a) Variabilité intraspécifique de la hauteur végétative en réponse à l'éclairement chez le brome cultivé dans des parcelles monospécifiques ;
- (b) Variabilité interspécifique de la surface d'une feuille au sein de communautés sous différentes conditions d'éclairement.

Des facteurs du biotope influencés par la biocénose

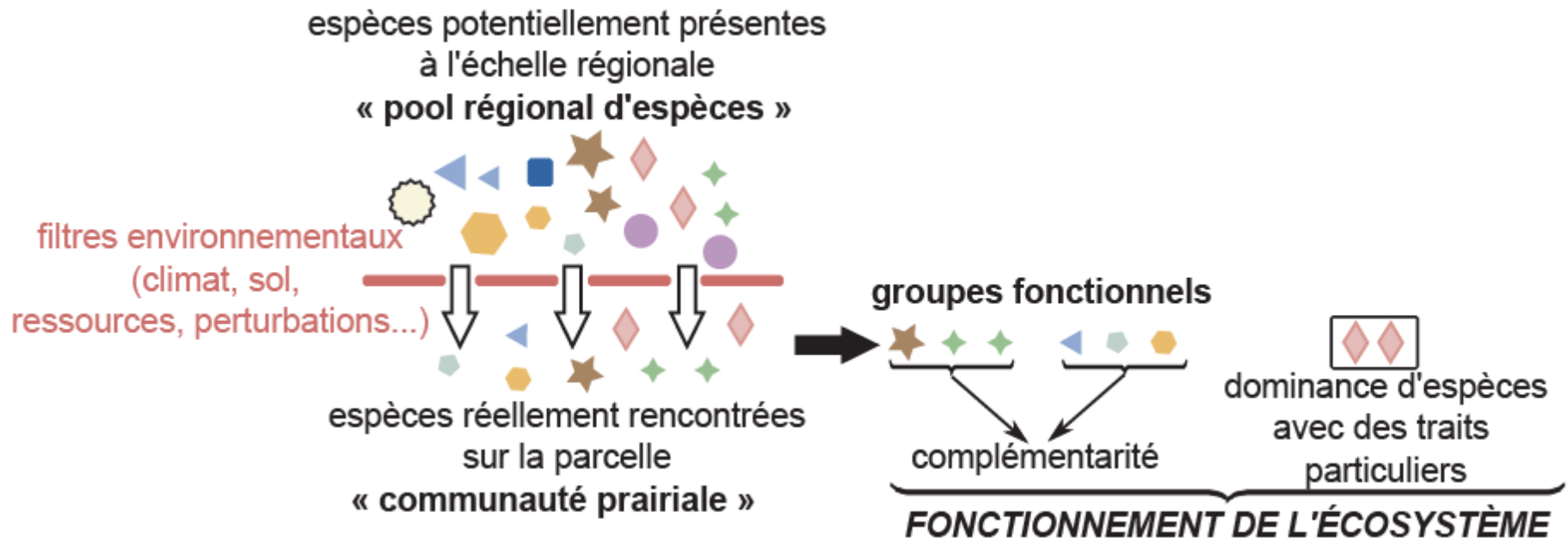


*Childers Soldiers Settlement
Clearing.*

Déforestation au bulldozer dans le Queensland dans les années 1950.

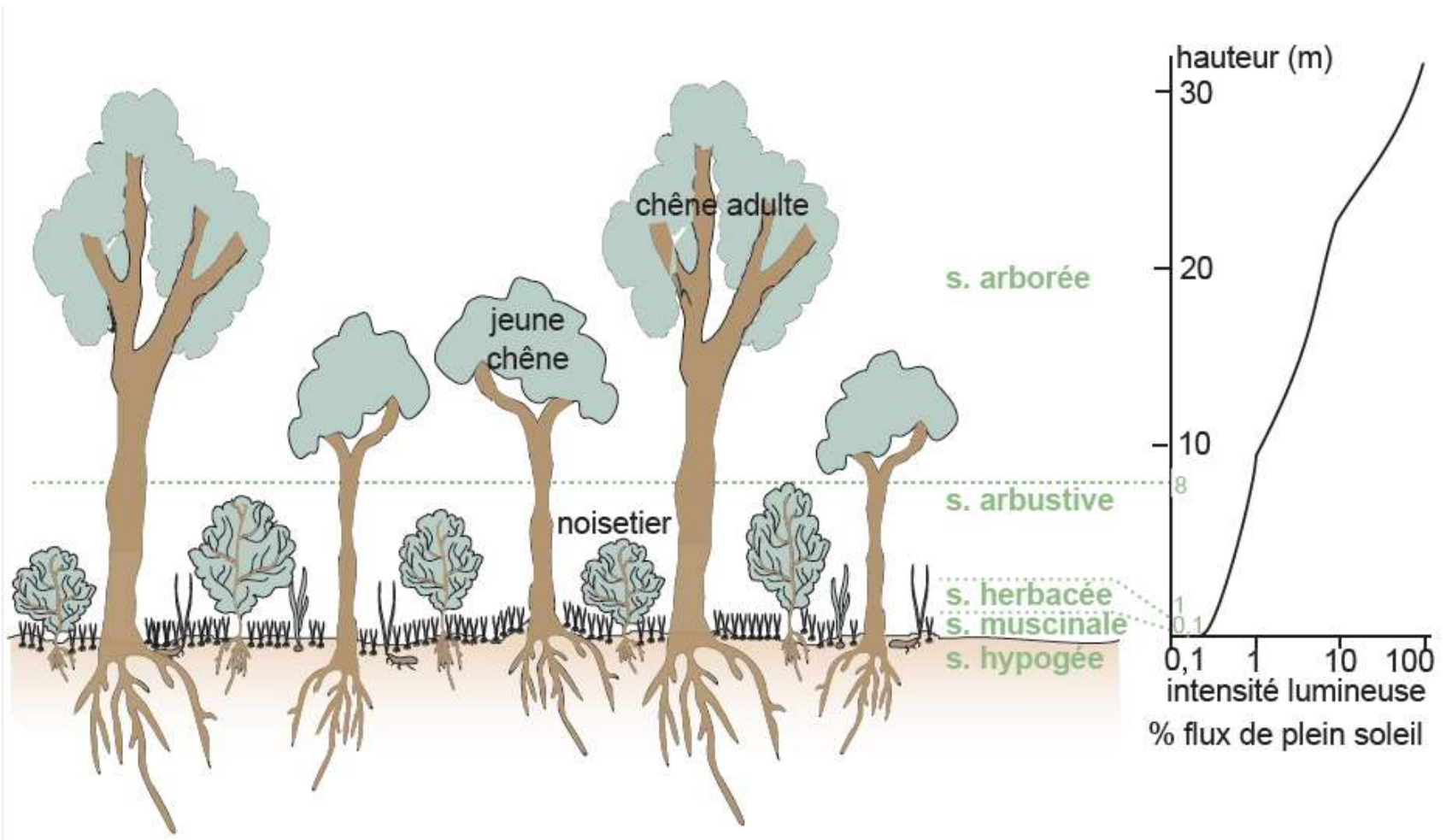
Une étude réalisée en 2004 établit que **50 % de la baisse soudaine de précipitations observée dans le sud-ouest de l'Australie occidentale dans le milieu du XX^e siècle**, qui réduisit notamment les approvisionnements en eau de 42 % pour la ville de Perth, **s'explique par la destruction des forêts** et non par l'effet de serre ou la reconfiguration des flux atmosphériques.

Document 6. Influence de filtres abiotiques sur une communauté prairiale.



Chaque forme géométrique représente une espèce végétale caractérisée par sa stratégie écologique (=combinaison de traits fonctionnels).

Document 7. Représentation schématisque de la stratification verticale dans une forêt.



La répartition verticale des végétaux conditionne en partie la distribution des animaux

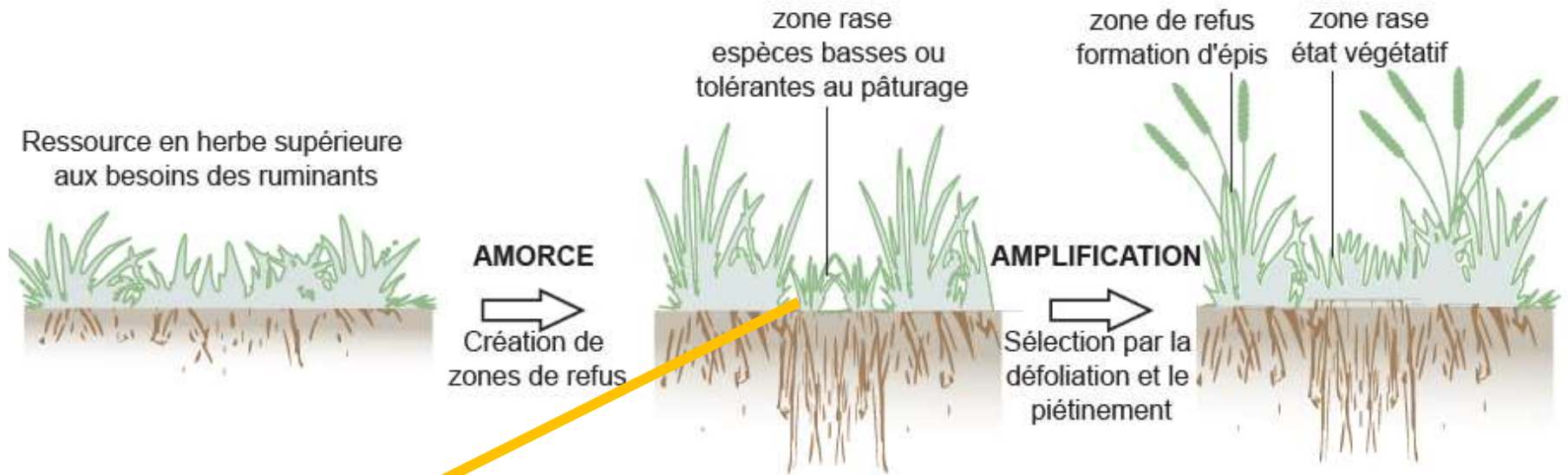


Sauterelles,
criquets



Carabe

Document 8. Hétérogénéité latérale d'un pâturage.



Trèfle blanc *Trifolium repens*,

La vache, espèce ingénieuse de l'écosystème prairial



Colonisation d'une bouse juste mise en place

« Moins de 3,6 secondes après l'émission d'une bouse, les insectes arrivent ! ». Une bouse (pour rappel, une vache en libère entre 12 et 14 par jour) est donc un mouchodrome particulièrement attractif pour les insectes : ils s'y retrouvent pour manger, se reproduire et pondre. © Marc Giraud

<https://www.youtube.com/watch?v=kWUKuUdFT7s>

Safari dans la bouse

<http://www7.inra.fr/opie-insectes/pdf/i149-giraud.pdf>



Lieu d'accouplement et de ponte pour une trentaine de familles de Diptères

Prédateurs des insectes de la bouse (Asile frelon)

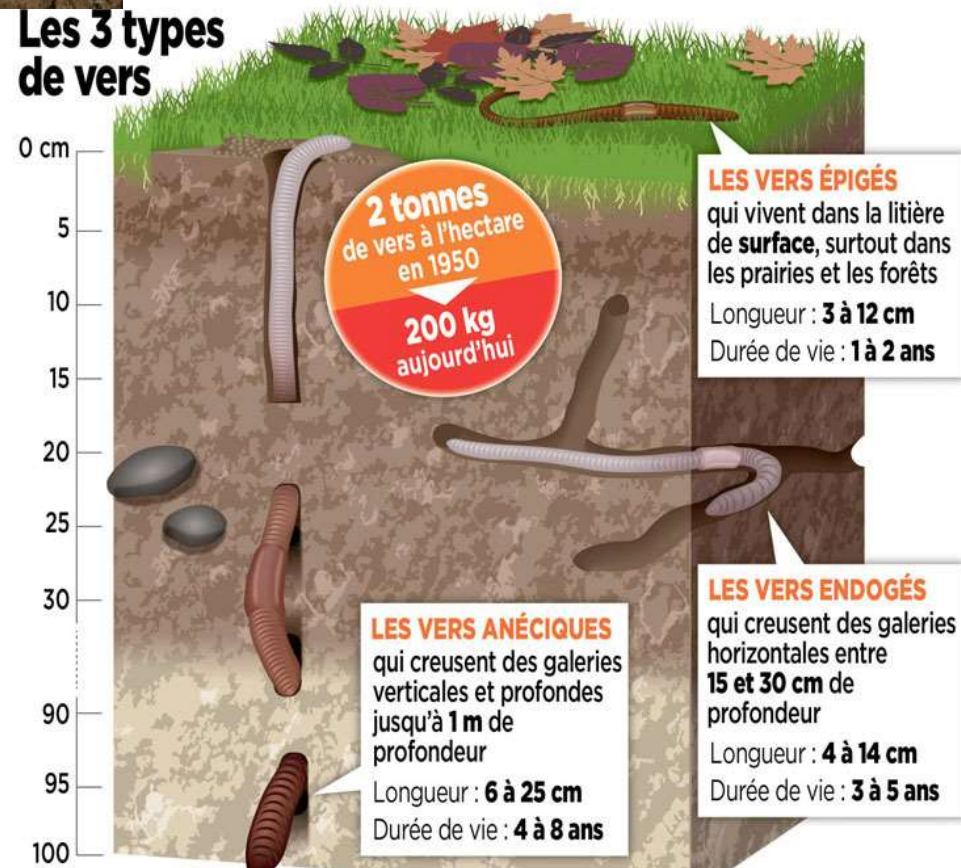
Bousiers = insectes coprophiles

Phase 1 (qq secondes)	Sortie du tube digestif : la bouse est le siège d'une intense activité microbienne ; ponte des insectes coprophiles
Phase 2 (qq heures)	Formation d'une croûte ; développement des larves coprophages, qui creusent des galeries et aèrent le milieu
Phase 3	Epaississement de la croûte , arrivée des coléoptères et prédateurs des différentes larves
Phase 4	Dessèchement. Les coléoptères creusent des galeries sous la bouse et pondent leurs larves
Phase 5	Craquèlement. Les vers de terre creusent des galeries sous la bouse, participant à l'enfouissement de la matière organique ; les prédateurs(oiseaux) viennent chercher leurs proies
Phase 6	Les pluies détrempent les fragments résiduels de bouse ne laissant en surface que quelques fragments végétaux
Phase 7 (12 mois)	La végétation colonise l'espace occupé par la bouse

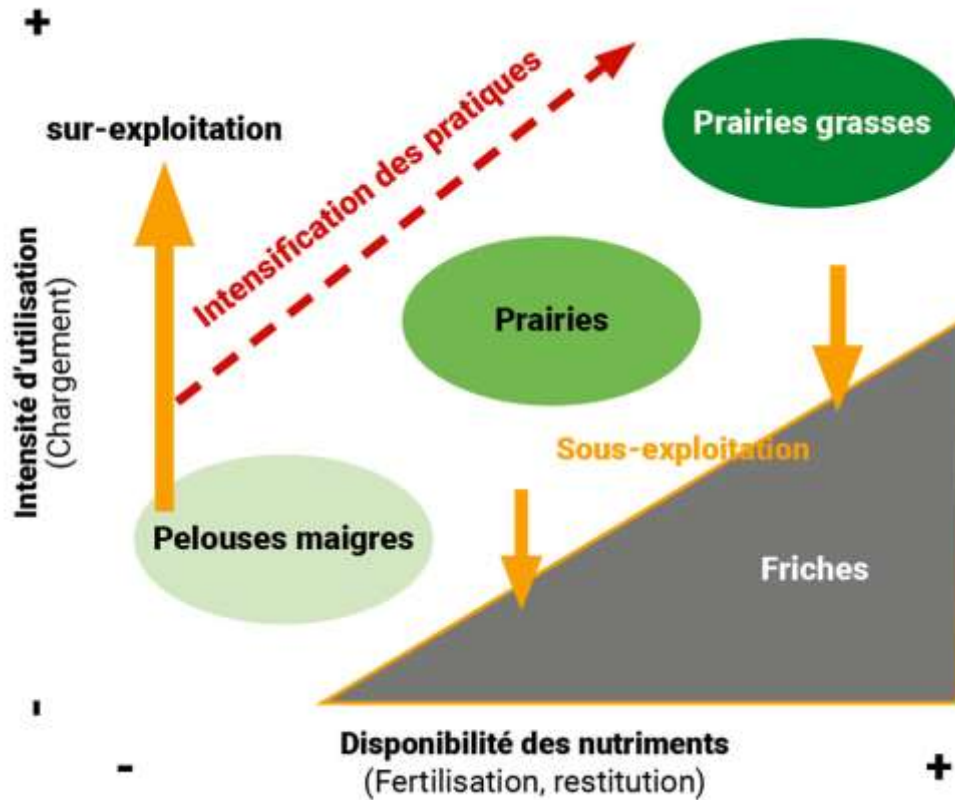


Les lombrics, espèces ingénieuses des sols

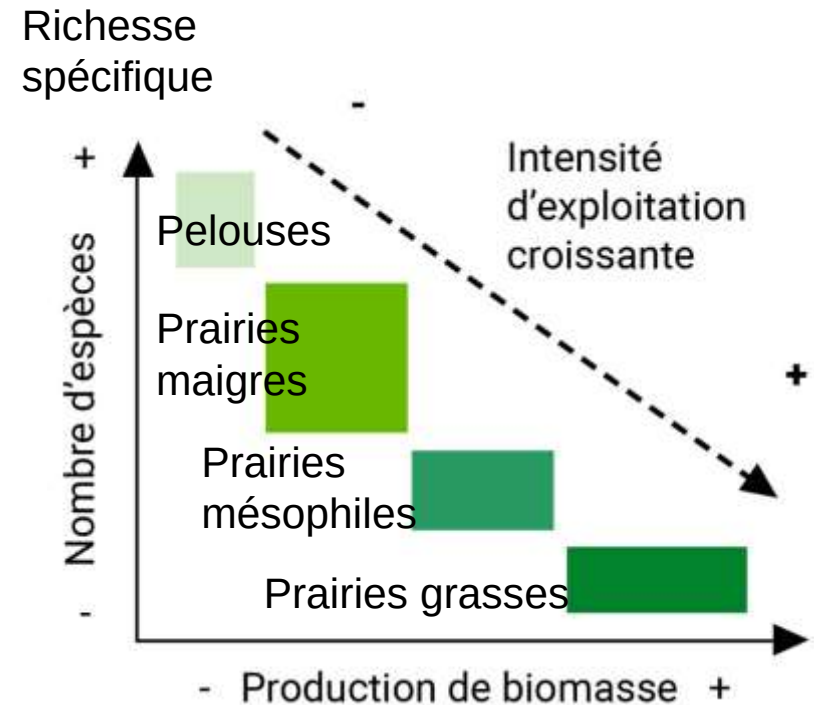
Les 3 types de vers



Document 9. Relations entre gestion, production et richesse spécifique.



