

Jean-François Beaux | Thierry Darribère | Christiane Perrier | Pierre Peycru
B. Augère | J.-M. Dupin | J.-F. Fogelgesang | C. van der Rest

BIOLOGIE GÉOLOGIE

BCPST 1 ET 2

TOUT-EN-FICHES

l'intégrale

DUNOD

Conception et création de couverture : Nicolas Wiel

Maquette intérieure : Yves Tremblay

Photos de couverture :

- Vache limousine : Pierre-Louis Toutain
- Glacier Perito Moreno, parc national Los Glaciares (Patagonie argentine) : Jean-François Beaux
- Roche : Péridotite (LPA), ophiolite d'Oman : Jean-François Beaux

© Dunod, 2023

11 rue Paul Bert, 92240 Malakoff

www.dunod.com

ISBN 9782100859399

Le Code de la propriété intellectuelle n'autorisant, aux termes de l'article L. 122-5, 2° et 3° a), d'une part, que les « copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective » et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, « toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite » (art. L. 122-4).

Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles L. 335-2 et suivants du Code de la propriété intellectuelle.

| Avant-propos

Cette nouvelle édition du Tout-en-fiches de Biologie-Géologie, conforme aux nouveaux programmes, est une aide précieuse pour acquérir une vision synthétique de l'ensemble des chapitres. La présentation sous forme de fiches de deux ou quatre pages constitue un outil efficace pour maîtriser toutes les notions fondamentales des deux années de BCPST.

L'ouvrage associe trois parties relatives aux trois grandes thématiques du programme : Biologie, Géologie et Biogéosciences. La plupart des fiches exposent notions et schémas essentiels. Elles sont complétées par d'autres fiches présentant les techniques et les méthodes couramment abordées en Biologie, ainsi que les outils et les supports les plus fréquemment utilisés en Géologie. Ces dernières sont alors illustrées à partir d'exemples extraits de divers sujets de concours. Des renvois entre les fiches sont proposés par un numéro sur un fond de couleur qui identifie la partie (Biologie 16, Géologie 3, Biogéosciences 7, Fiches techniques 4).

Des lexiques consignent les termes fondamentaux de la Biologie, de la Géologie et des Biogéosciences. Cet ouvrage ne substitue pas aux manuels Tout-en-Un de Biologie-Géologie de la collection *J'intègre*. Il les complète en offrant une vision renouvelée des thèmes du programme, dans une approche plus synthétique et plus globale. Il vous sera d'une très grande utilité tout au long de l'année pour consolider vos connaissances et lors de vos révisions.

| Remerciements

La rédaction de cet ouvrage est le fruit de l'expérience acquise et d'une réflexion enrichie lors de l'élaboration des Tout-en-un de Biologie-Géologie, alors conduite avec une équipe élargie. Que tous les acteurs ayant participé aux ouvrages de Biologie-Géologie Tout-en-un de 1^{re} et 2^e années reçoivent ici l'expression de notre vive reconnaissance :

Arnaud Bouffier, Professeur en BCPST au lycée A. Châtelet à Douai ;
Laurie Bougeois, Professeure en BCPST au lycée E. d'Alzon à Nîmes ;
Romain Bousquet, Professeur CAU Kiel - www.geodynamips.eu,
Pascal Carrère, Ingénieur de recherche à INRAE ;
Sylvain Coq, Agrégé, Maître de conférences à l'Université de Montpellier ;
Joseph Démaret-Nicolas, Professeur en BCPST au lycée Chaptal à Paris ;
Emmanuel Douzery, Professeur à l'Université de Montpellier ;
Agnès Emond, Professeure en BCPST au lycée Sainte Geneviève à Versailles ;
Sylvie Hurtrez-Boussès, Professeure à l'Université de Montpellier ;
Stéphane Maury, Professeur à l'université d'Orléans ;
Olivier Monnier, Professeur en BCPST au lycée Joffre à Montpellier ;
Thierry Soubaya, Professeur en BCPST au lycée Ozenne à Toulouse ;
Anne Vergnaud, Professeure en BCPST au lycée Fermat à Toulouse ;
Anne Woehrlé, Professeure en BCPST au lycée du Parc à Lyon.

Nos remerciements s'adressent aussi à l'équipe éditoriale qui a permis la réalisation de cet ouvrage : Emmanuelle Chatelet et Anne Pachiaudi ainsi qu'au compositeur Yves Tremblay.

Table des matières

Avant-propos et Remerciements	III
-------------------------------------	-----

Sciences de la vie 1

SV-A L'organisme vivant en lien avec son environnement

Fiche 1 Regards sur l'organisme animal : un bovidé	2
Fiche 2 Réalisation des grandes fonctions chez un bovidé	4
Fiche 3 Interrelations entre les fonctions vitales chez <i>Bos Taurus</i>	6
Fiche 4 Plans d'organisation des animaux et réalisation de leurs fonctions.....	8
Fiche 5 Regards sur un organisme angiosperme : une fabacée	10
Fiche 6 La vie des pluricellulaires en milieu aérien	12
Fiche 7 Les organismes unicellulaires	14

SV-B Interactions entre les organismes et leur milieu de vie

Fiche 8 Échanges gazeux respiratoires des métazoaires avec leur milieu	16
Fiche 9 Diffusion et convection dans les échanges gazeux respiratoires des animaux	18
Fiche 10 Convergences structurales et fonctionnelles lors de la respiration des animaux	20
Fiche 11 Transport des gaz respiratoires chez les mammifères	22
Fiche 12 Absorption d'eau et d'ions en lien avec le milieu de vie	24
Fiche 13 Équilibre hydrique des angiospermes	28
Fiche 14 Distribution des assimilats photosynthétiques au sein du végétal	30
Fiche 15 Les réserves des angiospermes.....	32
Fiche 16 Corrélations entre organes au sein du végétal	34
Fiche 17 Développement végétatif des angiospermes à l'interface sol/air	36
Fiche 18 Mécanismes cellulaires du développement des angiospermes	38
Fiche 19 Développement de l'appareil reproducteur des angiospermes	40
Fiche 20 Développement post-embryonnaire des angiospermes : adaptations et plasticité phénotypique	42

SV-C La cellule dans son environnement

Fiche 21 L'état pluricellulaire aux différentes échelles	44
Fiche 22 Les matrices extracellulaires (MEC)	46
Fiche 23 La compartimentation cellulaire.....	50
Fiche 24 Unité et diversité des cellules	52
Fiche 25 Le Cytosquelette	54
Fiche 26 Les flux au travers des cellules	56
Fiche 27 Membranes cellulaires : organisation, propriétés et interrelations structurales	58
Fiche 28 Échanges et membranes	60
Fiche 29 Membranes et vie de la cellule	62