Équilibre entre disponibilité des nutriments et intensité de prélèvement



Liens entre pratiques et biodiversité

Document 10. Principales formes de relations interspécifiques.

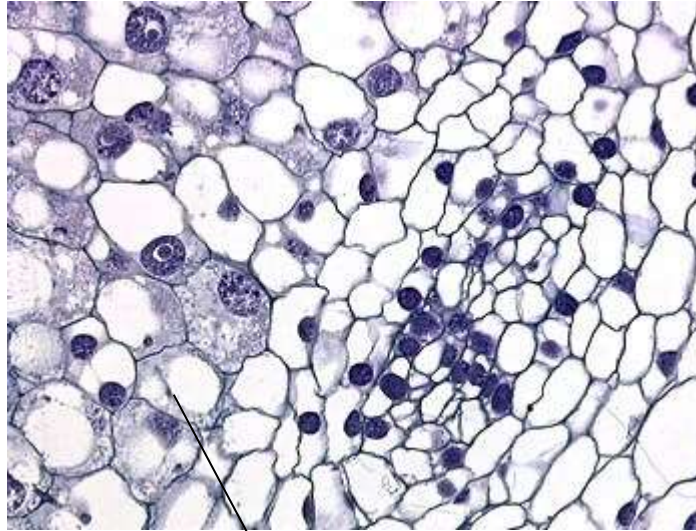
		conséquence pour l'espèce A		
		positive	neutre	négative
conséquence pour l'espèce B	positive	mutualisme	commensalisme ¹	prédation parasitisme
	neutre	commensalisme ¹	neutralisme	amensalisme ²
	négative	prédation parasitisme	amensalisme ²	compétition

5 mm
↔



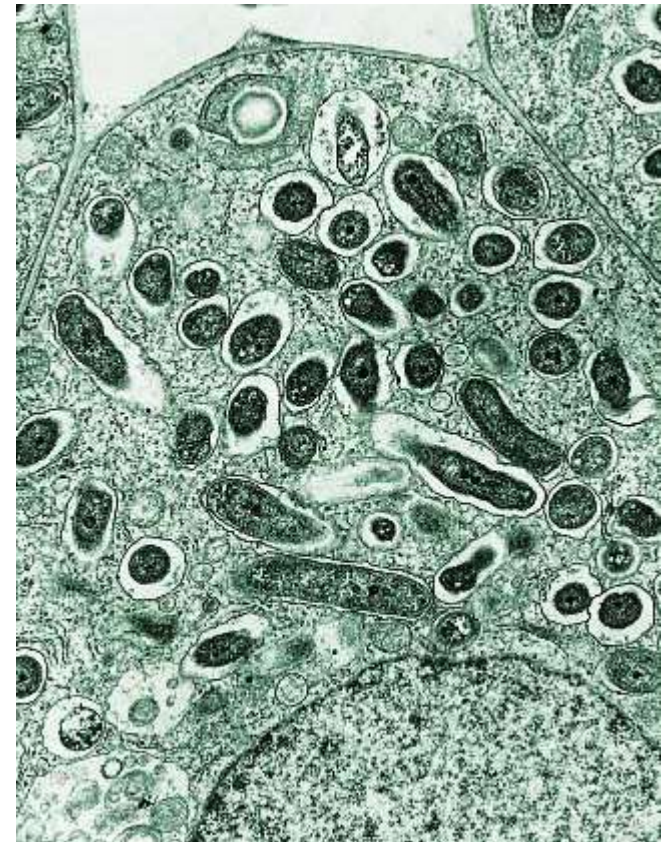
Nodosités sur des
racines de luzerne
Vue externe

100 μ m
↔



Cellules infectées par Rhizobium
MO x 40

<http://www.microscopy-uk.org.uk>



Cellules infectées
MET

Ectomycorrhizes



Document 11. Symbioses entre êtres vivants de l'écosystème prairie.

Bénéfices pour A	Bénéfices pour B	Particularités de la relation
Bovin <i>Digestion de la cellulose ; apport en azote</i>	Microbiote du rumen (bactéries, mycètes et ciliés) <i>Protection, apport de nutriments organiques</i>	La vache contamine son veau en le léchant
Racines des herbacées <i>Collecte de l'eau et les ions minéraux du sol Protection contre des pathogènes</i>	Champignons mycorhiziens (<i>Glomus</i>) <i>Apport de nutriments organiques</i>	Colonisation des racines en développement
Fabacées Nutrition minérale azotée (NH_4^+)	<i>Rhizobium</i> <i>Protection, apport de nutriments organiques</i>	Colonisation des racines en développement Association relativement spécifique
Archées méthanogènes <i>Approvisionnement en H_2 et CO_2, substrats de la réaction méthanogène</i>	Microorganismes fermentaires (ciliés, eubactéries) <i>Levée de l'inhibition des fermentations par H_2 (produit de la réaction)</i>	Nutrition d'une espèce grâce aux déchets du métabolisme d'une autre espèce : syntrophie.

Coopération insecte pollinisateur /angiosperme

<http://www.encyclopedie-universelle.net/abeille1/sauge-abeille-butinage-nectar-pollen.jpg>



Relation trophique + / + : prédation au sens large



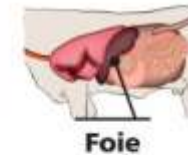
Relation durable + / - : parasitisme



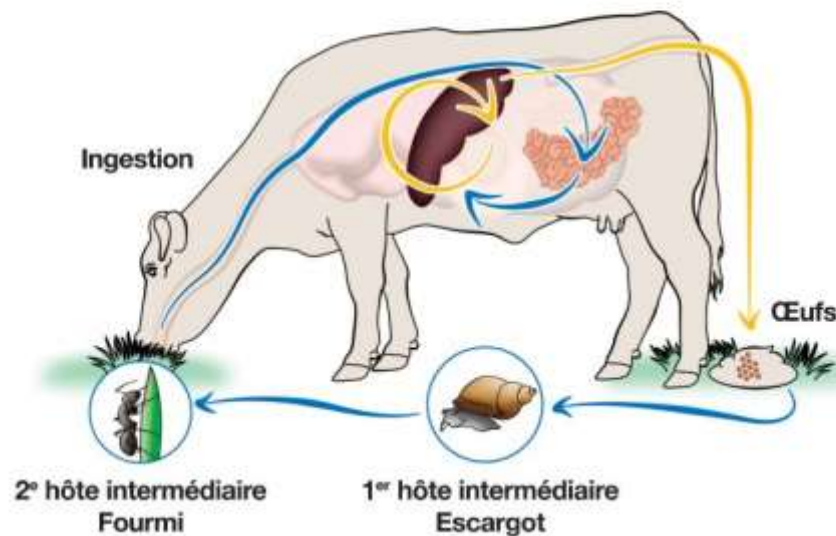
Mildiou de la luzerne
Agent : le champignon
Perenospora



Tiques



CYCLE DE DÉVELOPPEMENT



Relation - / - : compétition interspécifique

- **Par exploitation d'une ressource**

Ex : prairie non pâturée



Le Ray-grass anglais, une poacée de type fonctionnel A : végétation précoce, à croissance rapide

La fétuque rouge, une poacée de type fonctionnel C : végétation tardive, à croissance lente

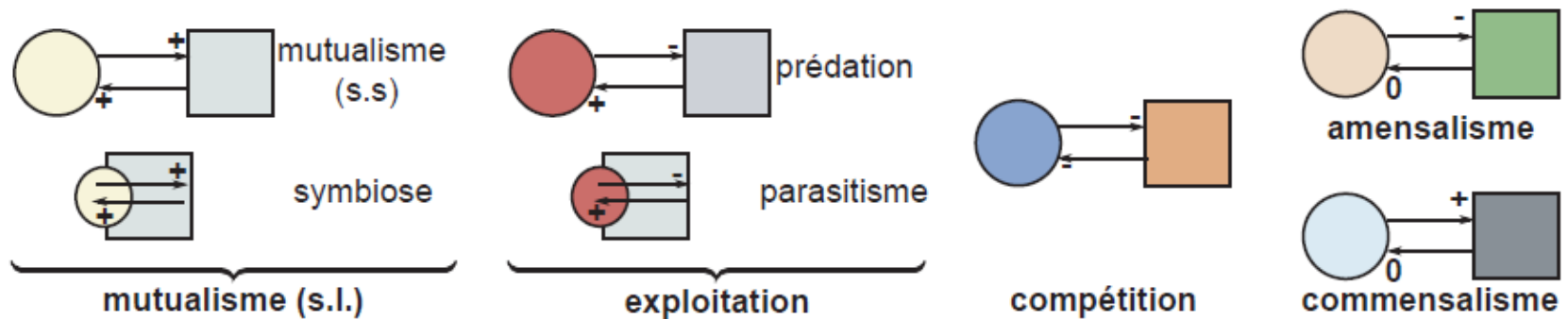


- **Par interférence**

Ex : allélopathie de la Piloselle



Document 12. Les grands types de relations interspécifiques.



Critères retenus ici :

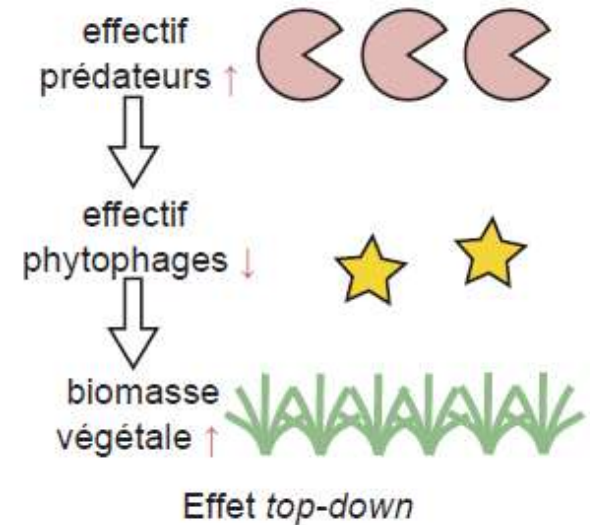
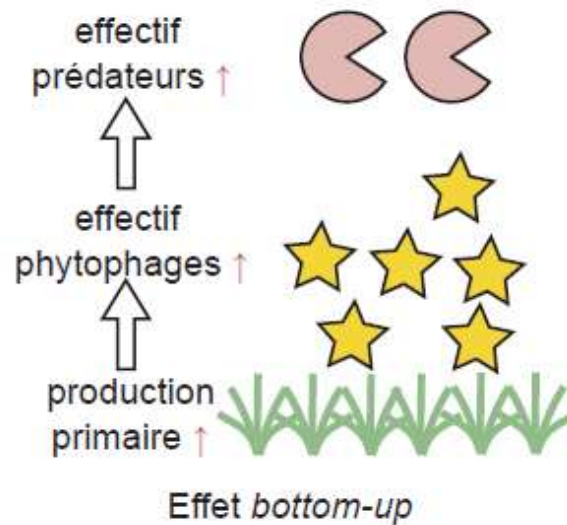
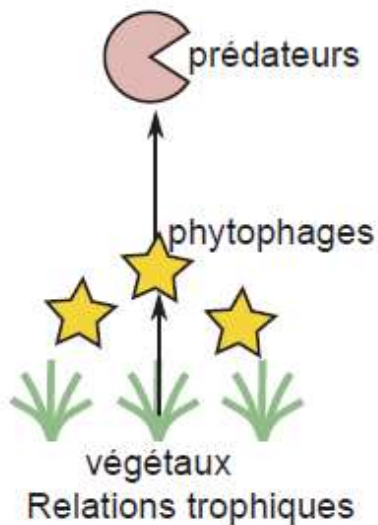
+ augmentation de la valeur sélective*

- diminution de la valeur sélective

0 absence de modification de la valeur sélective

* *Valeur sélective* = succès reproducteur ou *fitness*

Document 13. Contrôle des effectifs ascendant (bottom-up) ou descendant (top-down).



Exemples d'interactions utilisées dans la lutte biologique

*Lutte biologique : utilisation d'un organisme auxiliaire pour contrôler
d'autres organismes nuisibles*



Une femelle de parasitoïde du genre
Aphidius en position de ponte dans une larve
de puceron (S. Dourlot, Univ. Rennes I)



Larve de coccinelle consommant
des pucerons

Un exemple de mutualisme : pucerons et fourmis



Influence des relations interspécifiques sur le polymorphisme génétique :

Prédation et sélection naturelle chez la phalène du Bouleau



Copulation d'une forme carbonaria et d'une forme typica.

Le premier spécimen de forme carbonaria a été signalé en 1849 près de Manchester. A la fin du XIXe siècle, près des centres industriels anglais, la plupart des phalènes sont noires (jusqu'à 98 %).

Des Phalènes du Bouleau claires et sombres sont posées, en nombre égal, de jour, sur des troncs d'arbres pollués ou non selon la région. Des observateurs repèrent ces papillons à la jumelle et constatent qu'ils sont capturés par des oiseaux tels les rouges-gorges.

Nombre relâché		Type de forêt	Nombre de sujets dévorés par les oiseaux	
mélaniques	pâles		mélaniques	pâles
égal		Troncs clairs	164	26
égal		Couleur suie	15	43

Influence des relations interspécifique sur le polymorphisme génétique :

Mutualisme et co-évolution d'un insecte pollinisateur et d'une fleur



En Afrique du sud, la fleur de *Zaluzianskya microsiphon* (Scrophulariacées) est exclusivement pollinisée par le Diptère *Prosoeca ganglbaueri*. Cette Scrophulariacée est la plante qui contribue le plus à la nutrition de l'Insecte.

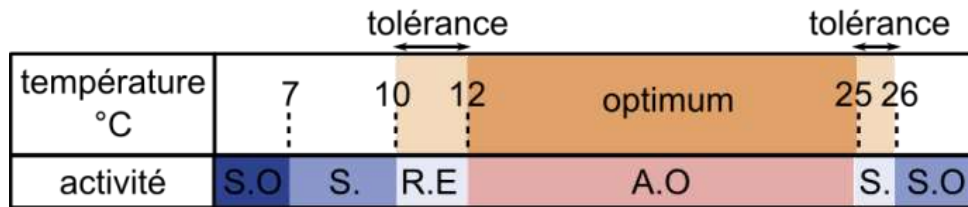
(Anderson et Johnson, 2007, in : <http://afpsvt.fr/wp-content/uploads/2017/06/Conf%C3%A9rence-juin-2017-les-v%C3%A9g%C3%A9taux-revisit%C3%A9s2.pdf>)

Intervalles de tolérance

a - influence de la température sur l'activité de l'escargot

b - influence de la teneur en azote du sol sur l'alysson blanc (Brassicacée)

(a)



S.O : sommeil dans la coquille operculée

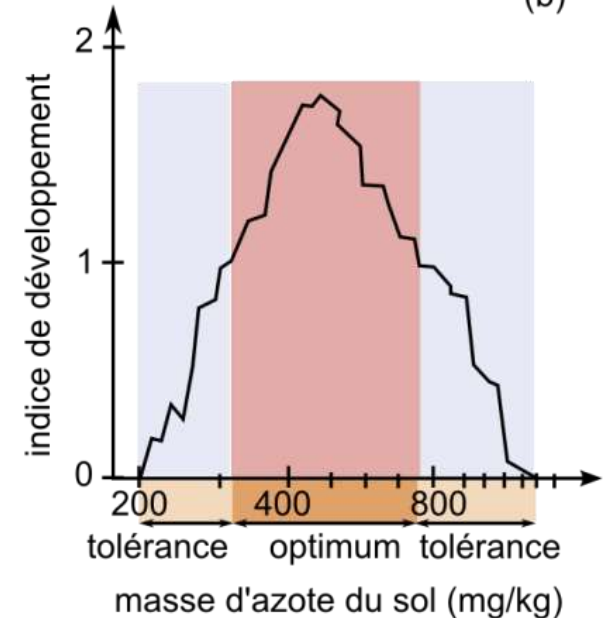
S : sommeil

R.E : repos éveillé

A.O : activité optimale

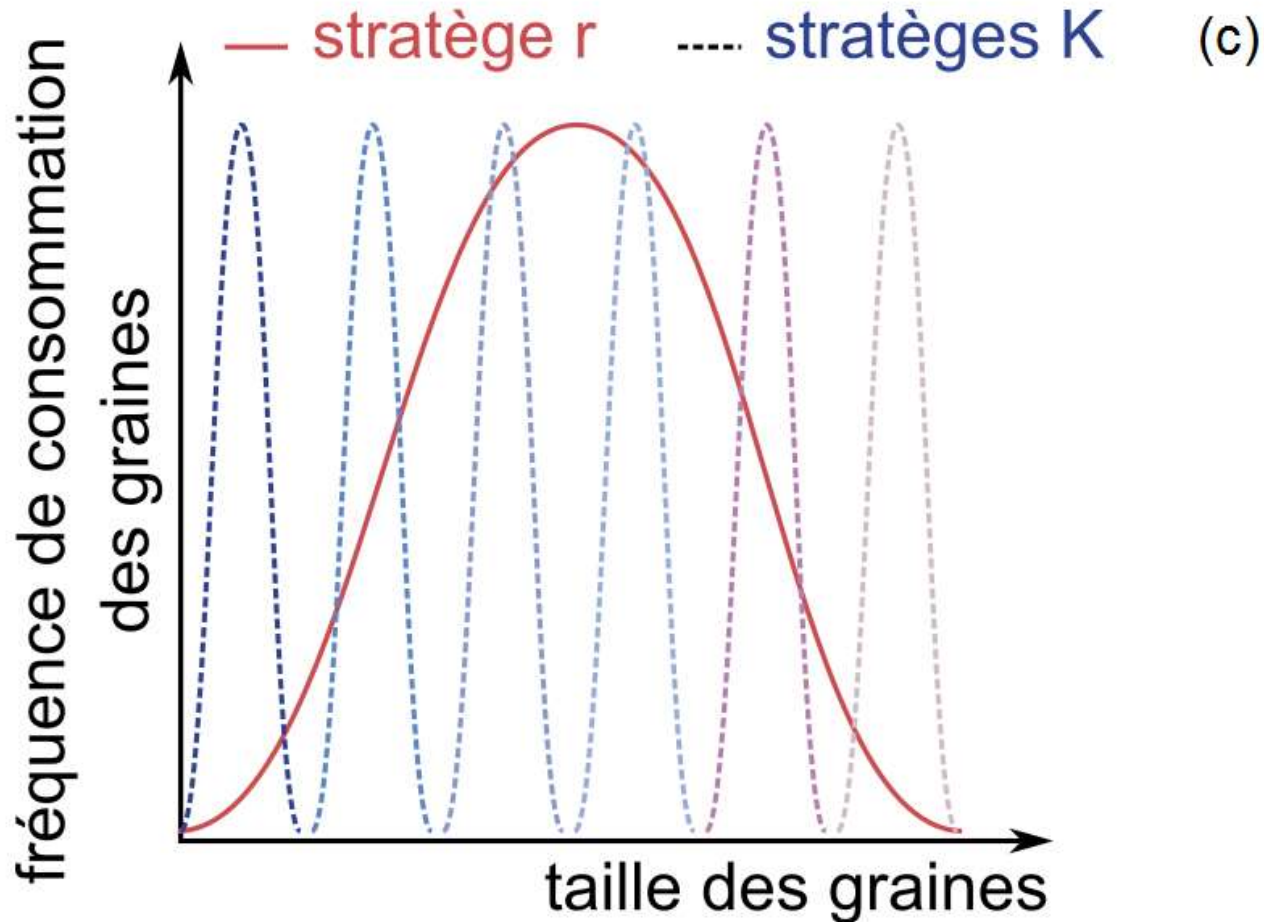


(b)

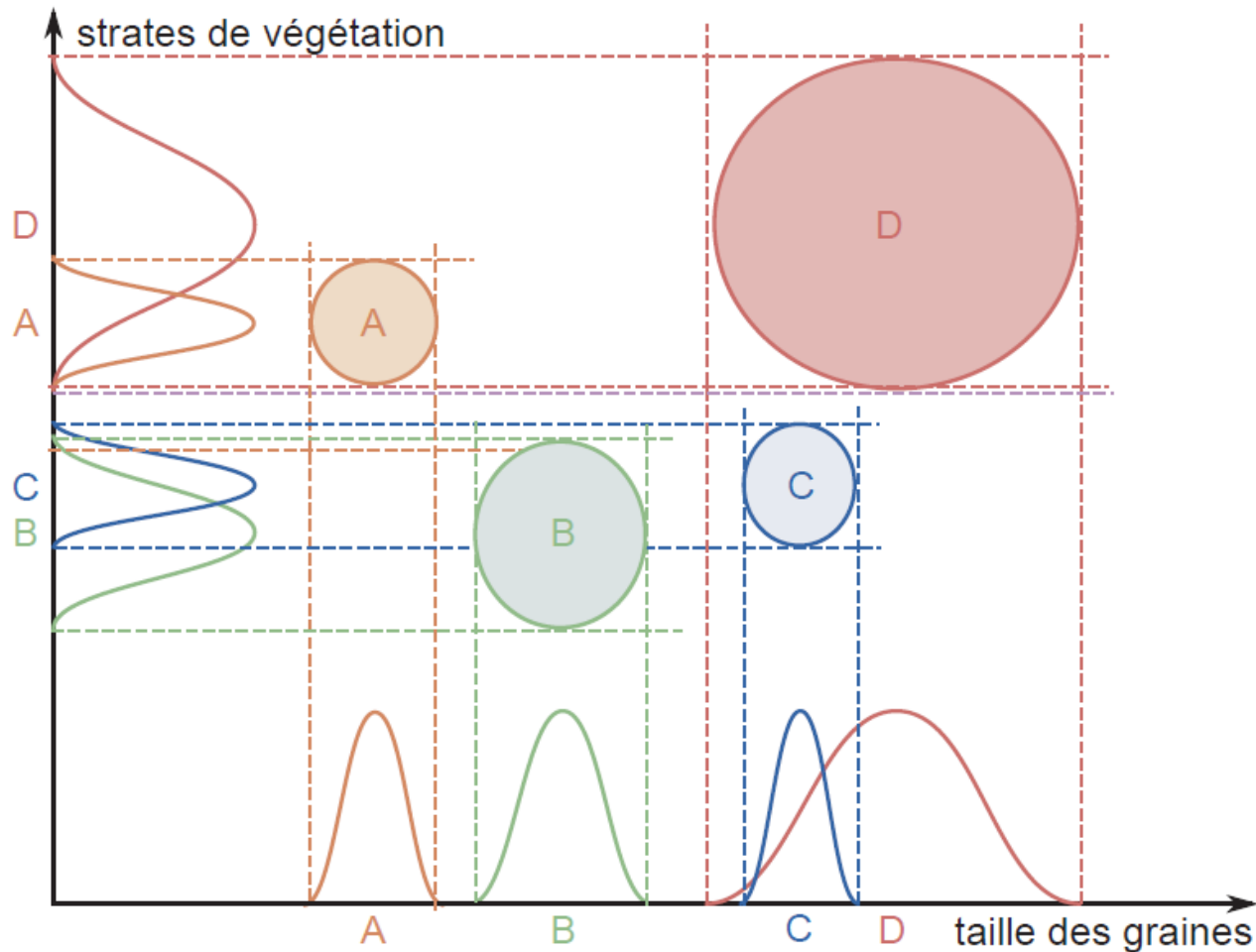


Intervallles de tolérance

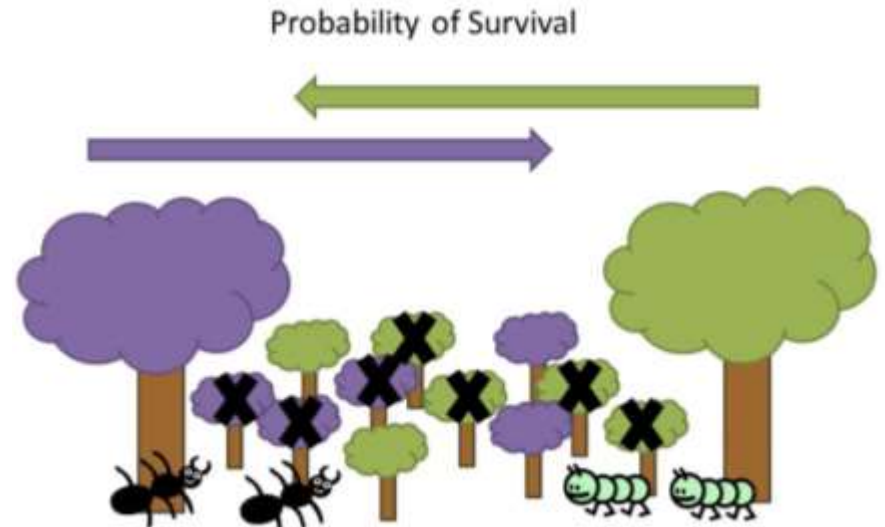
c – intervalles de tolérance alimentaire de 7 espèces d'oiseaux granivores



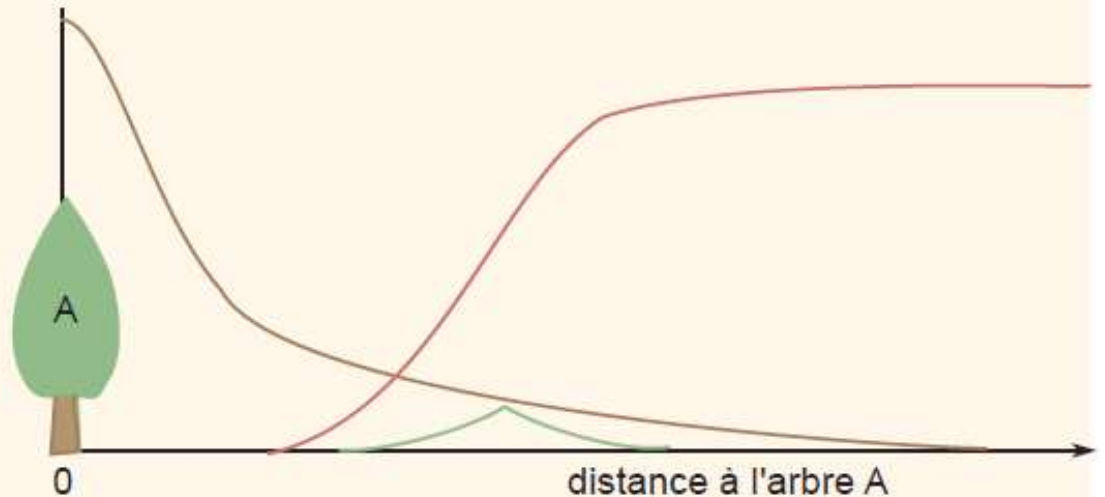
Document 14. Intervalles de tolérance et délimitation de la niche écologique potentielle.



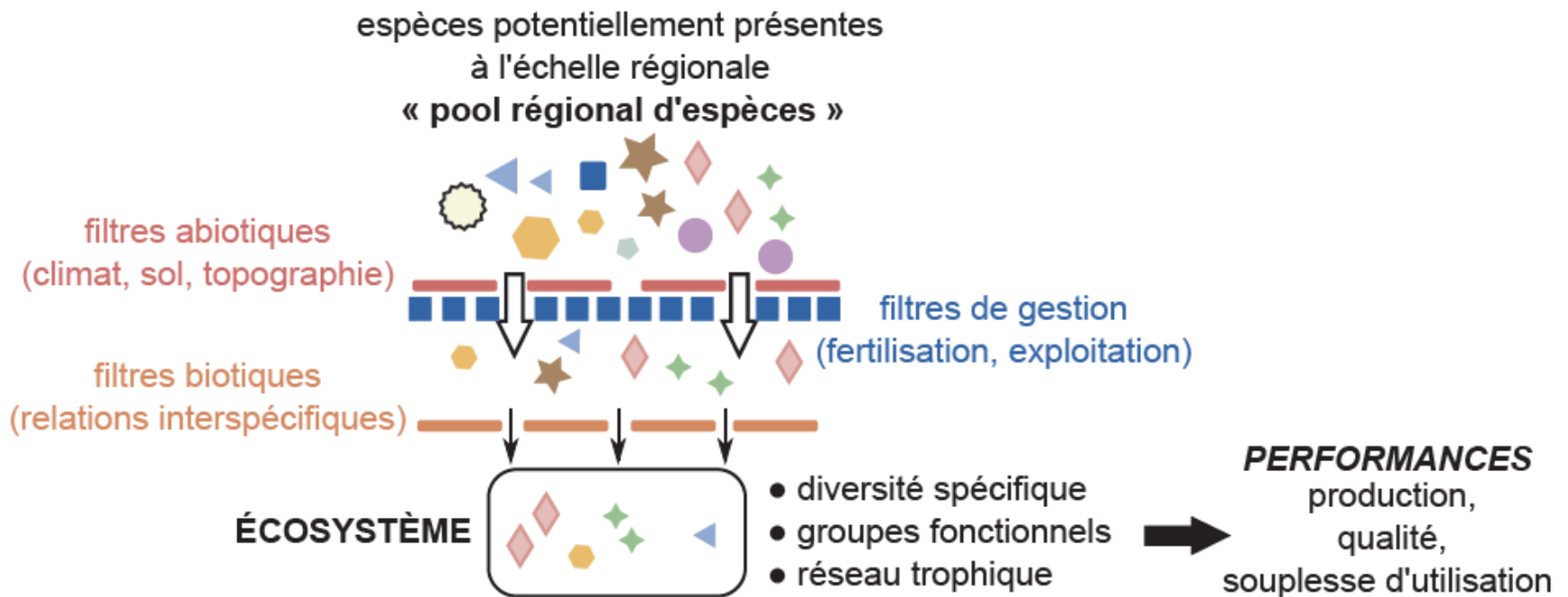
Document 15. L'effet Janzen - Connell.



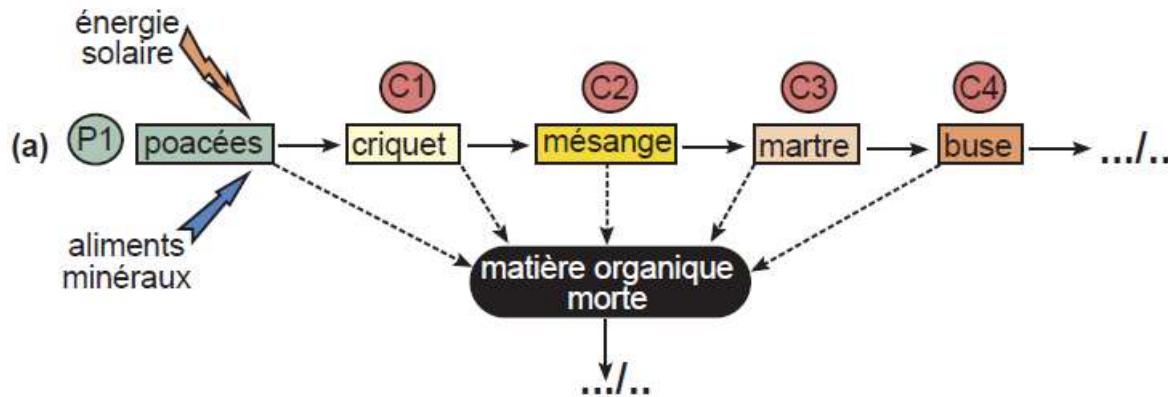
- densité des graines de l'arbre A
- probabilité de survie des plantules issues des graines
- probabilité qu'un nouvel individu adulte de la même espèce que A s'installe



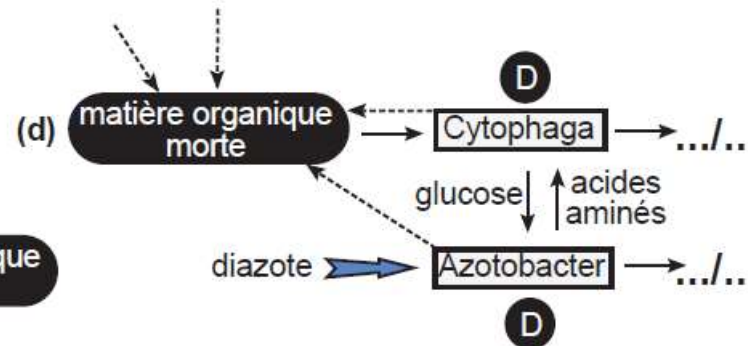
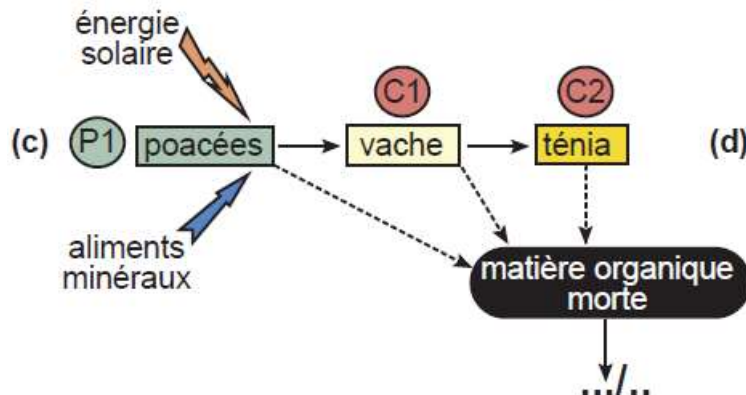
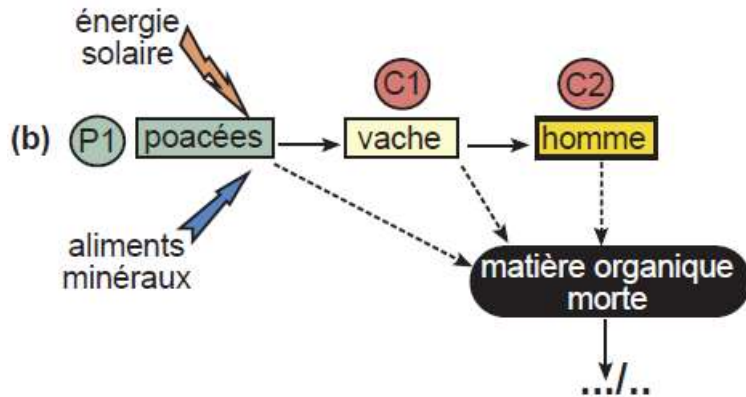
Document 16. Théorie des filtres.