SV-D Organisation fonctionnelle des molécules du vivant

Fiche 30 Les constituants du vivant	64
Fiche 31 Fonctions des lipides	66
Fiche 32 Fonctions des glucides	68
Fiche 33 Fonctions des nucléotides	70
Fiche 34 Macromolécules	72
Fiche 35 La conformation des protéines : origine et conséquences.....	74
Fiche 36 Les protéines : des structures dynamiques	76

SV-E Le métabolisme cellulaire

Fiche 37 Métabolisme et formes d'énergie de la cellule	78
Fiche 38 Approvisionnement des cellules en matière organique	80
Fiche 39 Conversion de l'énergie lumineuse	82
Fiche 40 Devenir de la matière organique	84
Fiche 41 L'ATP au cœur des processus énergétiques de la cellule	86
Fiche 42 Oxydoréduction et vie cellulaire	88
Fiche 43 Biosynthèses caractéristiques	90
Fiche 44 Les enzymes et la catalyse des réactions	92

SV-F Génomique structurale et fonctionnelle

Fiche 45 Organisation des génomes	94
Fiche 46 Les virus	96
Fiche 47 Duplication de l'ADN : conservation et variation	98
Fiche 48 Les divisions cellulaires chez les eucaryotes	100
Fiche 49 Les chromosomes au cours du cycle cellulaire	102
Fiche 50 Expression du génome : la transcription et son contrôle	104
Fiche 51 Expression du génome : la traduction	110
Fiche 52 Comparaison ADN / ARN	112
Fiche 53 Diversité des mutations et diversification des génomes	114
Fiche 54 Brassages génétiques et diversification des génomes	116

SV-G Reproduction

Fiche 55 La fleur des angiospermes	120
Fiche 56 Reproduction asexuée chez les angiospermes	122
Fiche 57 Reproduction et dispersion	124
Fiche 58 Le rapprochement des gamètes en lien avec le milieu de vie	126
Fiche 59 Complémentarité des gamètes lors de la fécondation chez les mammifères	128
Fiche 60 Cycles de reproduction sexuée	130

SV-H Mécanismes du développement chez les Métazoaires

Fiche 61 Étapes du développement embryonnaire chez les vertébrés (exemple des amphibiens)	132
Fiche 62 Mécanismes cellulaires du développement embryonnaire (exemple des amphibiens)	136
Fiche 63 Le développement du bourgeon de membre	138
Fiche 64 La cellule musculaire striée squelettique : différenciation et fonction	140
Fiche 65 Contrôle du développement embryonnaire	144

SV-I Communications intercellulaires et intégration d'une fonction à l'organisme

Fiche 66 Distribution du sang chez les mammifères	146
Fiche 67 Le cœur et la mise en circulation du sang	148
Fiche 68 Contrôles de la fonction circulatoire : boucle de régulation et adaptation physiologique	152
Fiche 69 Le potentiel de membrane et ses variations	154
Fiche 70 La communication nerveuse	156
Fiche 71 Diversité des modes d'action des messagers chimiques intercellulaires	158

SV-J Populations et écosystèmes

Fiche 72 Les populations et leur démographie	160
Fiche 73 Organisation d'un écosystème : la pâture à bovins en zone tempérée	164
Fiche 74 Relations interspécifiques au sein d'un écosystème	166

Fiche 75 Transferts de matière et d'énergie au sein d'un écosystème	168
Fiche 76 Recyclage de la matière organique d'un écosystème	172
Fiche 77 La dynamique des écosystèmes	174
Fiche 78 L'action de l'homme sur les écosystèmes	176

SV-K Évolution et phylogénie

Fiche 79 La population : objet d'étude de la biologie évolutive	178
Fiche 80 Les mécanismes de l'évolution d'une population	180
Fiche 81 Espèce et spéciation	182
Fiche 82 Classer la biodiversité	184
Fiche 83 Analyser des arbres phylogénétiques pour construire des scénarios évolutifs	186

Sciences de la Terre

189

ST-B La structure de la planète Terre

Fiche 1 La structure interne de la planète Terre	190
Fiche 2 Chimie et minéralogie des enveloppes internes	192
Fiche 3 Organisation et composition des enveloppes fluides	194
Fiche 4 Bilan thermique du globe et conséquences	196

ST-C La dynamique des enveloppes internes

Fiche 5 Gravimétrie et mobilité verticale de la lithosphère	198
Fiche 6 La dynamique de la lithosphère – Les dorsales et la création de croûte océanique	200
Fiche 7 La dynamique de la lithosphère - Les marges actives.....	202

ST-D Les déformations de la lithosphère

Fiche 8 Les déformations des matériaux et la rhéologie de la lithosphère.....	204
Fiche 9 Les objets de la déformation	206
Fiche 10 Analyse de la déformation d'objets géologiques	208
Fiche 11 Les séismes : origine et conséquences	210

ST-E Le phénomène sédimentaire

Fiche 12 Modelés des paysages.....	212
Fiche 13 L'altération des minéraux	214
Fiche 14 Les environnements de dépôts	216
Fiche 15 Transport et sédimentation de la lignée détritique	218
Fiche 16 Sédimentation des solutés	220

ST-F Le magmatisme

Fiche 17 Le magmatisme – Mise en place des magmas et classification des roches.....	222
Fiche 18 Fusion et cristallisation dans les diagrammes binaires et ternaires.....	224
Fiche 19 Production et évolution des magmas	226

ST-G Le métamorphisme, marqueur de la géodynamique interne

Fiche 20 Les transformations minérales du métamorphisme	228
Fiche 21 Les cadres géodynamiques du métamorphisme.....	230

ST-H La mesure du temps : outils et méthodes

Fiche 22 La mesure du temps - outils et méthodes : la chronologie relative	232
Fiche 23 La mesure du temps - outils et méthodes : la chronologie absolue	234

ST-I	Les risques et les ressources géologiques	
Fiche 24	Les risques géologiques.....	236
Fiche 25	Les ressources géologiques	238
ST-J	Les grands ensembles géologiques	
Fiche 26	Les grands ensembles structuraux métropolitains	240
Fiche 27	Une chaîne de montagnes : les Alpes franco-italo-suisse – Les différentes zones	242
Fiche 28	Une chaîne de montagnes : les Alpes franco-italo-suisse – Métamorphisme et évolution	244
Fiche 29	Les ensembles structuraux récents autres que les Alpes	246
Fiche 30	Le Bassin parisien	248
Fiche 31	Les bassins sédimentaires français et leur cadre géodynamique	250
Fiche 32	Les massifs anciens	252
Fiche 33	Les îles océaniques françaises	254

Biogéosciences 257

BG-A	Les grands cycles biogéochimiques	
Fiche 1	Le cycle biogéochimique du carbone	258
Fiche 2	Le cycle biogéochimique de l'azote.....	262
BG-B	Les sols	
Fiche 3	Organisation d'un sol	264
Fiche 4	Le sol : un réservoir d'eau et d'ions pour les plantes	266
Fiche 5	Le sol, un ensemble dynamique	268
BG-C	Le climat de la Terre	
Fiche 6	La circulation atmosphérique	270
Fiche 7	La circulation océanique.....	272
Fiche 8	Couplages entre atmosphère et hydrosphère	274
Fiche 9	Les marqueurs climatiques et leurs enseignements	276
Fiche 10	Facteurs pilotant les variations climatiques	278

Fiches techniques et méthodologiques 281

Fiche 1	Microscopie	282
Fiche 2	Détection et suivi de molécules	286
Fiche 3	Séparation de cellules, d'organites ou de molécules.....	290
Fiche 4	Analyses de la synthèse ou de la fonction d'une protéine	296
Fiche 5	Lire la carte géologique de la France au millionième	300
Fiche 6	Lire une carte géologique	304
Fiche 7	Réaliser une coupe géologique	308
Fiche 8	Réaliser un schéma structural et reconstituer une histoire	310
Fiche 9	Identifier les minéraux constituant les roches.....	312
Fiche 10	Identifier des roches magmatiques et mantelliques.....	314
Fiche 11	Identifier des roches métamorphiques	316
Fiche 12	Identifier des roches sédimentaires	318

Lexique 323

Sciences de la vie



SV-A	L'organisme vivant en lien avec son environnement	2
SV-B	Interactions entre les organismes et leur milieu de vie	16
SV-C	La cellule dans son environnement	44
SV-D	Organisation fonctionnelle des molécules du vivant	64
SV-E	Le métabolisme cellulaire	78
SV-F	Génomique structurale et fonctionnelle	94
SV-G	Reproduction	120
SV-H	Mécanismes du développement chez les Métazoaires	132
SV-I	Communications intercellulaires et intégration d'une fonction à l'organisme	146
SV-J	Populations et écosystèmes	160
SV-K	Évolution et phylogénie	178

Regards sur l'organisme animal : un bovidé

L'espèce *Bos taurus*, est formée d'animaux domestiques élevés pour leur lait ou leur viande. Les vaches (individus femelles) groupées en troupeaux, sont des animaux grégaires et sociaux vivant en plaine et en moyenne montagne.

De multiples interactions entre l'animal et son environnement

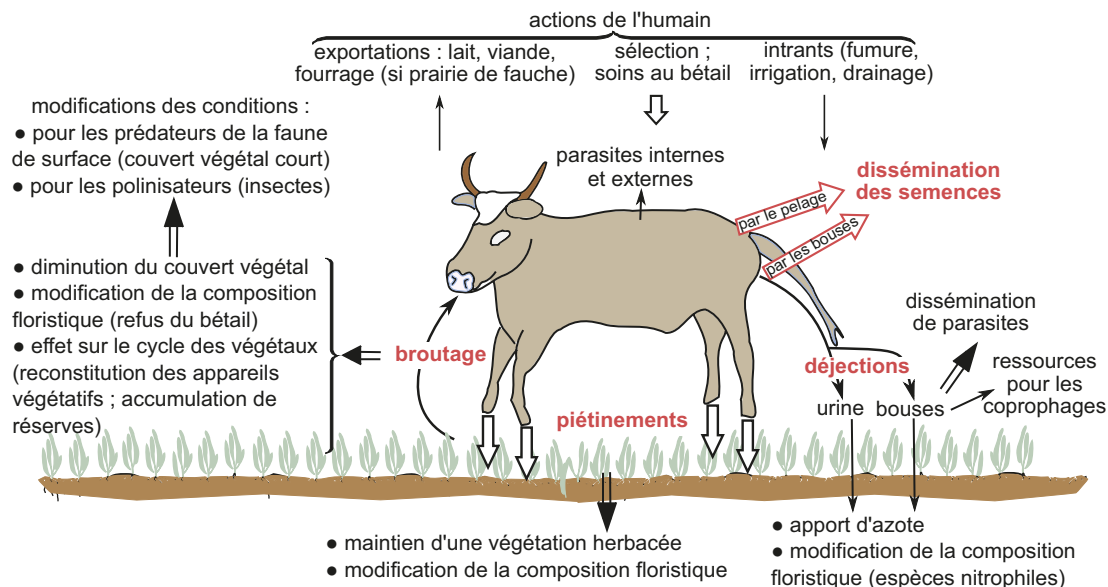
- Dans l'écosystème prairial ⁷³, interactions permanentes avec le milieu, grâce aux fonctions de

relation ² : perception d'informations en provenance de l'environnement biotique et abiotique ; déplacement ; protection et adaptations face aux contraintes.

- Espèce clé de voûte** ⁷³ déterminant la persistance de la prairie par la diversité de ses interactions dans la biocénose ; **espèce architecte** modifiant physiquement son milieu : piétinement, enfouissement des graines, production de fèces, urine, méthane ⁷⁵.

Interactions avec l'environnement biotique

Interactions		Relations
Intraspécifiques (homotypiques)	Avec les autres bovins	Sociales : dominance/subordination, affinités assurant la cohésion du groupe ; leadership ; communication entre individus : émission de sons (beuglement), d'odeurs (phéromones) ²
		Avec les veaux : contacts olfactifs, léchage (contamination), tétée
		Avec le taureau : limitées aux fonctions de reproduction sauf insémination artificielle
Interspécifiques (hétérotypiques) ⁷⁴	Avec les autres espèces de la prairie	Phytophagie : consommation des végétaux herbacés de la prairie (producteurs primaires) ; apport nutritif ; consommateur primaire ⁷⁵
		Coopération : bouses et urine sources de matière pour les végétaux de la prairie ; action trophique
		Neutralisme : matière organique des bouses consommée par les larves d'insectes coprophages ⁷³ ; dissémination des semences
		Symbiose (mutualistes durables) avec les microorganismes de la panse ² : bactéries, archées, ciliés et champignons ; relations indissociables, l'ensemble du microbiote et de la vache constitue un supraorganisme : l'holobionte ²¹
	Avec l'humain	Domestication ; association bénéfique pour les deux espèces mais non obligatoire : coopération



Rôles de *Bos taurus* dans l'écosystème prairial

Une organisation en appareils reliés aux différentes fonctions

Différents appareils remplissent des fonctions permettant la vie de *Bos taurus* dans son milieu aérien et prairial ².