Document 17. Quelques chaînes trophiques au sein d'une prairie pâturée.



martre



Les décomposeurs

Décomposeurs de premier ordre : transformations mécaniques de la nécromasse

Lombrics, larves d'insectes, bousiers



Décomposeurs de second ordre : transformations chimiques de la nécromasse

Champignons, bactéries

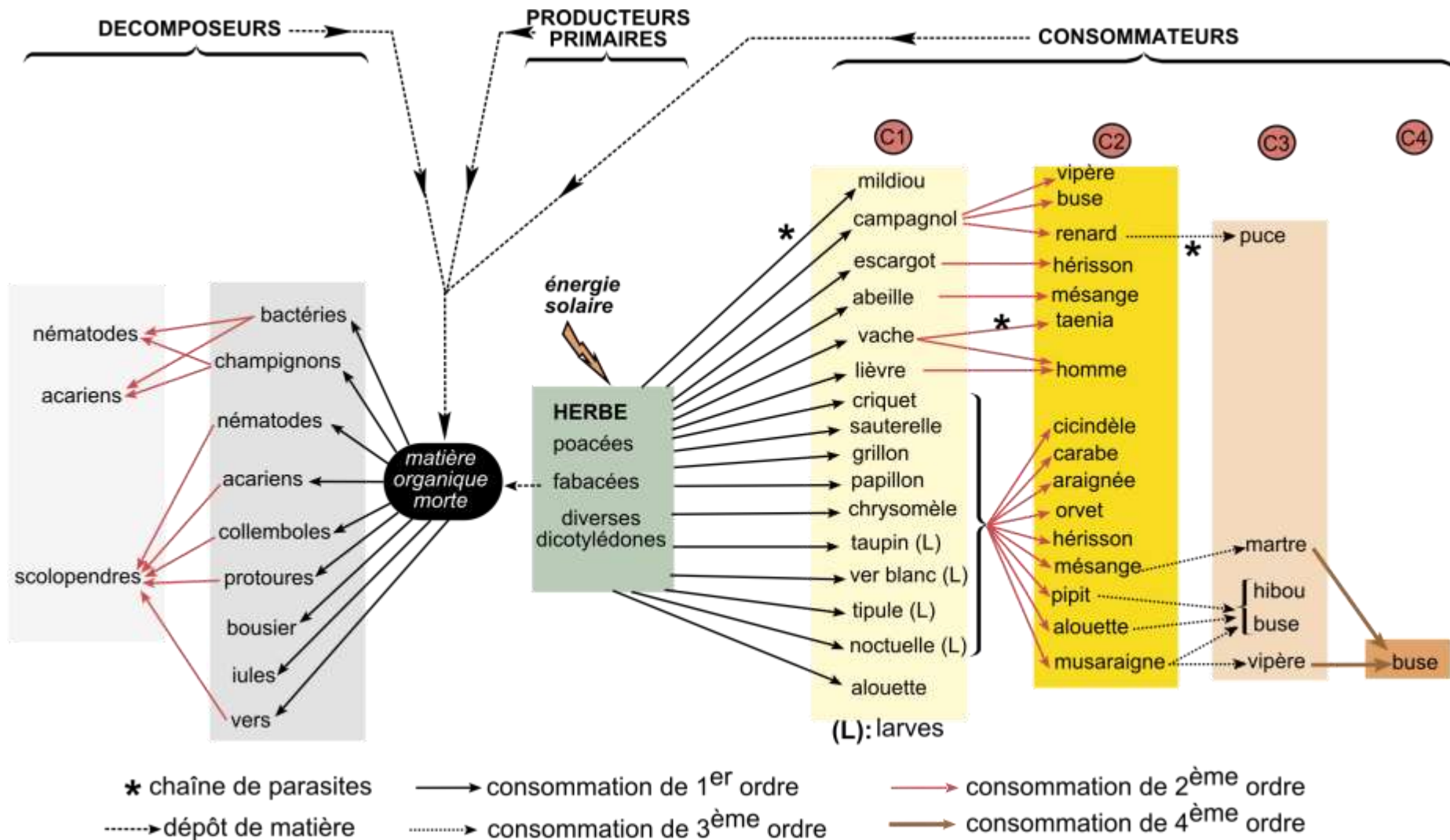


Champignons saprophyte de litière

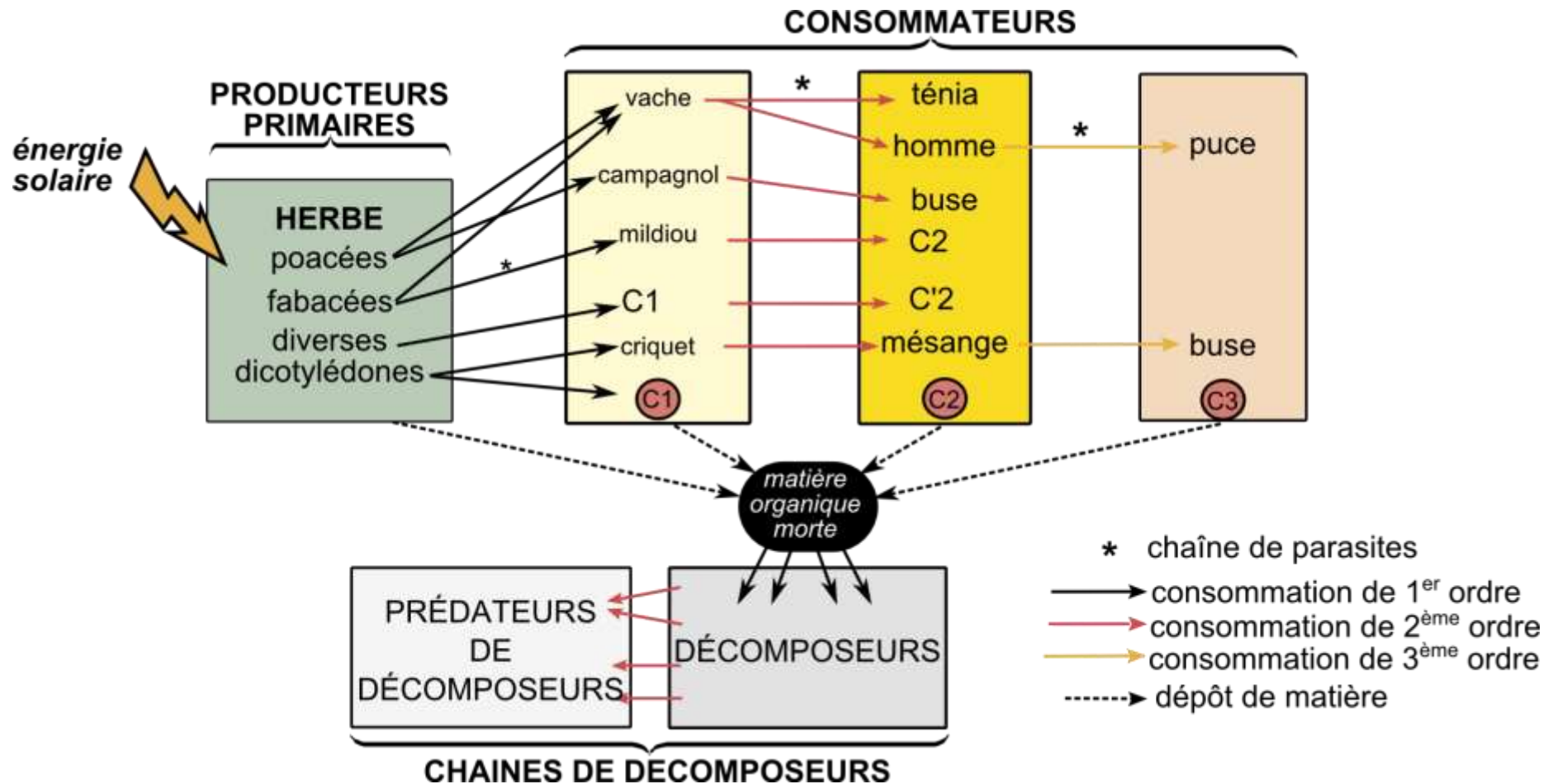


Ligninololyse par les Eumycètes

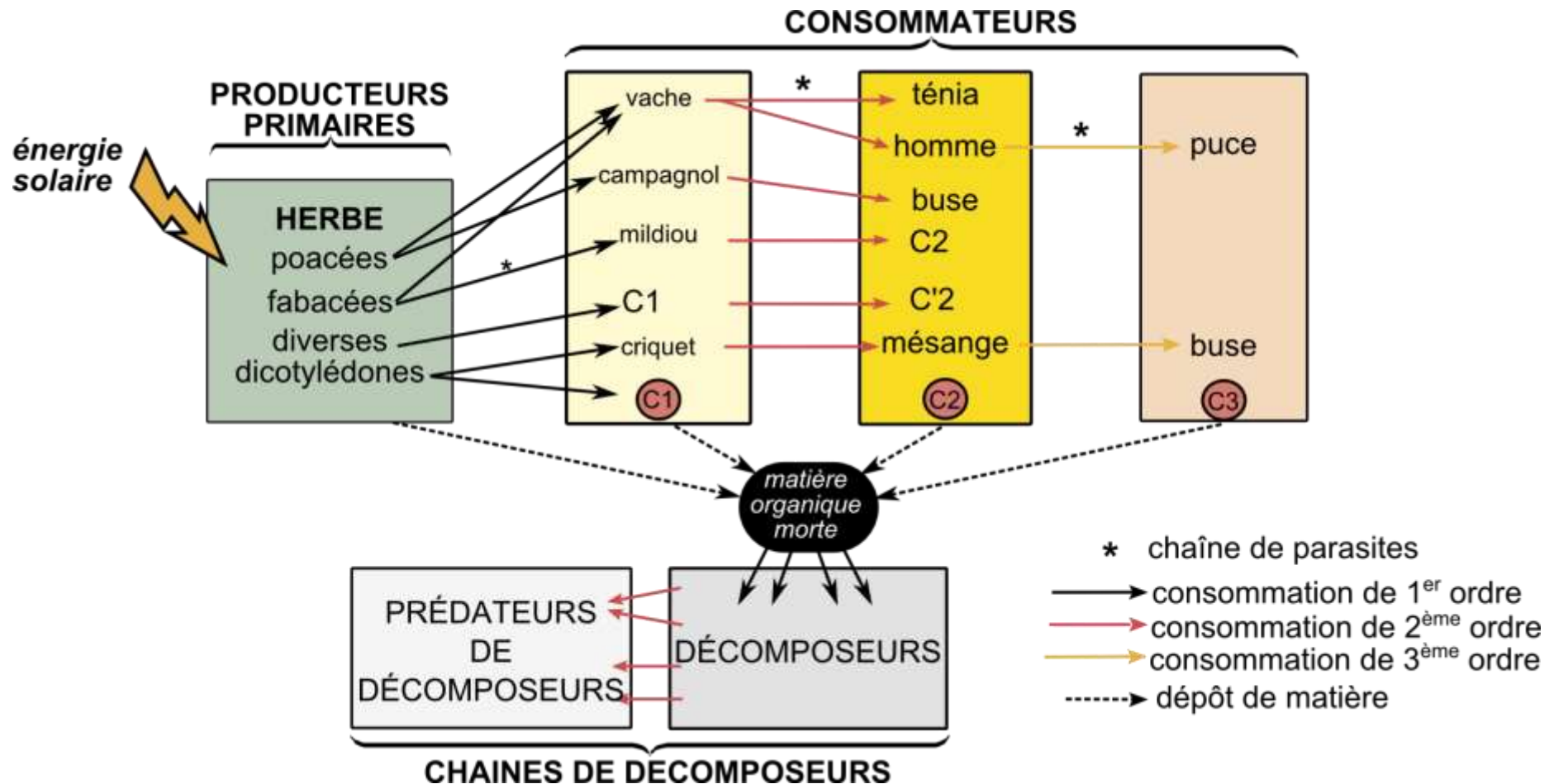
Réseau trophique de la prairie (simplifié ☺)



Document 18. Représentation très simplifiée du réseau trophique d'une prairie.



Document 18. Représentation très simplifiée du réseau trophique d'une prairie.



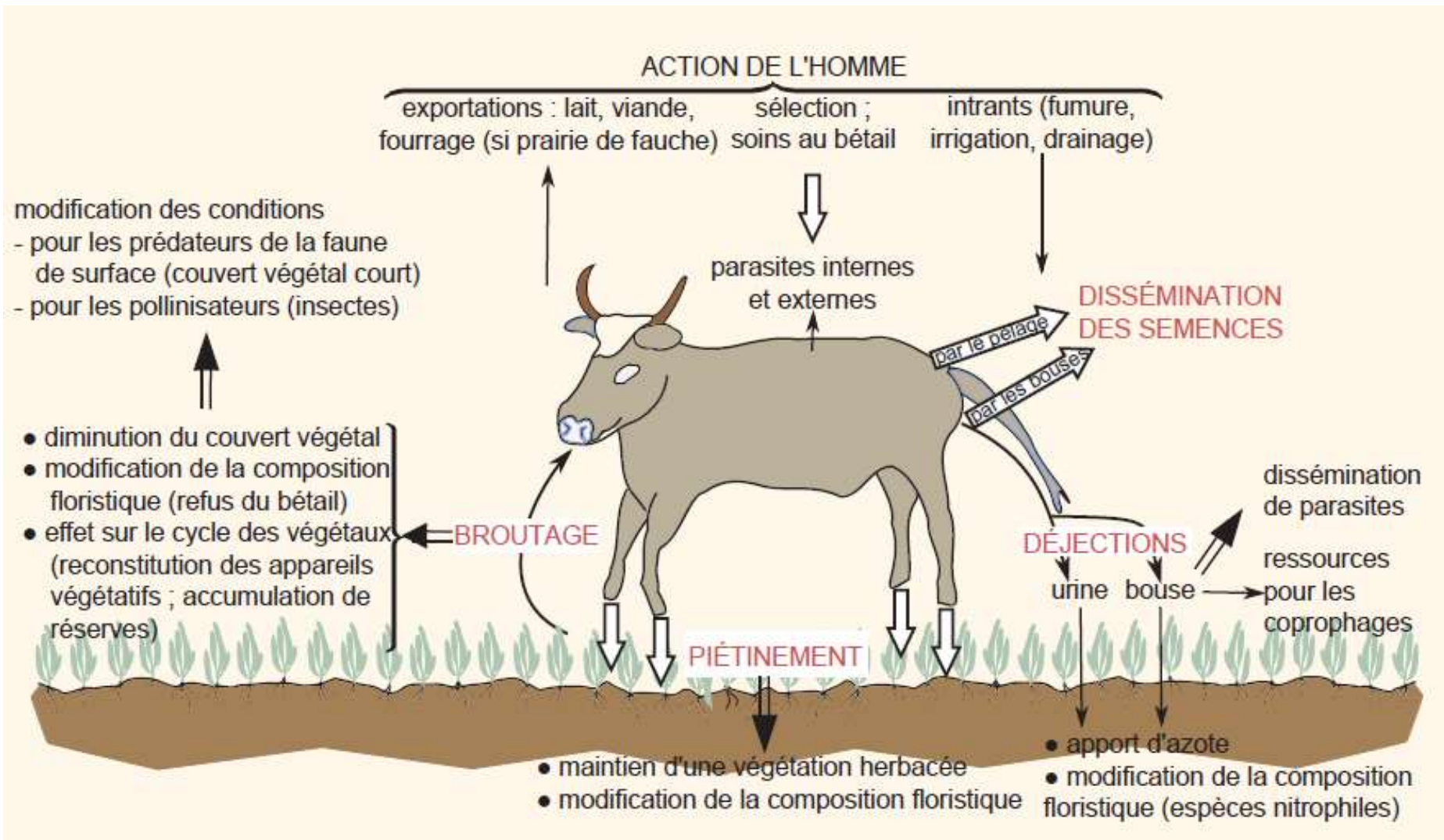
Connectance d'un réseau (densité de liaisons) : rapport de l'ensemble des liens trophiques réalisés sur l'ensemble des liens possibles :

$$C = L / S^2$$

L : nombre de liens trophiques réalisés

S : richesse spécifique = nombre de nœuds dans le réseau ; S^2 = nombre de liens possibles