Un « objet technologique », produit d'une domestication et d'une sélection par l'humain

Domestication de *Bos taurus* initiée il y a 10 000 ans : différentes **races** obtenues par sélection phénotypique à partir d'un ancêtre commun éteint au XVII^e siècle, l'au-roch (*Bos primigenius*).

- **Domestication** : obtenir des caractéristiques d'intérêt :
 - musculature, production de viande ;
 - richesse protéique du lait, mamelle adaptée à la traite mécanique, longévité ;
 - fertilité, facilité du vêlage, soins aux jeunes ;
 - résistance des animaux au climat et au relief.
- Maîtrise de la reproduction.
 - **Insémination artificielle** : amélioration de la génétique, grand nombre de descendants ; maintien de

la diversité génétique et des standards de la race ; obtention d'hybrides issus de races différentes par croisement, plus vigoureux et performants que les géniteurs (hétérosis ou vigueur hybride).

- **Transfert d'embryons** : obtenus par fécondation *in vitro* à partir de géniteurs sélectionnés, dans l'utérus de vaches porteuses ; obtention d'un nombre élevé de veaux de phénotypes intéressants.
- **Clonage** embryonnaire : scission d'un zygote à un stade précoce pour obtenir des jumeaux ; ou clonage par transfert d'un noyau issu d'une cellule somatique d'un géniteur d'exception dans un ovocyte énucléé.

Aujourd'hui **sélection génomique**, grâce au séquençage du génome bovin (2009) ayant établi un lien entre un SNP (polymorphisme mononucléotidique, *Single Nucleotide Polymorphism*) et un caractère ; permet de prédire les qualités reproductrices d'un jeune sans connaître sa descendance.

Conséquences de la domestication aux différentes échelles : de l'individu à la biosphère

Impacts	
Sur l'espèce <i>Bos taurus</i>	Relations : diminution de taille ; de la vitesse de course ; des protections vis-à-vis des prédateurs et des pathogènes ; modification des relations intraspécifiques par l'éleveur
	Nutrition : ration à heure fixe, sans recherche préalable ; ration adaptée à l'état physiologique de l'animal
	Reproduction : interactions mâles/femelles absentes (insémination artificielle) ; interactions mère/veau réduites ; augmentation de la prolificité, de l'efficacité
Sur l'humain	Éleveur : vie rythmée par les soins au troupeau
	Collectivités locales : aménagement du territoire lié à l'élevage ; entretien de prairies ; mise en valeur de territoires peu propices aux autres productions
	Populations humaines : consommation d'aliments d'origine animale ; adaptation à la consommation de produits laitiers (digestion du lactose) ; transmission par le bétail de maladies (tuberculose, rougeole)
	Biosphère : contribution à la préservation de la biodiversité dans les zones d'élevage ; production de méthane, gaz à effet de serre (60 % des gaz à effet de serre produits) ¹

Position systématique de *Bos taurus* au sein des métazoaires

Position systématique	Caractères anatomiques de classification
Métazoaire	Organisme pluricellulaire ; cavité digestive s'ouvrant par une bouche
Bilatérien	Plan de symétrie bilatérale
Vertébré	Centres nerveux dans un endosquelette osseux, (crâne et colonne vertébrale) ; appareil circulatoire clos ; tube digestif : œsophage, estomac et intestin ; foie et pancréas distincts
Tétrapode	Cou ; quatre pattes munies de doigts ; membres locomoteurs de type chirodien ⁶³
Mammifère	Tégument muni de poils ; glandes mammaires
Euthérien (placentaire)	Utérus chez la femelle ; viviparité avec un placenta nourricier
Ruminant	Estomac (caillotte) et 3 « pré-estomacs » (dont la panse)
Bovidé	Pas de canines ; pas d'incisives supérieures ; sabots à deux doigts

Réalisation des grandes fonctions chez un bovidé

Différents appareils remplissent des fonctions permettant la vie de *Bos taurus* dans son milieu aérien et

prairial : fonctions de relation, de nutrition et de reproduction.

Fonctions de relation

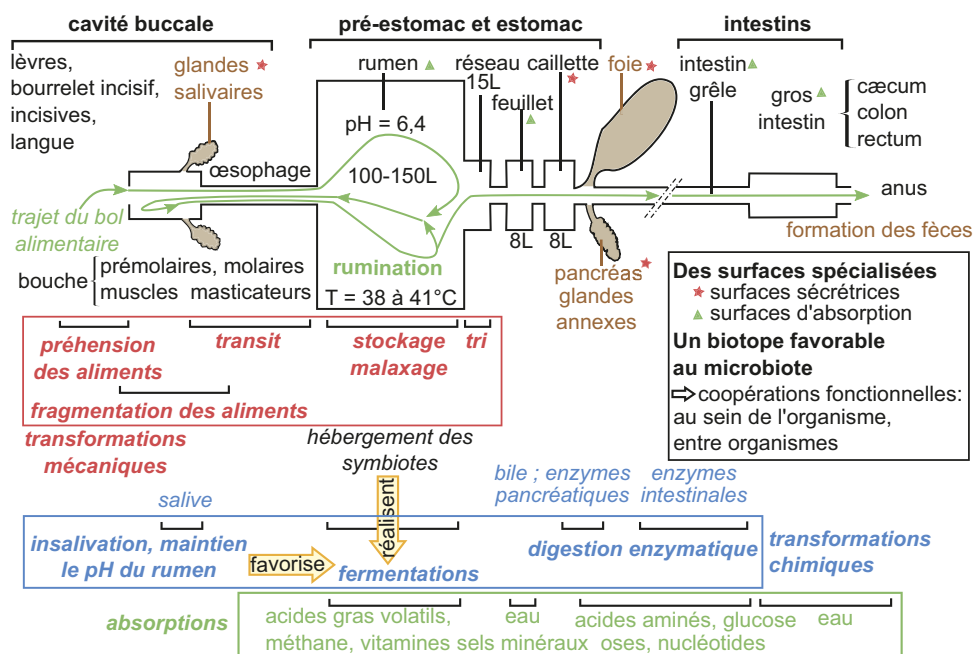
Les fonctions de relation

Fonctions de relation	Appareils, organes, tissus	Notions clefs
Locomotion, sustentation	Endosquelette rigide et développé, squelette appendiculaire, muscles squelettiques ⁶⁴	Posture ; membre parasagittal, sustentateur, ressort ; tonus musculaire ; onguligradie
Perception sensorielle	Organes des sens. Rétine (photorécepteurs), oreille (mécanorécepteurs), muqueuses nasale et linguale (chimiorécepteurs), système nerveux (neurones, nerfs). Tégument : récepteurs mécaniques sensibles à pression (mécanorécepteurs), douleur (nocicepteurs)	Différents types de sensibilité. Vision, audition, olfaction, gustation ; somesthésie. Transmission aux centres nerveux par des nerfs afférents.
Émission de sons, d'odeurs	Larynx (beuglement) ; diverses glandes	Reconnaissance mutuelle (phéromones) ; repérage du veau ; relations intraspécifiques ¹
Protection	Tégument, épiderme kératinisé, muqueuses ; système immunitaire	Limitation des pertes en eau ; barrière contre agents pathogènes, parasites
Thermorégulation	Tégument : thermorécepteurs cutanés, poils, glandes sudoripares	Endothermie, homéothermie

Fonctions de nutrition : échanges de matière et d'énergie avec le milieu de vie

Un organisme **hétérotrophe** tire de la matière organique élaborée par d'autres organismes, l'énergie et les éléments qui lui sont nécessaires.

- Alimentation et digestion.



Alimentation et digestion : caractéristiques et fonctions du tube digestif de *Bos taurus*

- Respiration pulmonaire et excrétion réalisent d'autres échanges avec le milieu. *Bos taurus* est un **système thermodynamique ouvert**.

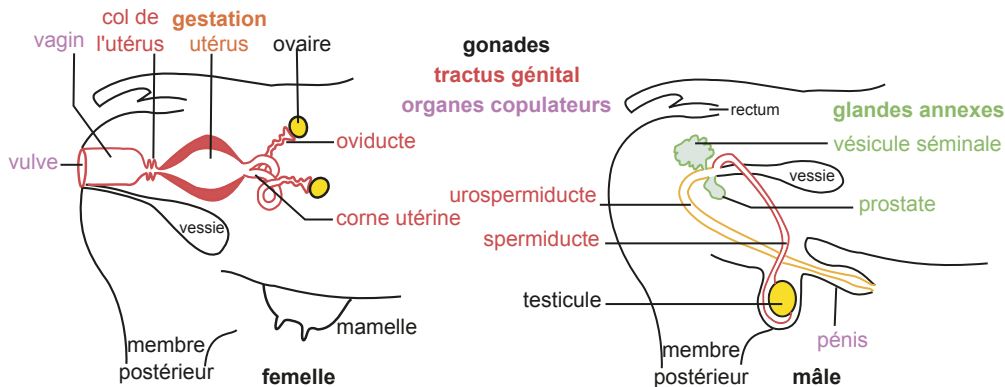
Fonctions de nutrition contribuant aux échanges avec le milieu extérieur

Fonction	Substances échangées	Organes contribuant à la fonction
Respiration pulmonaire [4]	O ₂ ; CO ₂ et H ₂ O (déchets du métabolisme)	Mufle, fosses nasales : humidifient et réchauffent l'air inhalé ; piègent poussières et microorganismes Voies respiratoires acheminent l'air aux poumons Poumons : oxygénation du sang (hématose) [8, 9, 10, 11]
Excrétion azotée	Urée (uréotélie)	Reins : élaboration de l'urine à partir du plasma ; maintien de l'équilibre hydrominéral Uretères et urètre : élimination de l'urine vers l'environnement Vessie : stockage de l'urine avant élimination

- Circulation sanguine** : sang, tissu conjonctif liquide dans un système clos mis en mouvement par la pompe cardiaque dans deux réseaux séparés : **circulation systémique** et **pulmonaire** [66, 67, 68].
 - Transport et distribution de substances sous forme dissoute ou non dans le plasma (matrice liquide) : O₂, ions ; nutriments issus de la digestion (glucose, acides aminés, acides gras volatils) ; sous-produits du métabolisme, déchets azotés (urée, ammoniac, CO₂) ; anticorps, hormones [71].
 - Permet des corrélations trophiques et informatives entre cellules, tissus, organes et appareils [3].
 - Contribue au maintien de l'homéostasie, stabilité des paramètres physiologiques (teneur en eau, ions dans l'environnement des cellules, température corporelle).

Fonctions de reproduction

- Espèce **gonochorique à cycle de vie monogénétique diphasique** ; puberté atteinte vers 9-12 mois. Femelle (vache) : 2 ovaires, ovogenèse, cycle ovarien de 21 jours indépendant des saisons. Mâle (taureau) : 2 testicules, spermatogénèse (54 jours).
- Fécondation interne (oviducte) après accouplement [58, 59].
- Développement embryonnaire vivipare. **Gestation** : 290 jours ; **annexes embryonnaires** (**amnios, placenta**), organes transitoires réalisant les fonctions vitales du fœtus. **Parturition** (vêlage) : le fœtus déclenche la mise bas par la production d'hormones ; expulsion du veau et des annexes embryonnaires par les contractions utérines ; **développement direct** : **génisse** (jeune femelle) ou **taurillon** (jeune mâle).
- Lactation**, contrôle hormonal après la mise bas (prolactine, ocytocine) [3] ; sécrétions lactées constituées du colostrum (lipides, immunoglobulines) puis du lait. Sevrage vers 10 mois.
- Cycle de reproduction annuel contrôlé par l'éleveur débutant par la naissance et la lactation [60].