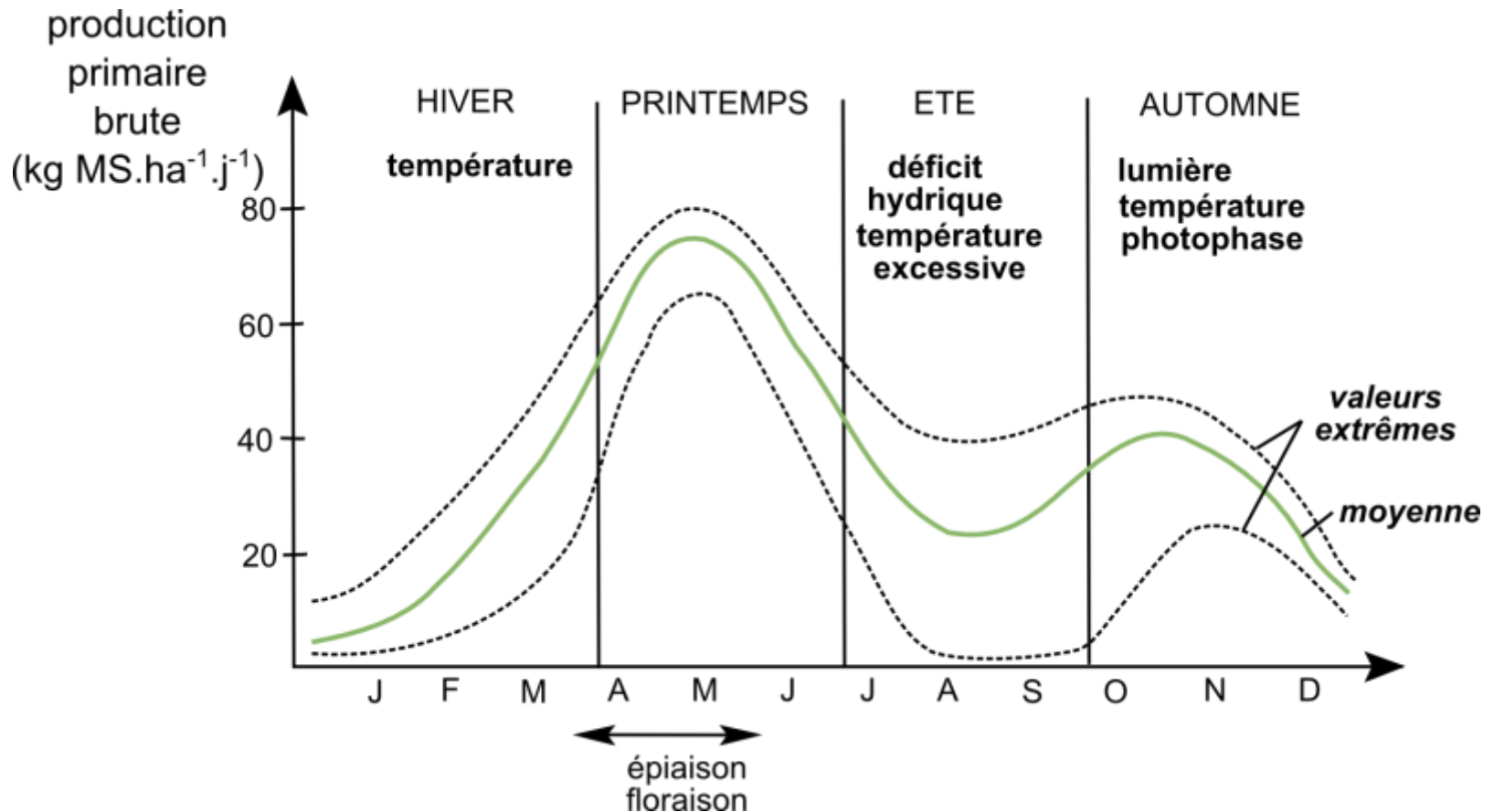
Document 19. La vache : une espèce clef de voûte de l'écosystème prairial.





Prairies à l'abandon envahie par le genêt à balais (*Cytisus scoparius*)

Document 20. Production primaire brute d'une prairie au cours d'une année.



La vache transforme de l'herbe... en vache !

Production (exportée)

3 t de lait + 130 kg de viande
soit **9 GJ**
(éq. 360 kg de charbon)

Biomasse produite par la prairie (photosynthèse)

9 t MS
soit **75 GJ**
(éq. 3 t de charbon)

Respiration et autres pertes

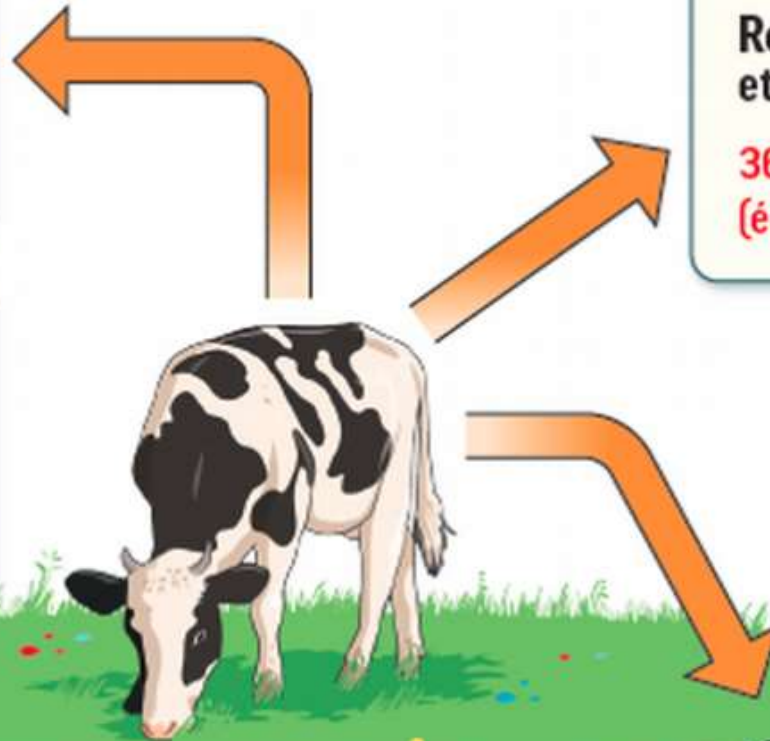
36 GJ
(éq. 1460 kg de charbon)

Alimentation

8 t MS
soit **63 GJ**
(éq. 2,5 t de charbon)

Excréments

2,1 t MS
soit **17 GJ**
(éq. 693 kg de charbon)

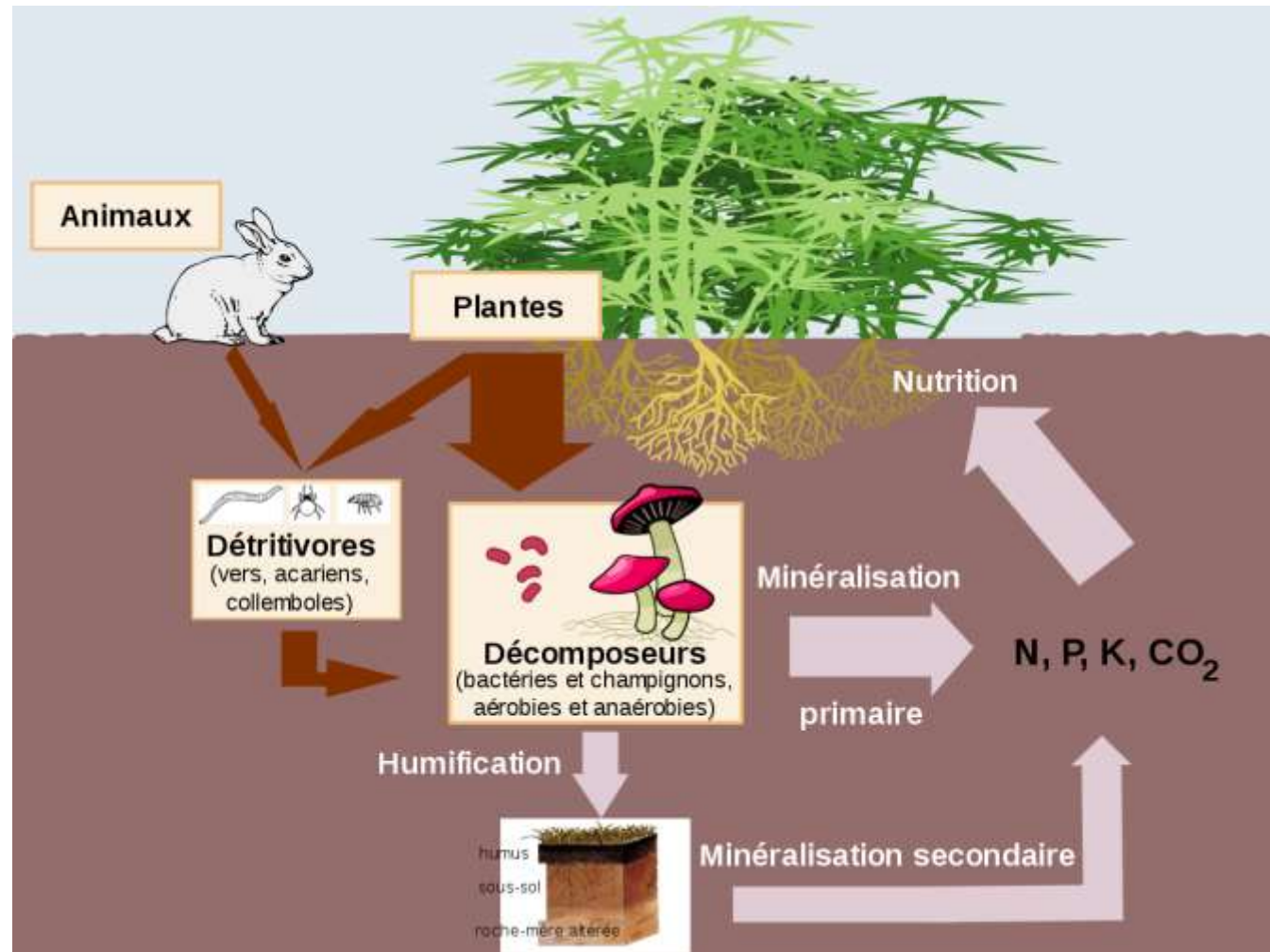


La nécromasse et son devenir

Nécromasse :

litière

- **molécules organiques simples** (acides aminés, oses...)
- **biopolymères** (cellulose, lignine, amidon, protéines...)
- **humus (90 % de la MO du sol)** : composés de haut poids moléculaire



Quelques animaux du sol

Nématode



0,1 mm

Acarien



0,5 mm

Collembole



1 mm

Tardigrade



1 mm

Pseudoscorpion



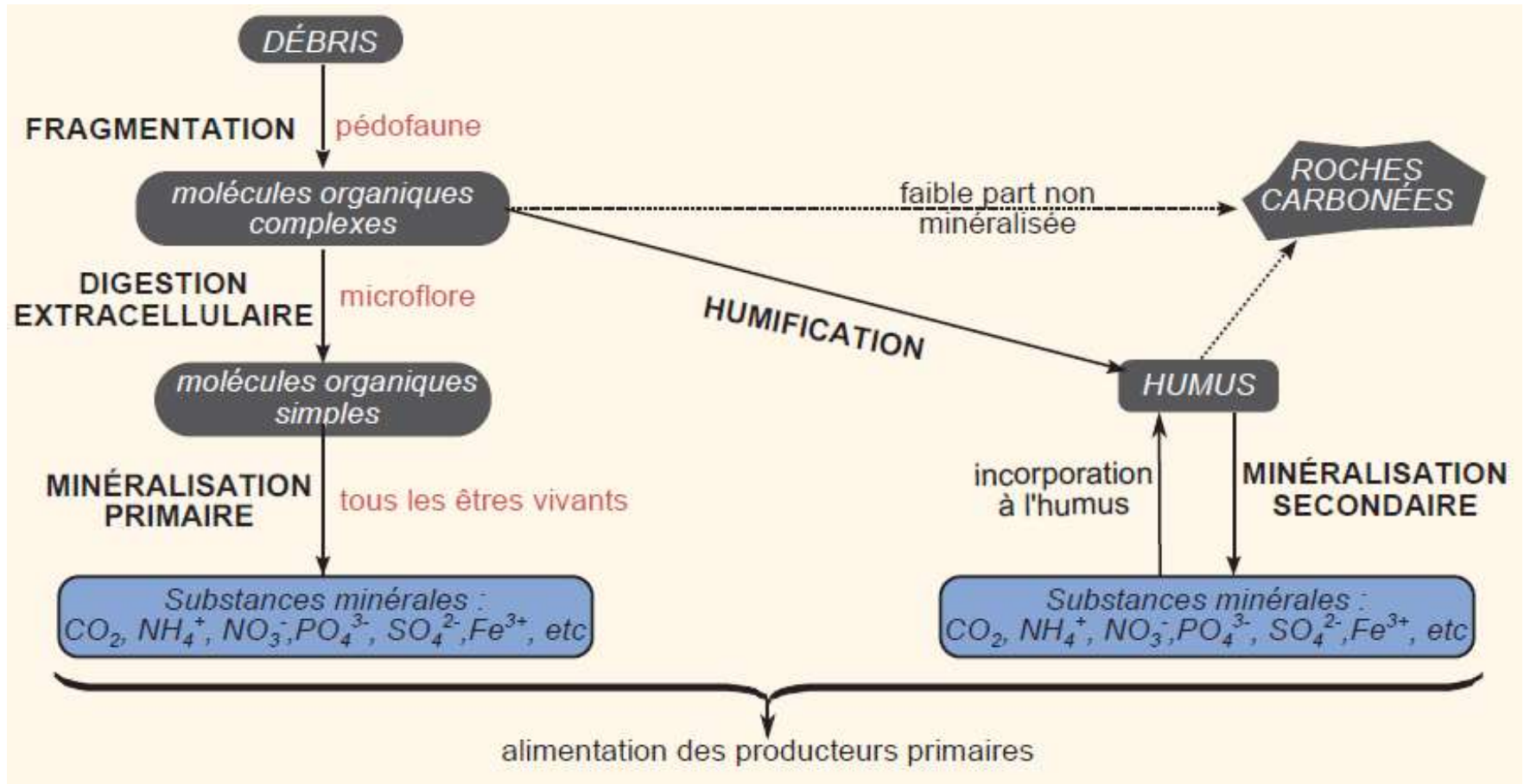
2 mm

Photo Clara Martin

Pédofaune d'une prairie pâturée.

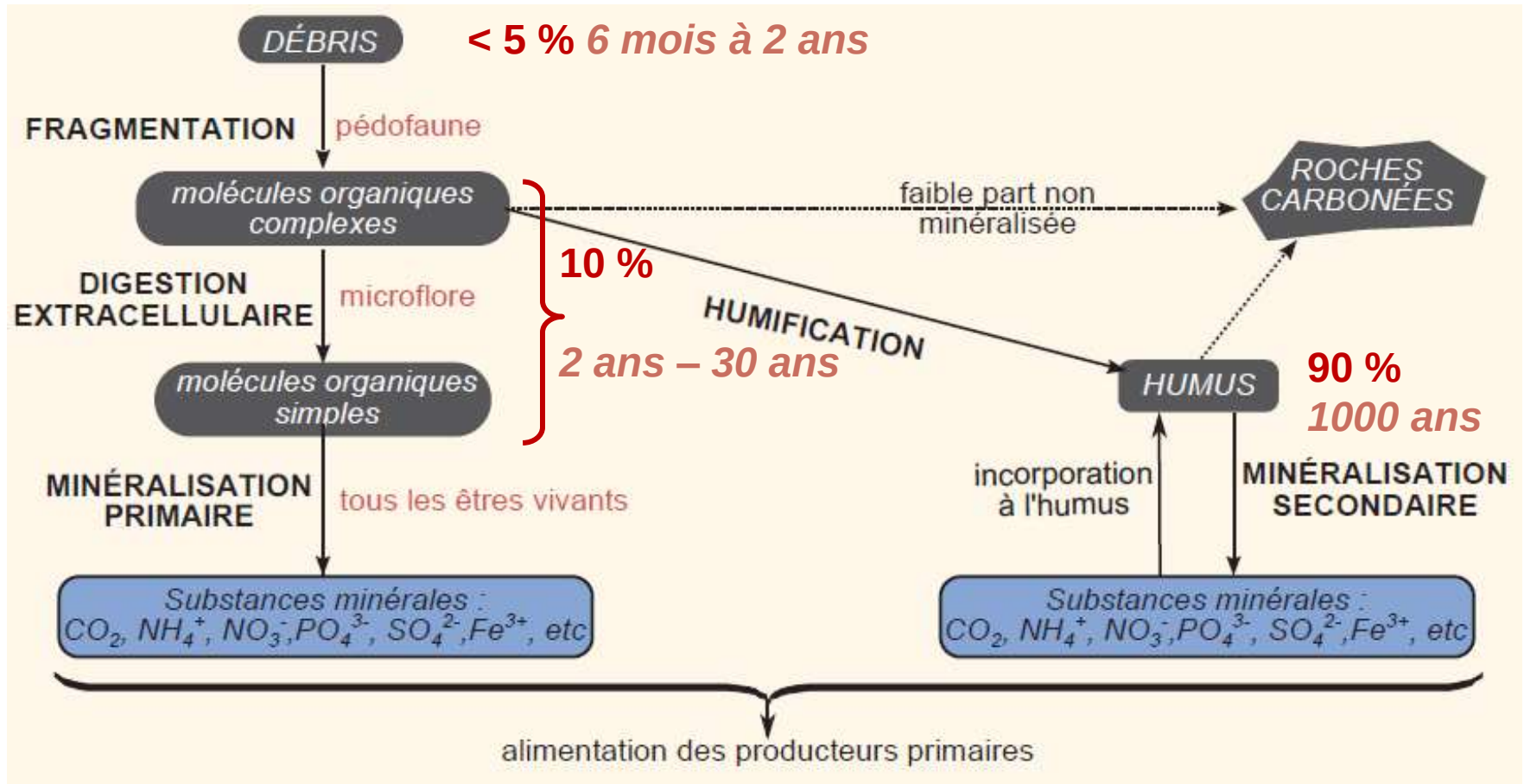
Pédofaune	Phylums	Fonction principale	Régime alimentaire
Microfaune < 0,2 mm	Protozoaires Nématodes	Consommateurs de micro-faune ; stimulation de son renouvellement	Débris : de végétaux, d'animaux (cadavres, déjections) Microflore
Mésafaune de 0,2 à 4 mm	Vers Enchytréides Petits arthropodes : acariens,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

Document 21. Minéralisation et humification.

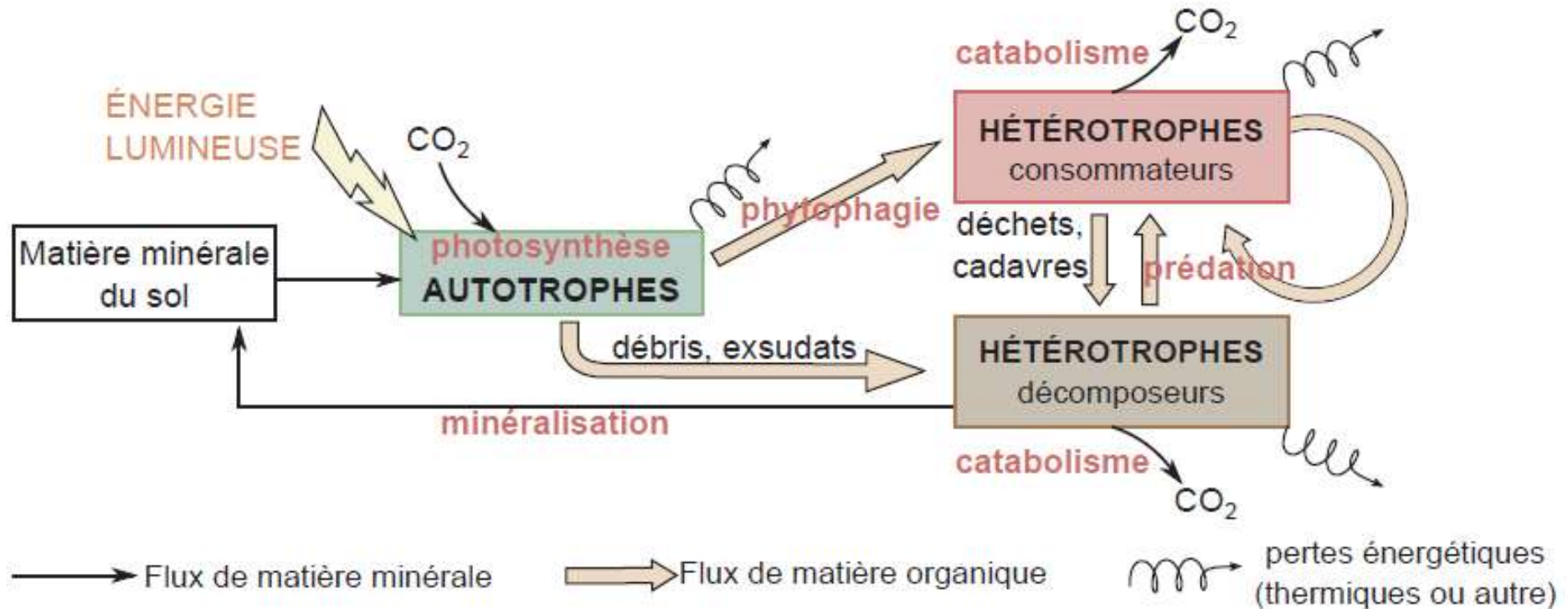


Document 21. Minéralisation et humification.

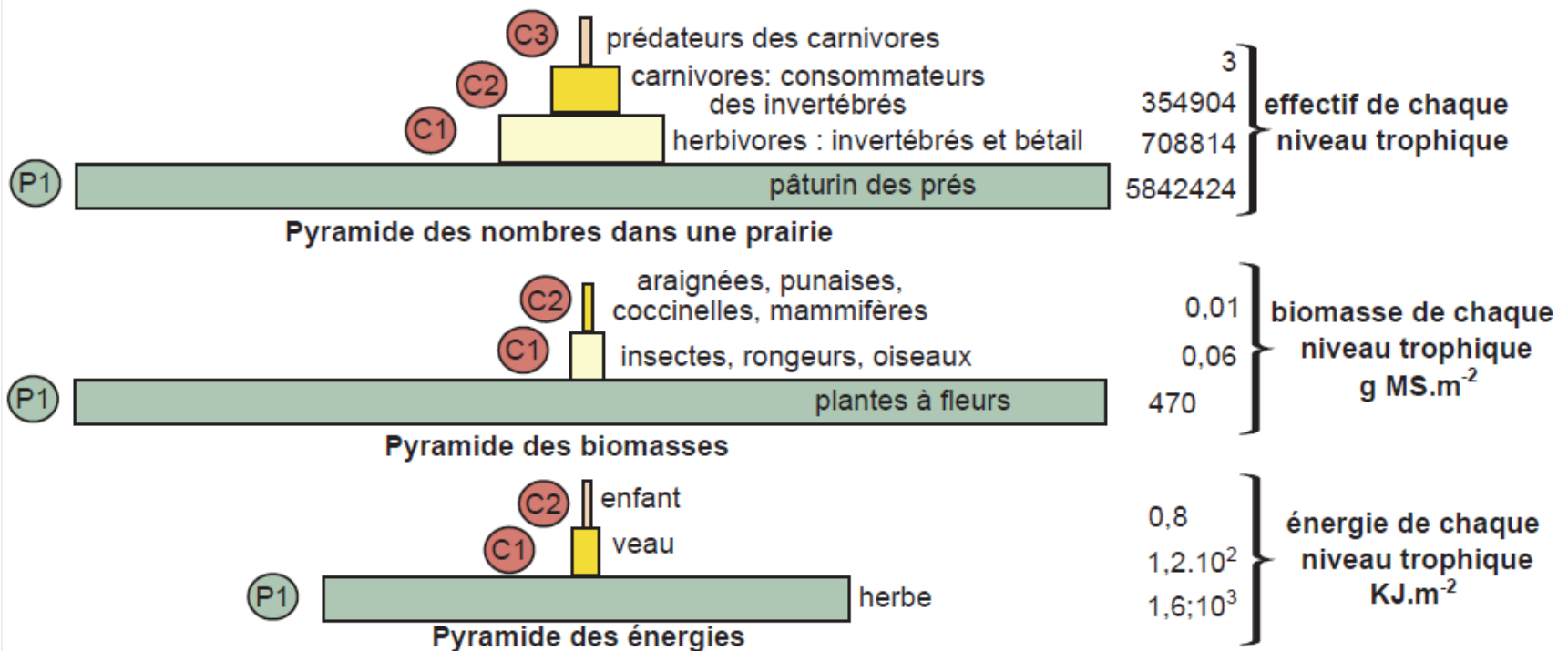
Pourcentage de la nécromasse
Temps de séjour



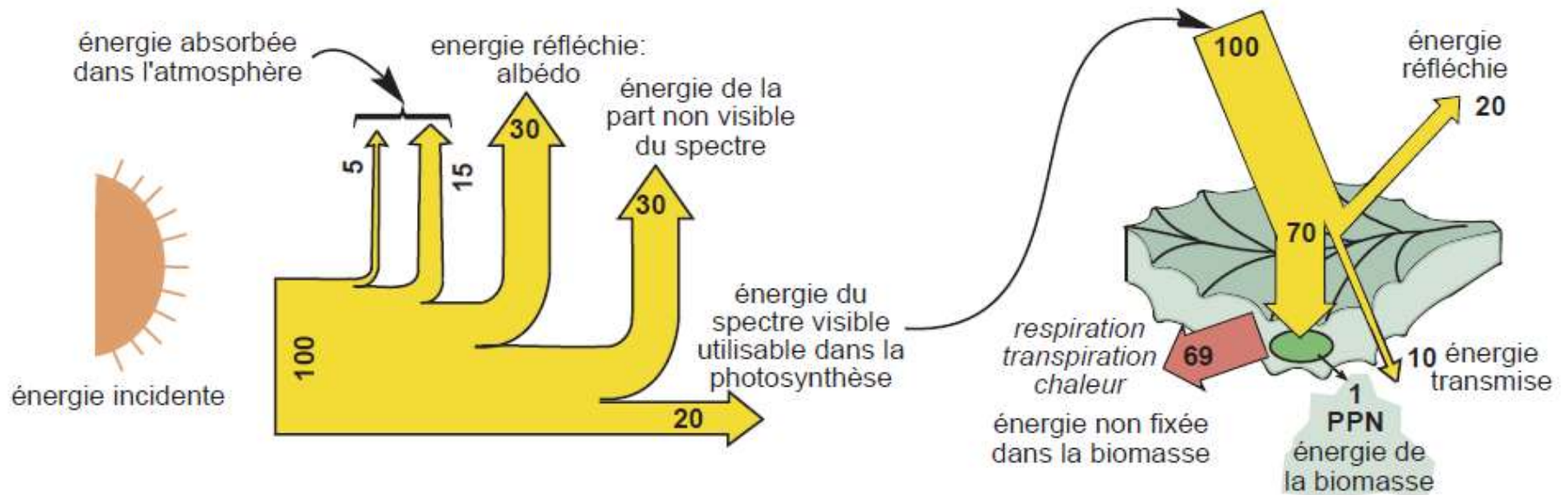
Document 22. Flux de matière dans un écosystème.



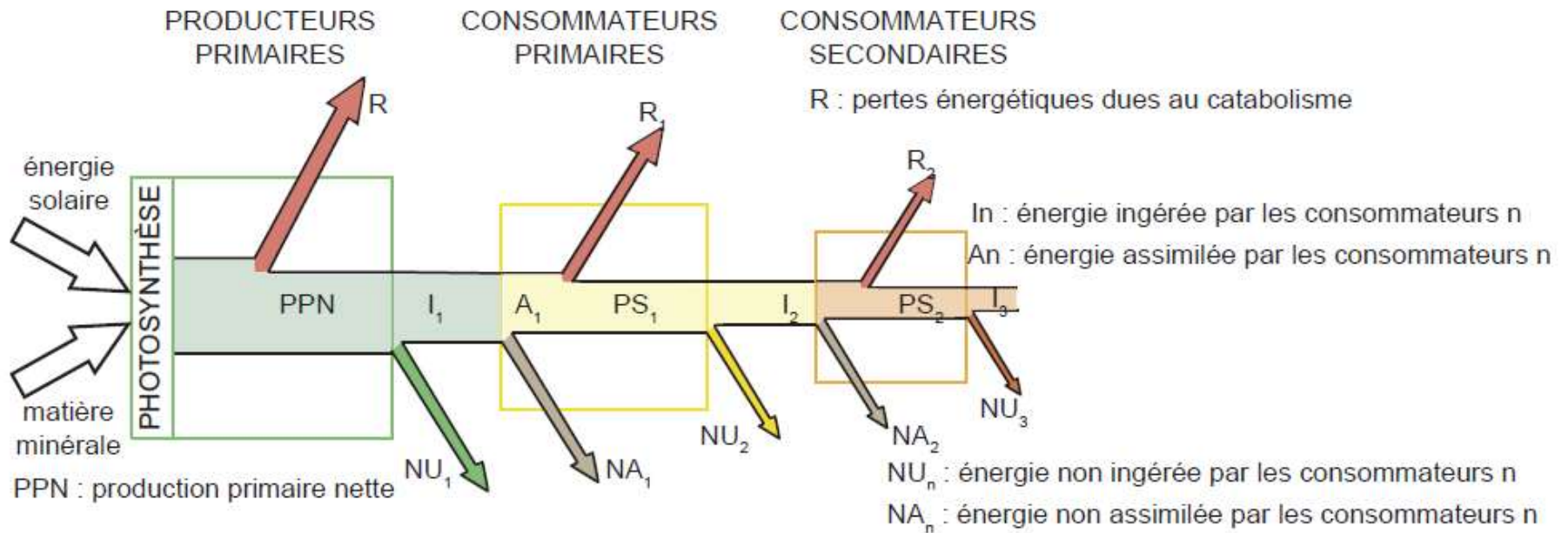
Document 23. Exemples de pyramides écologiques.



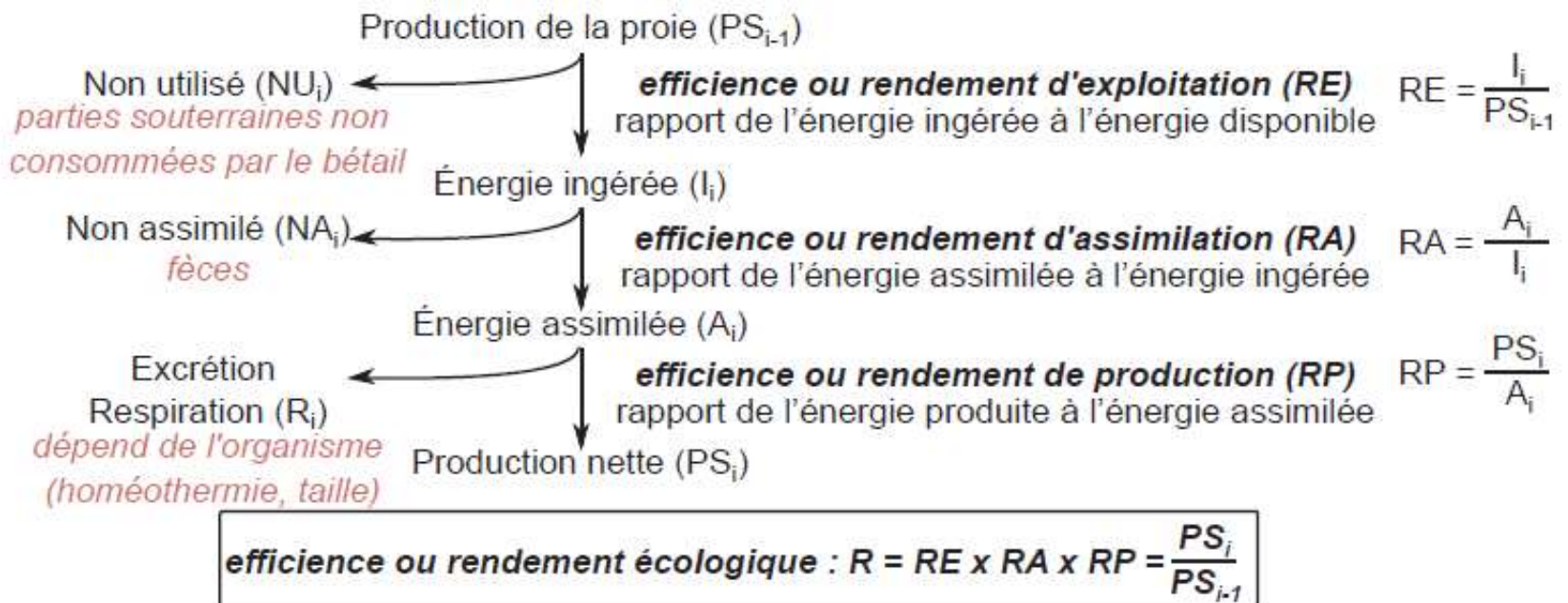
Document 24. De l'énergie solaire à la biomasse des producteurs primaires.



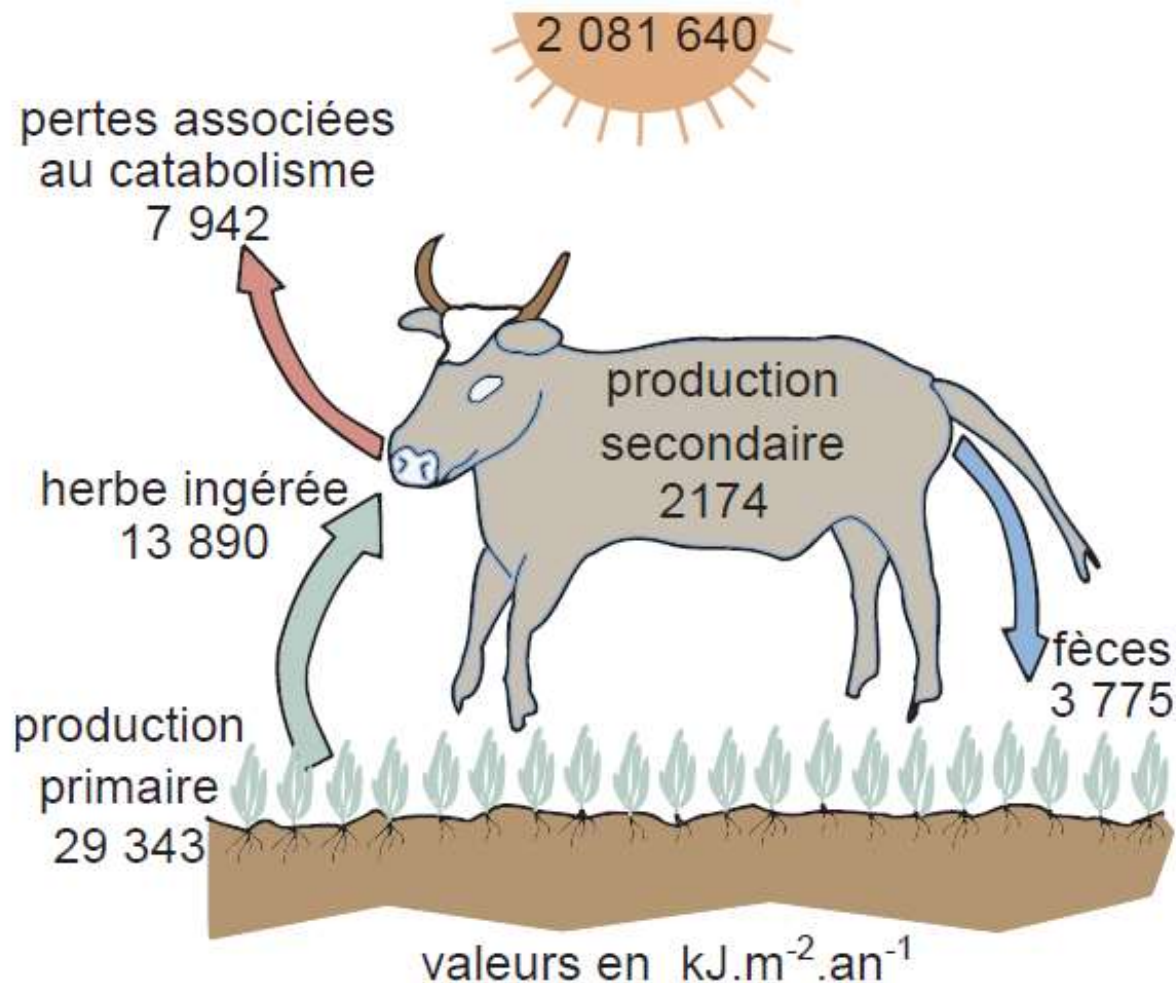
Document 25. Transferts d'énergie dans un réseau trophique.