Organisation fonctionnelle des appareils reproducteurs femelle et mâle chez *Bos taurus*

Interrelations entre les fonctions vitales chez *Bos Taurus*

Face aux variations d'origine interne ou externe, les interrelations entre fonctions permettent une réponse adaptée

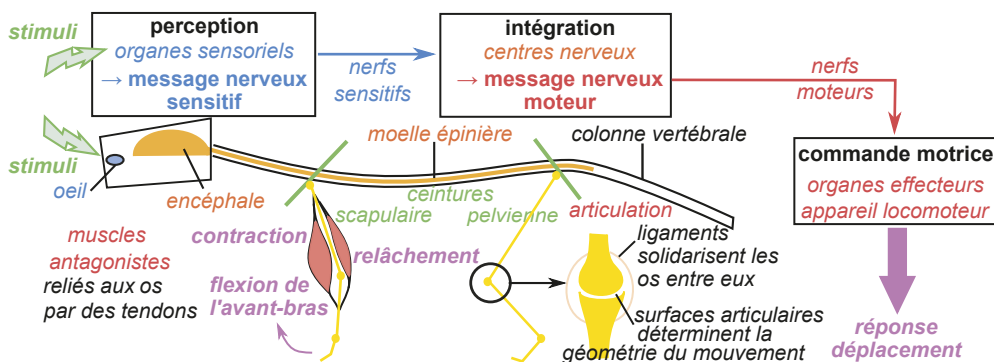
des tissus, organes, systèmes, et donc de l'organisme.

L'organisme fonctionne comme une unité physiologique

- Complémentarité et **coopérations fonctionnelles** de différents appareils. Par exemple, différents appareils et fonctions complémentaires coopèrent lors de la lactation.
 - Fonction de nutrition : appareil circulatoire ; transport des nutriments et messagers chimiques aux glandes mammaires ; appareil digestif : alimentation et digestion, apport de matières organiques permettant la production du lait.
 - Fonction de reproduction : activation des glandes mammaires après vêlage (glande exocrine, activité sécrétrice des alvéoles).
 - Fonction de relation : perception des stimuli mécaniques issus de la tétée, point de départ d'un réflexe

neuro-hormonal entretenant l'activité sécrétrice et stimulant l'éjection du lait.

- Des **corrélations trophiques** entre cellules, tissus et organes par l'appareil circulatoire : distribution aux cellules des nutriments, de l'eau et des ions minéraux absorbés par le tube digestif ; de l'O₂ absorbé au niveau des alvéoles pulmonaires ; collecte du CO₂ et de l'urée (déchets du métabolisme) vers les organes permettant leur élimination (poumon, rein).
- Des **corrélations informatives** : communications à distance par l'appareil circulatoire (transport d'hormones, messagers chimiques par le sang) et par le système nerveux qui permet une réaction rapide de l'organisme aux stimuli.



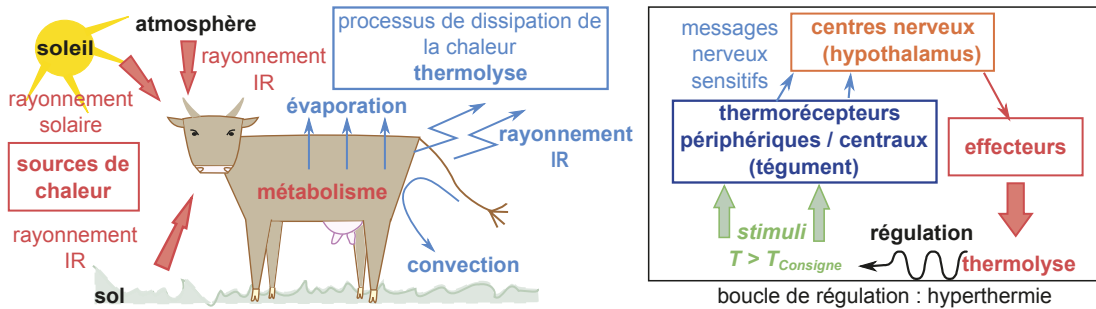
De la perception d'un stimulus visuel à la réaction de l'organisme

L'organisme répond aux variations rapides de son milieu et/ou de ses besoins

- Des mécanismes de **régulation** : réponse physiologique qui maintient un paramètre corporel dans un intervalle de valeurs contrôlé.
- Mammifères, animaux endothermes : température corporelle constante (*Bos taurus*, valeur de consigne de 38,5 °C) ; équilibre maintenu entre sources et dissipation de chaleur de l'organisme par :
 - perception de la température du milieu extérieur et corporelle : **récepteurs** thermosensibles de la peau ;
 - intégration des informations par un **centre intégrateur**, l'hypothalamus ;
 - réponses régulatrices si la température du corps diffère de la valeur de consigne : thermolyse

(dissipation de chaleur), thermogenèse (production de chaleur) modulables par différents **organes effecteurs** permettant le retour à la valeur de consigne mobilisant les fonctions de relation (tégument, glandes sudoripares) et de nutrition (augmentation du métabolisme, circulation sanguine).

- **Adaptations physiologiques** en fonction des besoins et face aux variations du milieu : ensemble de modifications du fonctionnement d'un organisme, en réponse à une situation particulière et qui permet de faire face à cette situation. Par exemple, lors d'un effort, des adaptations physiologiques permettent aux muscles de disposer d'apports accrus en O₂ et nutriments.



Thermorégulation : sources et processus de dissipation de chaleur chez *Bos taurus*

Adaptations physiologiques lors d'un effort musculaire

Étape	Cellules ou organes concernés	Voie de communication à distance activée	Conséquences
Détection de l'entrée en activité des muscles	Mécanorécepteurs (étirement des muscles et tendons) Chémorécepteurs ($\downarrow$ pH, $\downarrow$ pO ₂ , $\uparrow$ pCO ₂)	Nerveuse	Informations aux centres nerveux
Intégration des informations sensorielles	Centre nerveux	Nerveuse	Élaboration des messages vers les organes effecteurs de la réponse
Réponses	Cœur	Nerveuse Hormonale	Augmentation du débit cardiaque
	Artères	Nerveuse Hormonale	Redistribution du sang au profit des muscles
	Appareil respiratoire dont les muscles thoraciques	Nerveuse	Augmentation de la fréquence ventilatoire
	Peau ; glandes sudoripares	Nerveuse Hormonale	Augmentation de la thermolyse et de la transpiration

Capteurs, voies de communication, centre intégrateur et tissus ou organes effecteurs sont les acteurs des

régulations et des adaptations physiologiques (à ne pas confondre avec l'adaptation évolutive [20]).

L'organisme est adapté au milieu aérien

Adaptation évolutive : caractéristique héritable (donc consécutive à une modification du **génotype**) d'un organisme qui lui permet de vivre et de se reproduire dans un environnement, mieux que sans cette caractéristique et mieux que dans un autre environnement. L'adaptation au milieu aérien concerne toutes les fonctions.