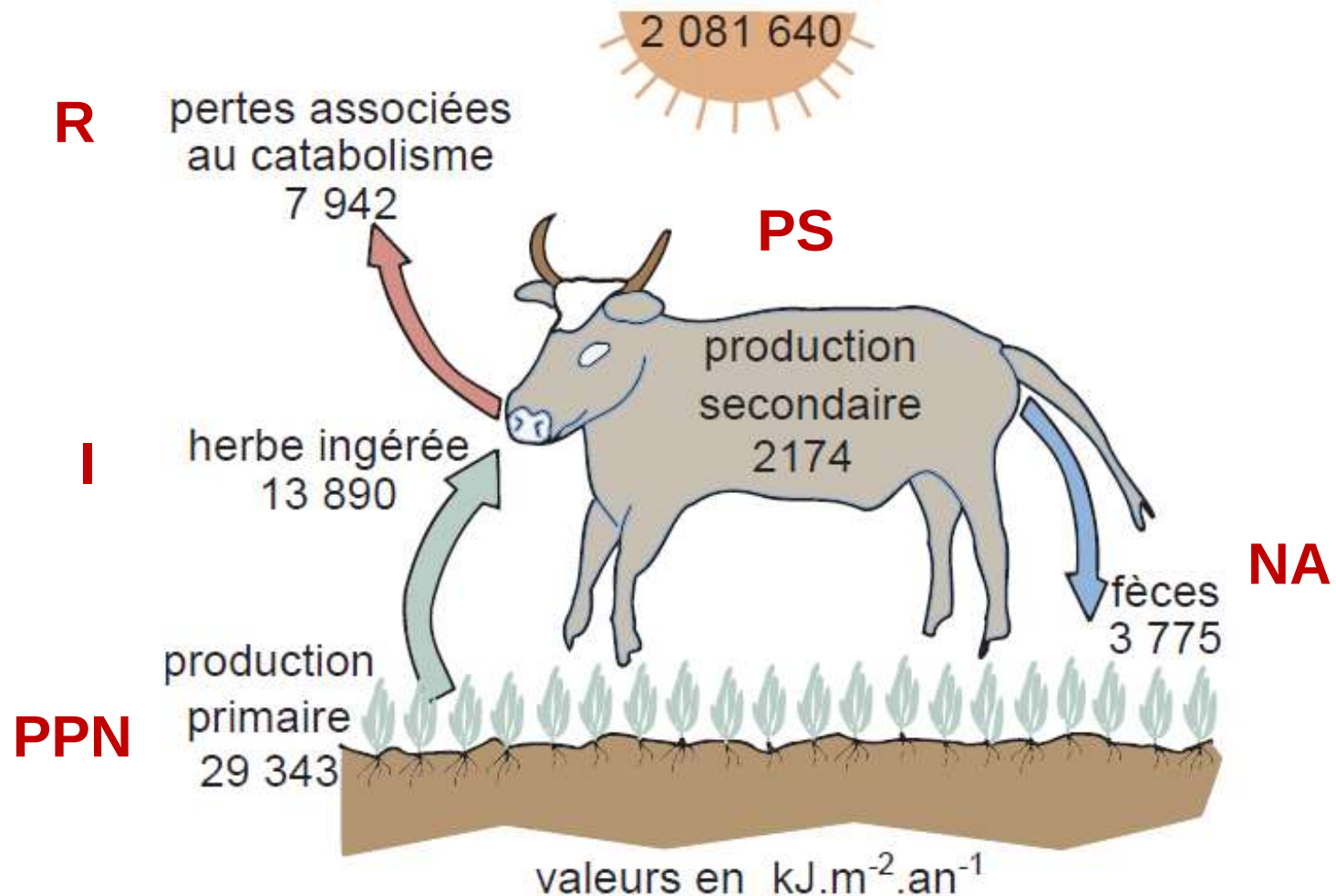
Document 26. Rendements des transferts d'un niveau trophique au niveau supérieur.



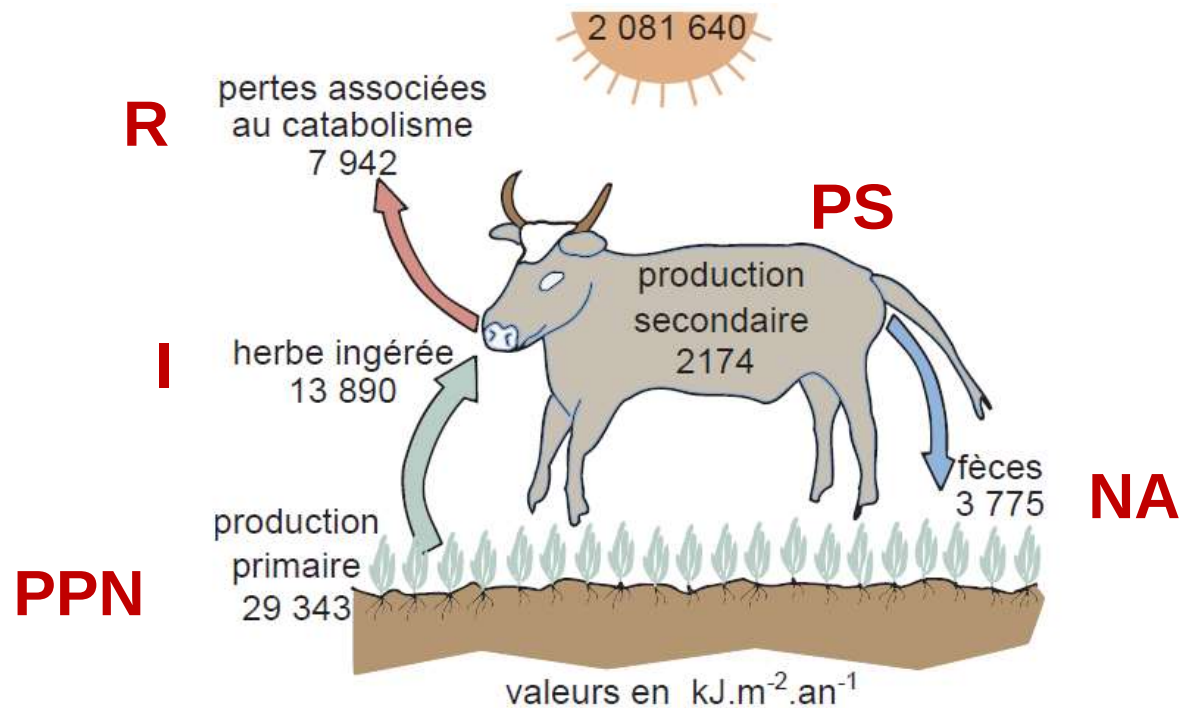
Document 27. Bilan énergétique dans une prairie normande (d'après Ricou, 1978).



Document 27. Bilan énergétique dans une prairie normande (d'après Ricou, 1978).

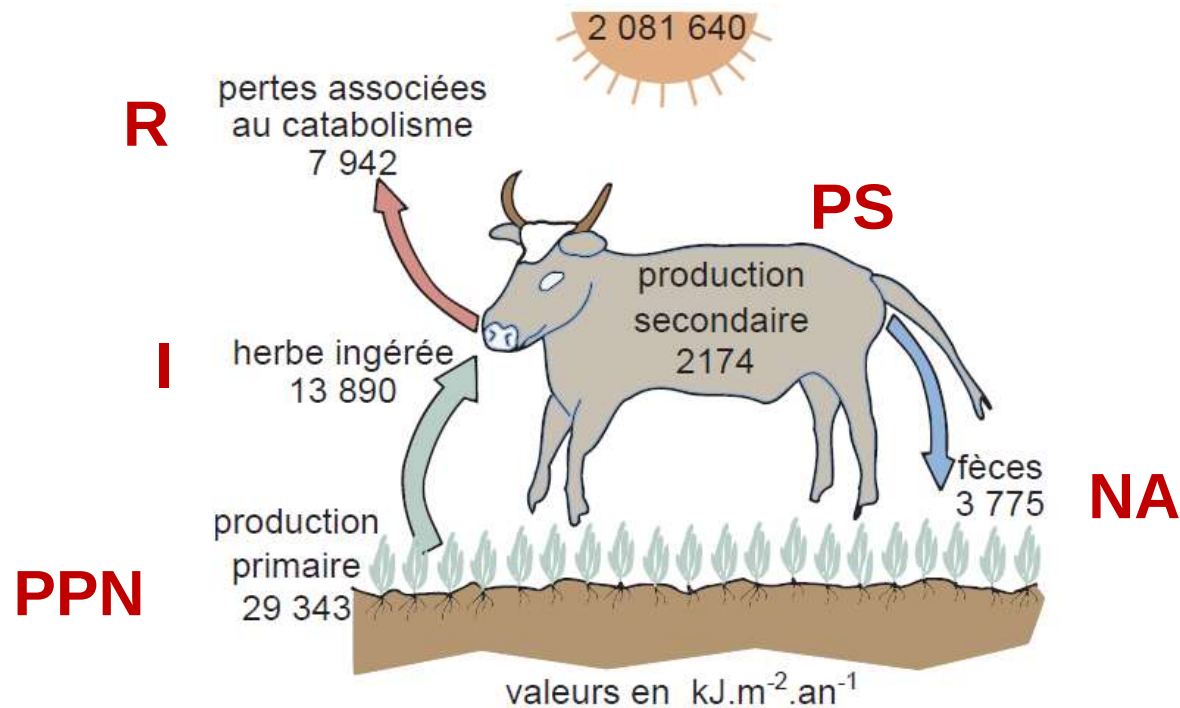


Document 27. Bilan énergétique dans une prairie normande (d'après Ricou, 1978).



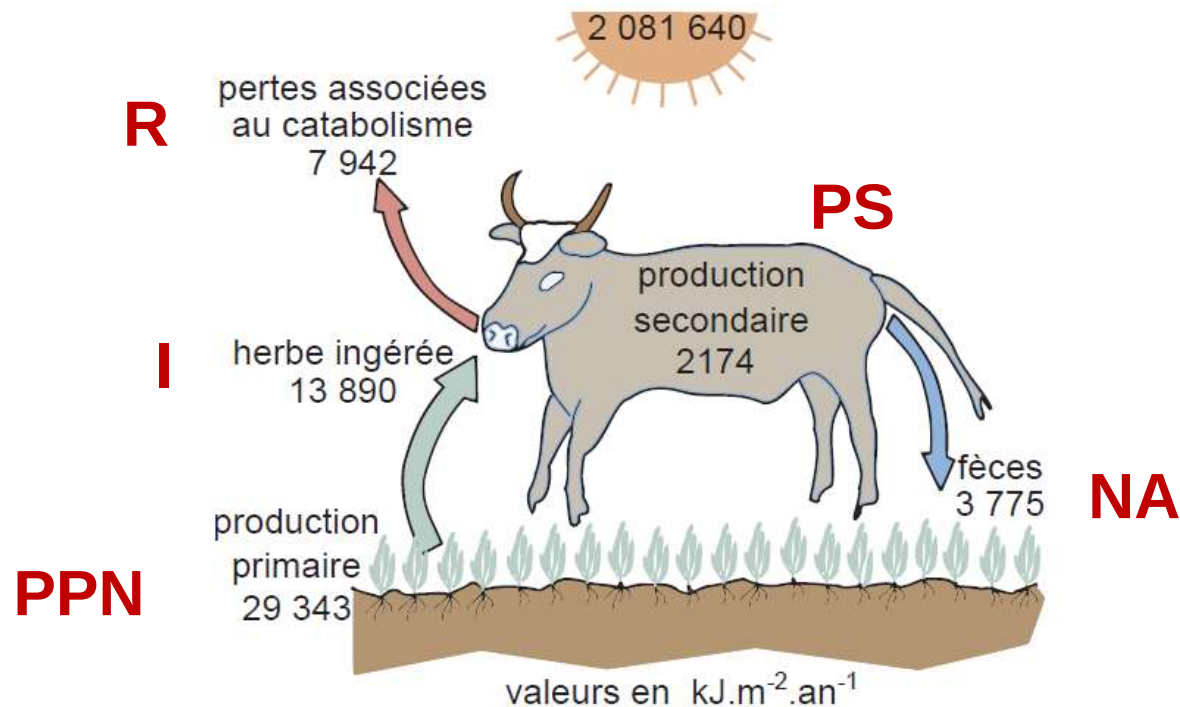
Rendement d'exploitation RE	Rendement d'assimilation RA	Rendement de production RP	Rendement écologique R
RE =	RA =	RP =	R =

Document 27. Bilan énergétique dans une prairie normande (d'après Ricou, 1978).



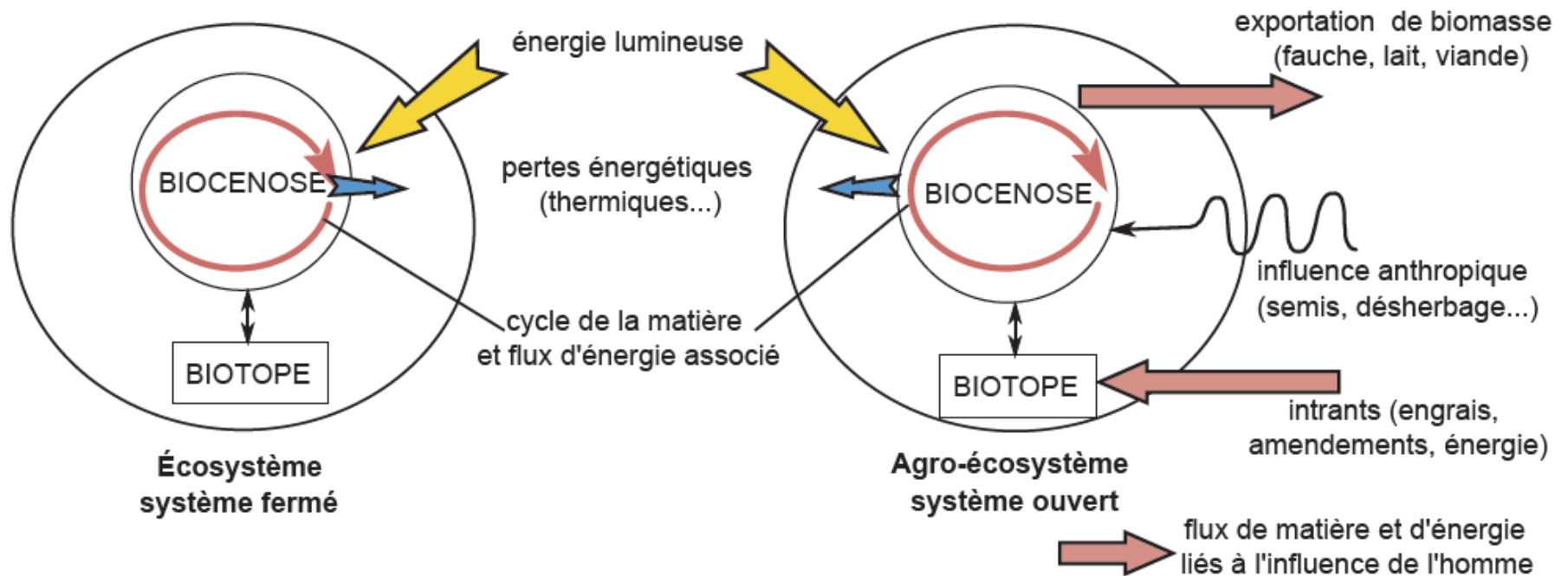
Rendement d'exploitation RE	Rendement d'assimilation RA	Rendement de production RP	Rendement écologique R
$RE = I / PPN$	$RA = (I - NA) / I$	$RP = PS / (I - NA)$	$R = PS / PPN$

Document 27. Bilan énergétique dans une prairie normande (d'après Ricou, 1978).