- Fonctions de nutrition dont la fonction de respiration : surfaces d'échanges internalisées permettant de limiter les pertes en eau (tractus respiratoire en « cul de sac ») ; trajectoire bidirectionnelle des gaz respiratoires rendue possible par la faible viscosité de l'air ; circulation pulmonaire à basse pression.
- Fonctions de nutrition dont la fonction d'excrétion : déchets azotés sous forme d'urée (uréotélie) ; déshydratation des fèces limitant les pertes d'eau.
- Fonctions de reproduction : accouplement et fécondation interne (pénis et vagin) : protection des gamètes contre le milieu desséchant et variable ; gestation dans un utérus, liquide amniotique : protection des embryons contre les chocs, le milieu desséchant et les variations de température.
- Fonctions de relation :
 - milieu desséchant : paupières mobiles, tégument imperméabilisé ;
 - milieu peu porteur : soutien de l'organisme par un squelette interne, endosquelette rigide et développé ;
 - milieu à faible résistance : membres parasagittaux.
- L'adaptation résulte des interrelations entre les fonctions vitales et de leur maintien par la sélection naturelle.

Plans d'organisation des animaux et réalisation de leurs fonctions

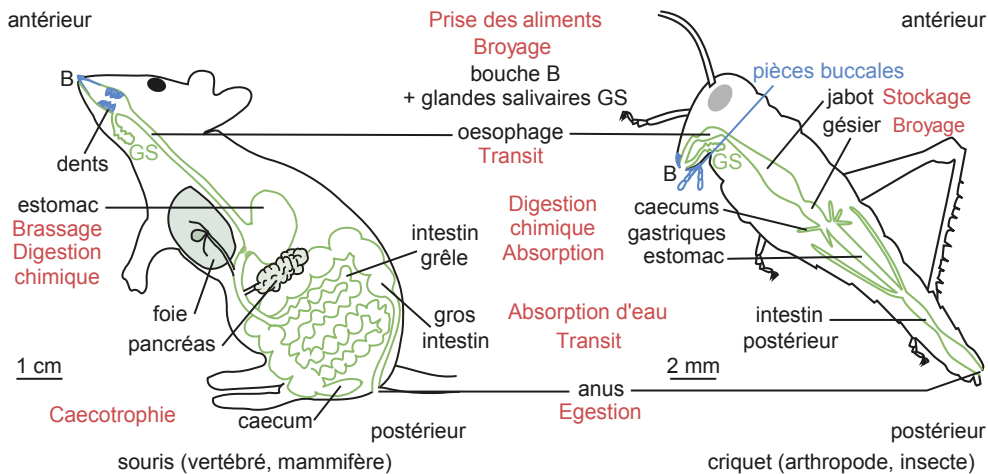
Les mêmes fonctions biologiques chez tous les organismes

- Fonctions de relation : locomotion, sensibilité, protection.
- Fonctions de nutrition :
 - apports de nutriments et du dioxygène aux organes par l'**alimentation** (prise des aliments, **digestion** mécanique et chimique, absorption, égestion), la **respiration**, la **circulation** ;
 - élimination de leurs déchets par l'excrétion azotée et la respiration (excrétion du CO_2).
- Fonctions de reproduction :

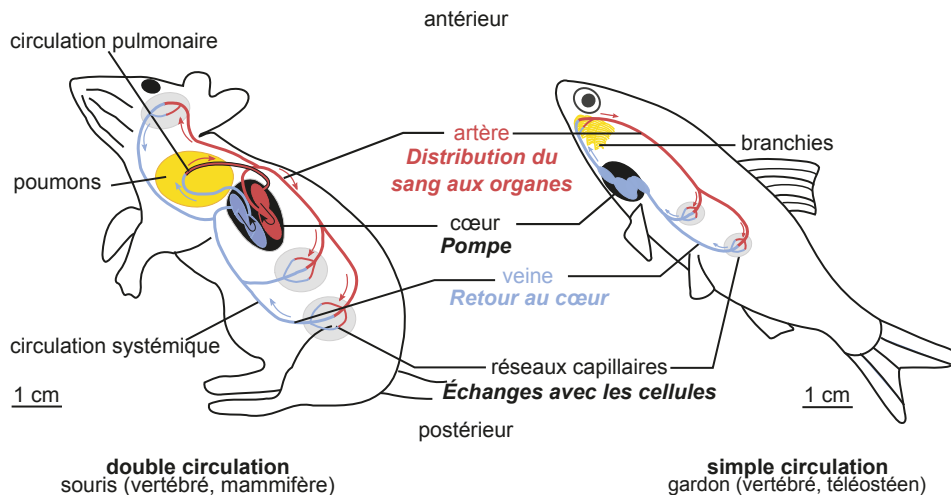
- reproduction sexuée : gamétogenèse et fécondation ;
- développement : développement embryonnaire (du zygote à l'éclosion ou la naissance) et post-embryonnaire.

Les mêmes fonctions réalisées par des plans d'organisation différents

- Réalisation de la fonction par des processus analogues.
- Réalisation de la fonction avec des modalités parfois différentes.



Les étapes de la digestion avec deux plans d'organisation différents



Modalités de la circulation avec deux plans d'organisation différents

Des fonctions de nutrition mettant en jeu des surfaces d'échanges avec le milieu

- Localisation et nature des surfaces d'échanges :
 - surface corporelle recouverte d'un tégument (ou peau chez les vertébrés) ;
 - surfaces spécialisées externalisées dans le milieu aquatique (branchies) ;
 - tissu (épithélium) tapissant les cavités en relation avec le milieu extérieur : cavité buccale, intestin, poumon, rein.
- Des échanges mettant en jeu des liquides internes qui relient fonctionnellement les surfaces aux autres cellules par la circulation :
 - sang et lymphe interstitielle pour les appareils circulatoires clos (vertébrés) ;
 - hémolymphe pour les appareils circulatoires ouverts (arthropodes, lamellibranches).
- Des échanges mettant en jeu les mêmes processus physiques :
 - diffusion** : échanges selon la loi de Fick ; caractères des surfaces d'échanges en relation avec la loi de Fick : extension des surfaces, faible distance d'échanges augmentant les gradients, maintien des concentrations par renouvellement des milieux ;

- convection** : transport de masse d'une substance par un fluide porteur ; mise en mouvement du liquide assurée par un organe contractile, le cœur, dorsal (arthropodes) ou ventral (vertébrés).