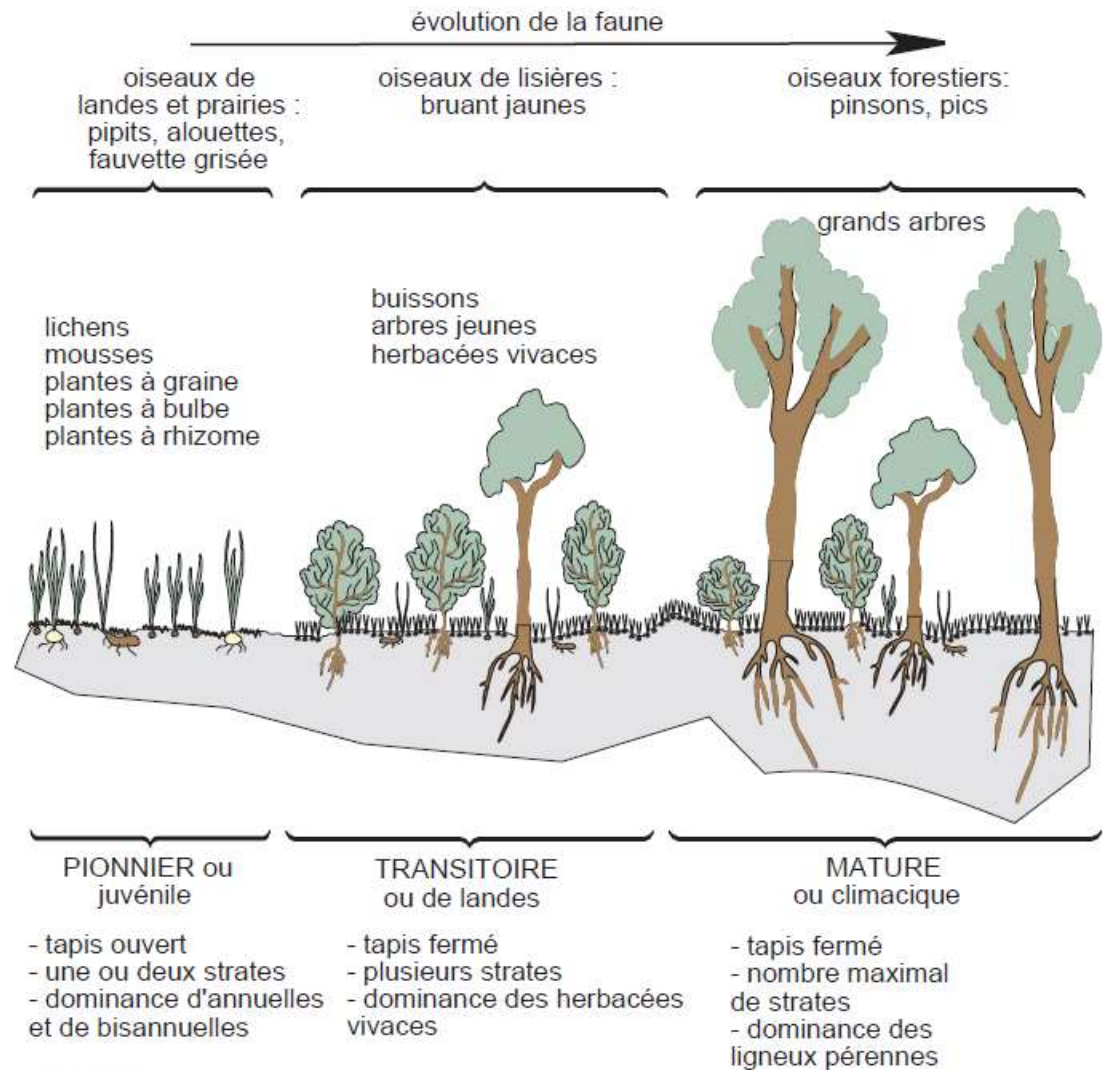
Rendement d'exploitation RE	Rendement d'assimilation RA	Rendement de production RP	Rendement écologique R
$RE = I / PPN$	$RA = (I - NA) / I$	$RP = PS / (I - NA)$	$R = PS / PPN$
13890 / 29343 ≈ 50 %	(13890-3775) / 13890 ≈ 70 %	2174 / (13890-3775) ≈ 20 %	2174 / 29343 ≈ 7 %

Document 28. Comparaison écosystème / agrosystème.

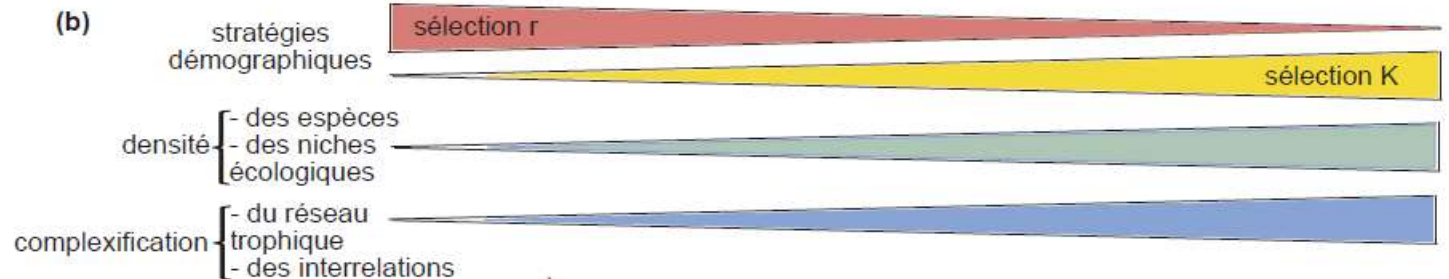


Document 29. Evolution d'un écosystème.

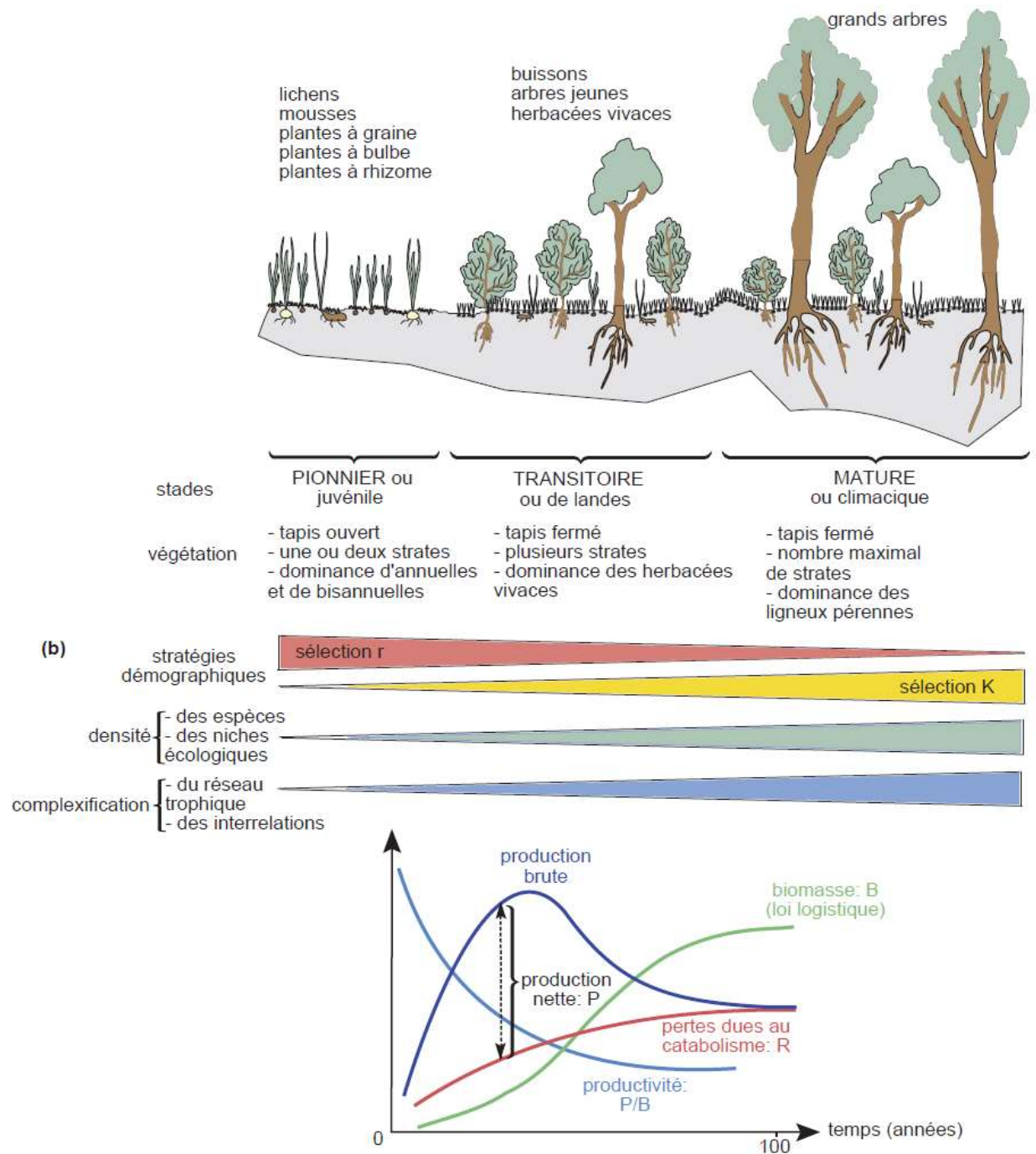
(a)



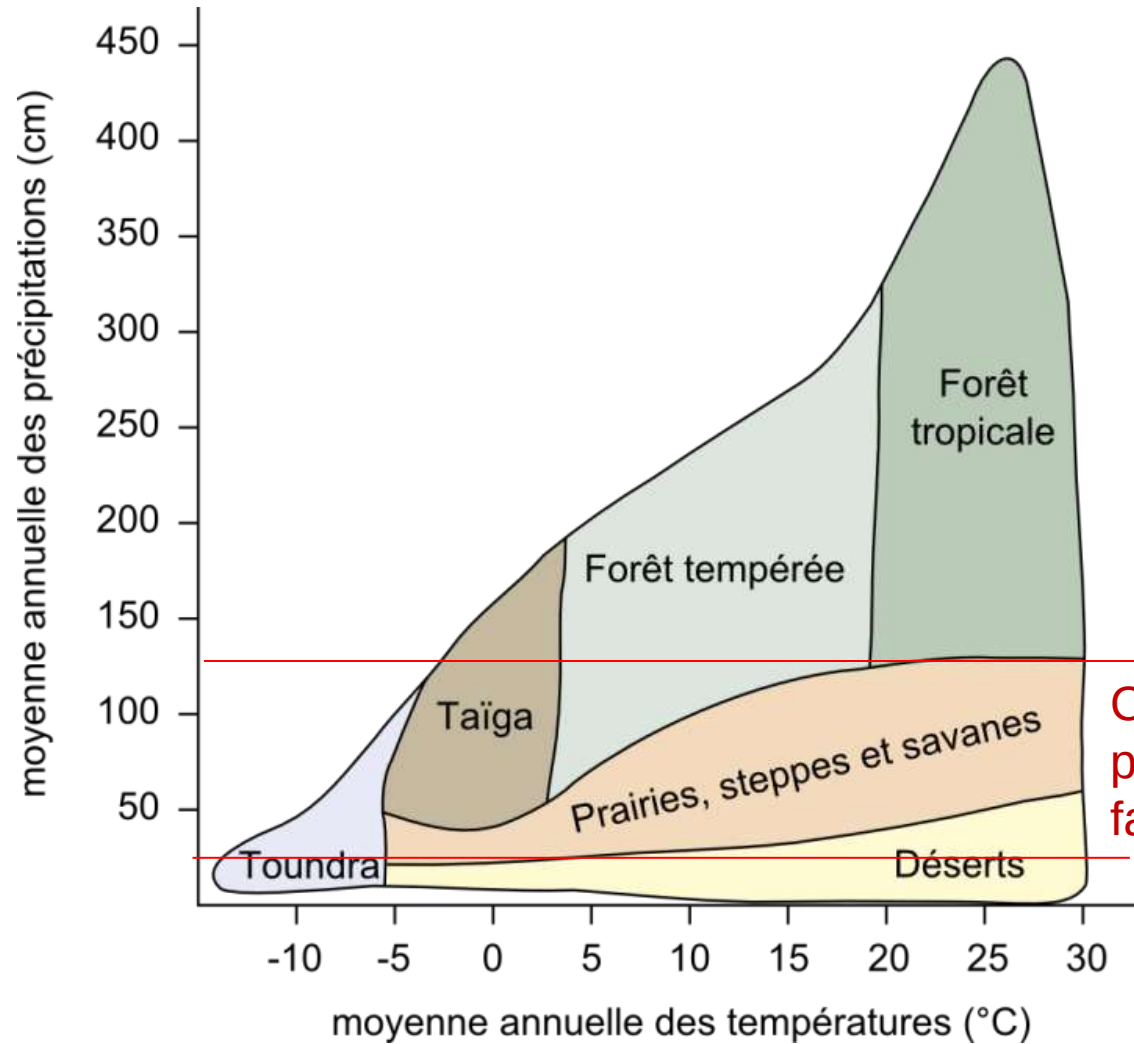
(b)



Document 29. Evolution d'un écosystème.



Les grands biomes terrestres



Conditions de pluviométrie favorables aux prairies

Des perturbations peuvent menacer la stabilité d'un écosystème :

Perturbation : évènement qui modifie les relations entre les composantes de l'écosystème (biotope et biocénose)

- **Modification du milieu physique** (érosion...)
- **Destruction de biomasse** (incendie, tempête...)
- **Surexploitation** (surpâturage...)
- **Afflux de ressources nutritives** (en milieu aquatique, prolifération d'algues)



→ **Origine naturelle : climatique, géologique ou biotique**

→ **Origine anthropique**

Résistance : capacité d'un écosystème à maintenir son état initial à la suite d'une perturbation



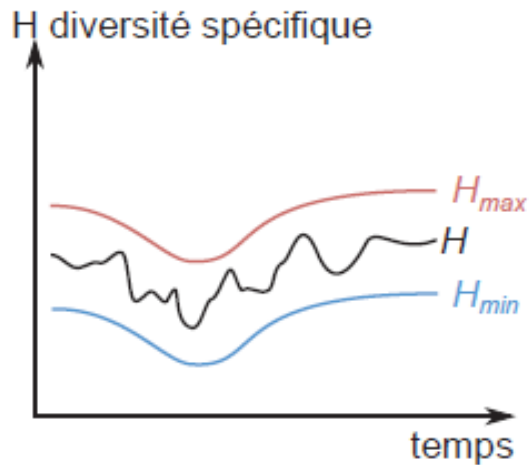
Exemple : chablis à la suite d'une tempête

La stabilité d'un écosystème peut être renforcée par des perturbations périodiques d'intensité limitée

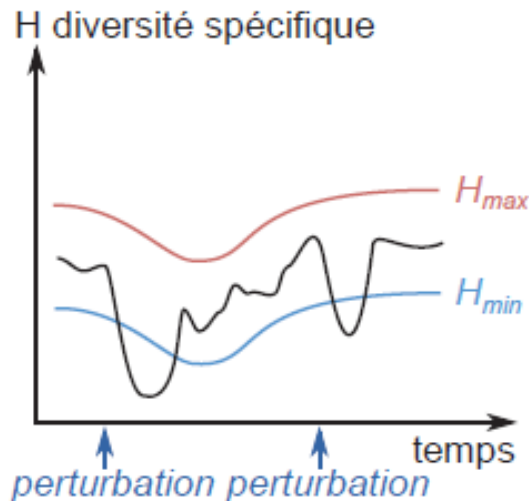


Exemple : zones de refus dans un pâturage, qui contribuent à augmenter la diversité de la biocénose
→ Augmentation de la stabilité de l'écosystème

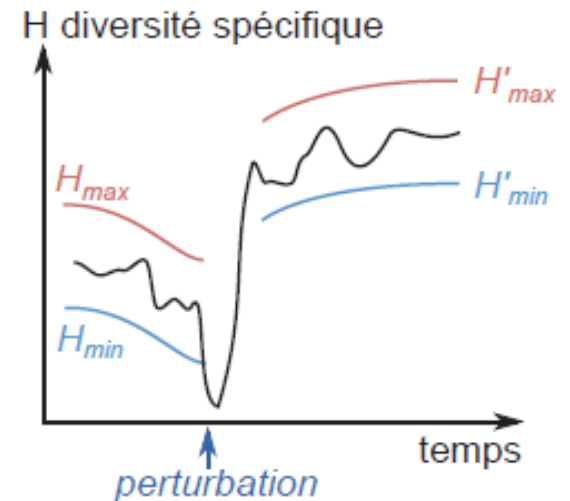
Document 30. Résilience d'un écosystème.



(a) Équilibre dynamique
dans l'intervalle $[H_{\max} - H_{\min}]$
système métastable



(b) Retour à l'équilibre
après une perturbation
système résilient



(c) Modification de l'équilibre
après une perturbation
système non résilient

Résilience : capacité de l'écosystème à revenir par étapes à son état d'équilibre initial après une perturbation.

Importance de la gestion des écosystèmes

- **Motifs économiques**

- Production agricole → aliments, matériaux de construction
- Biodiversité → aliments, médicaments, biotechnologies (utilisation de microorganismes)
- Biodiversité → fertilité des sols, épuration des eaux, cycles du C, de l'N, de l'eau...
- Attrait des paysages → tourisme

- **Motifs éthiques et patrimoniaux**

- Principe d'équité entre les générations
- Préservation des différentes formes de vie

Quatre grands types de **services écosystémiques** :

- **services de provisionnement**
- **services apparentés à la régulation**
- **services culturels**
- **services de support ou auto-entretien**

Document 31. Quelques fonctionnalités et services liés aux pratiques agricoles.

Fonctionnalité	Service écologique
Utilisation des successions culturales, des effets allélopathiques	Réduction des pollutions liées à l'emploi d'herbicides dangereux et aux effets sanitaires associés
Utilisation de la biodiversité pour la lutte biologique et la lutte intégrée contre les ravageurs	Réduction des pollutions dues à des insecticides
Techniques culturales et aménagements du milieu pour favoriser l'infiltration des eaux et limiter le ruissellement	Fourniture de réserves en eau Amélioration de la filtration des eaux
Enrichissement de la biodiversité générale	Amélioration de la valeur écologique d'un sol Amélioration de la résilience de l'agrosystème