Des fonctions influencées par des caractéristiques du milieu de vie

- Des milieux de vie aux caractéristiques physiques et chimiques différentes.
- Une disponibilité de l'eau variable selon les milieux :
 - disponibilité élevée en eau douce ; en milieu marin, elle dépend de l'osmolarité des cellules (disponibilité élevée, sauf pour cellules hypo-osmotiques par rapport à l'eau de mer) ; variable suivant le climat dans le milieu aérien ;
 - influence de ce facteur sur les caractéristiques des surfaces d'échanges **8** et sur les formes de l'excrétion azotée : NH_4^+ (toxique si non dilué) lorsque l'eau est disponible ; urée ou urates dans le cas contraire.
- Des structures convergentes associées à des fonctions comparables dans un milieu donné **10** : des contraintes environnementales similaires ont conduit à maintenir, dans différents taxons, des caractères **analogues**, non hérités d'un ancêtre commun et apparus indépendamment.

Caractéristiques physiques des milieux aquatique et terrestre

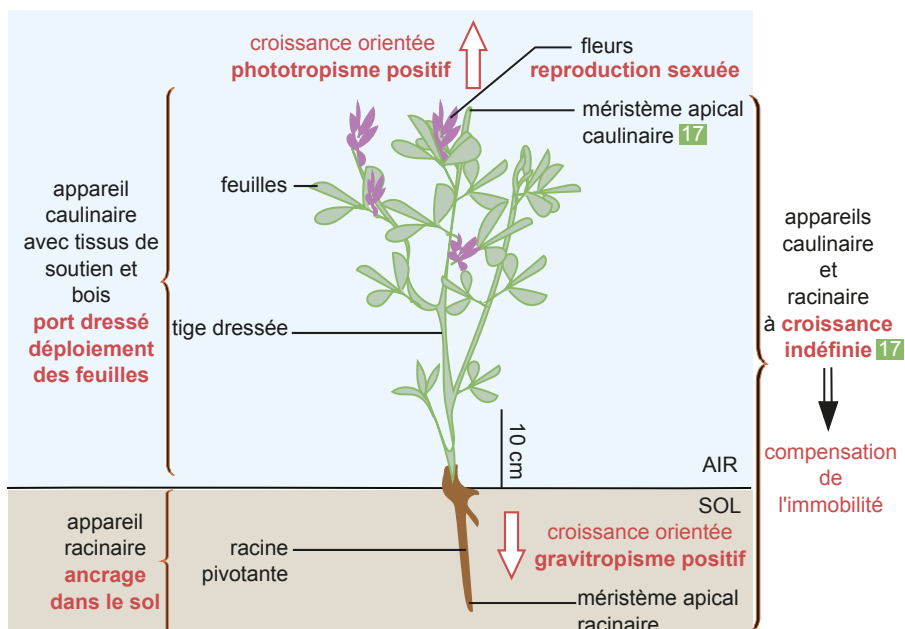
Caractère	Importance biologique	Milieux aquatiques (eau douce ; milieu marin)	Milieu aérien = milieu terrestre
Capacité thermique massique	Protection thermique	Forte → volant thermique	Faible → variations thermiques importantes et rapides
Conductivité thermique	Protection thermique	Forte → refroidissement rapide dans l'eau	Faible → l'air peut constituer un isolant s'il ne circule pas
Densité	Soutien - sustentation	Forte ($d = 1$) → poussée d'Archimède assurant la sustentation	Faible → sustentation assurée par l'organisme
Viscosité	Locomotion	Forte → frottements importants résistance à l'avancement	Faible → frottements réduits déplacements aisés.
Teneur en O_2	Respiration	Faible ; faible solubilité de O_2 dans l'eau	Forte (21 % O_2 dans l'air)
Diffusibilité des gaz	Vie sensorielle Respiration	Faible → diffusion lente des substances dissoutes	Forte → diffusion aisée (gaz) – odeurs – échanges gazeux
Absorption de lumière	Vie sensorielle	Forte → obscurité totale en dessous de la zone euphotique (–200 m)	Faible → transmission et réception à distance de stimuli lumineux
Compressibilité	Vie sensorielle	Nulle ou très faible → transmission intégrale des ondes sonores, des chocs (ligne latérale des téléostéens)	Forte → amortissement des ondes sonores

Regards sur un organisme angiosperme : une fabacée

Un organisme fixé, exploitant les ressources du sol et de l'atmosphère

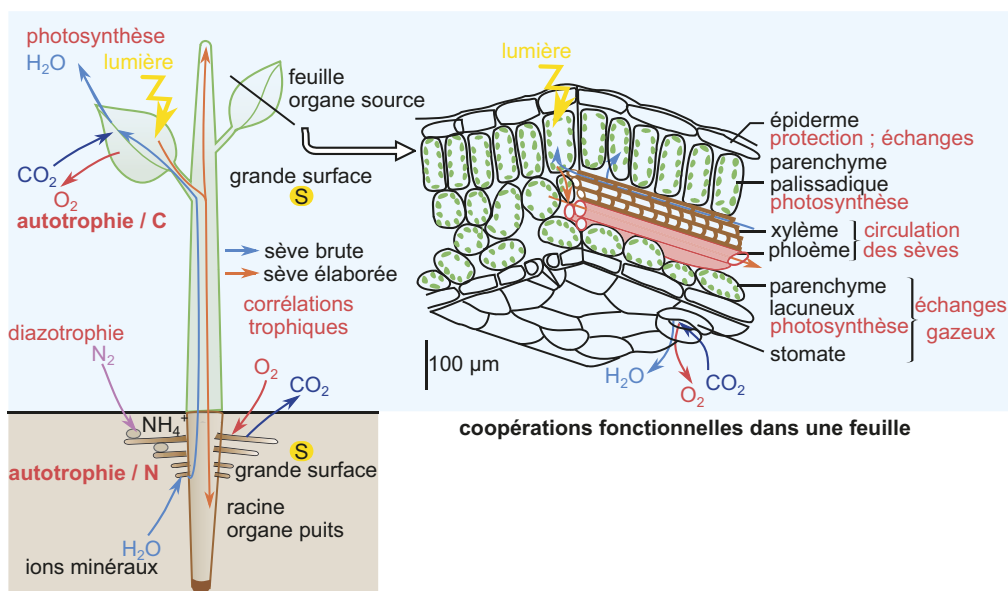
L'**appareil végétatif** (racines, tiges et feuilles) permet l'ancrage et le soutien de la plante malgré la pesanteur ;

la surface foliaire se déploie dans l'atmosphère et capte l'énergie lumineuse.



Développement d'une fabacée en interaction avec son environnement

Un organisme autotrophe pour le carbone et l'azote



Autotrophie d'une fabacée pour le carbone et l'azote