

BIOLOGIE-GÉOLOGIE

BCPST 1

TOUT-EN-UN

NOUVEAUX
PROGRAMMES
2021

Sous la direction de **C. Perrier** et **J.-F. Beaux**

BIOLOGIE-GÉOLOGIE

BCPST 1

TOUT-EN-UN

A. Bouffier • L. Bougeois • P. Carrère
T. Darribère • J. Démaret-Nicolas
A. Emond • S. Maury • O. Monnier
T. Soubaya • A. Vergnaud • A. Woehrlé

DUNOD

Couverture :
Direction artistique : Nicolas Weil
Conception graphique : Elizabeth Riba

Maquette intérieure : Yves Tremblay

<p>Le pictogramme qui figure ci-contre mérite une explication. Son objet est d'alerter le lecteur sur la menace que représente pour l'avenir de l'écrit, particulièrement dans le domaine de l'édition technique et universitaire, le développement massif du photocopillage.</p> <p>Le Code de la propriété intellectuelle du 1^{er} juillet 1992 interdit en effet expressément la photocopie à usage collectif sans autorisation des ayants droit. Or, cette pratique s'est généralisée dans les établissements</p>	<p>d'enseignement supérieur, provoquant une baisse brutale des achats de livres et de revues, au point que la possibilité même pour les auteurs de créer des œuvres nouvelles et de les faire éditer correctement est aujourd'hui menacée.</p> <p>Nous rappelons donc que toute reproduction, partielle ou totale, de la présente publication est interdite sans autorisation de l'auteur, de son éditeur ou du Centre français d'exploitation du droit de copie (CFC, 20, rue des Grands-Augustins, 75006 Paris).</p>
--	--



© Dunod, 2021
11 rue Paul Bert, 92240 Malakoff
ISBN 978-2-10-082102-0

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.

Le programme des Sciences de la Vie et de la Terre (SVT) dans les classes préparatoires Biologie-Chimie-Physique-Sciences de la Terre (BCPST) intègre divers domaines, biologie cellulaire, animale, végétale, biochimie, écologie, génétique, géologie, physiologie... Il permet d'acquérir en deux ans une solide base de connaissances de haut niveau. Pendant de nombreuses années, aucun ouvrage de Sciences de la Vie et de la Terre n'était précisément consacré à ces classes. Le manuel *Biologie Géologie Tout en un 1^{re} année* appartient à une collection apparue en 2006 et avant tout dédiée aux Sciences de la Vie et de la Terre dans les classes de BCPST. Depuis cette date plusieurs éditions se sont succédé. La collection s'est enrichie d'un certain nombre d'atlas de biologie et de géologie et d'un Tout-en-fiches.

Cet ouvrage regroupe les cours et travaux pratiques de biologie et géologie de première année du nouveau programme des classes de BCPST entré en application en 2021. Les auteurs se sont attachés à rédiger un manuel dans lequel chaque thème du programme est présenté de manière synthétique. Les chapitres commencent par un rappel des objectifs (savoirs visés, capacités exigibles) corrélés aux paragraphes où ils apparaissent. L'illustration est abondante et, pour l'essentiel, suffisamment simplifiée pour être facilement retenue par les étudiants. Des compléments, « Zoom » et « Découverte », apportent un approfondissement sur certains points. Un résumé et un entraînement, sous la forme de QCM et de propositions de sujets corrigés terminent chaque partie. L'ensemble, clair et bien présenté, n'a pas pour vocation de se substituer au cours de l'enseignant mais il permet à l'étudiant de préciser ou de compléter une notion. On retrouve ces qualités dans l'exposé des travaux pratiques où un grand nombre de clichés et de schémas sont proposés.

L'équipe de rédaction de ce manuel, dirigée par Christiane Perrier et Jean-François Beaux, est constituée de professeurs de classes préparatoires BCPST dont certains participent à des jurys de concours. Des universitaires, rattachés à cette équipe, sont également mis à contribution dans divers domaines clés. Côté Dunod l'équipe d'édition est rompue à la production d'ouvrages de qualité. La conception de manuels consacrés à ces classes est donc parfaitement maîtrisée par l'ensemble des intervenants.

Enseignant dans ces classes pendant une trentaine d'années, j'ai assisté à l'évolution des savoirs dispensés aux étudiants. À la différence d'autres matières scientifiques, les travaux de recherche et les progrès des techniques font de notre discipline une de celles où les connaissances changent le plus rapidement. Le contenu de nos cours en biologie cellulaire, géodynamique, systématique... est bien différent de celui que l'on exposait dans ces domaines quelques années auparavant. Enseigner les SVT demande une constante mise à jour des connaissances. De plus, le champ des notions envisagées par le programme est très vaste. Il demande de la part de l'enseignant un réel esprit de synthèse pour que les étudiants eux-mêmes acquièrent cette aptitude et qu'ils aient une vue d'ensemble des savoirs requis par le programme. Cet ouvrage répond à ces exigences en exposant des connaissances actualisées et synthétiques.

D'abord rédigé pour les classes préparatoires, ce manuel peut aussi être utilisé avec profit par les étudiants des cycles universitaires et ceux qui préparent les divers concours de l'enseignement. Je souhaite qu'il trouve un large public, ce qui prouvera que les auteurs ont su résoudre le dilemme auquel est confronté tout enseignant : « Tout ce qui est simple est faux, mais tout ce qui ne l'est pas est inutilisable » (Paul Valéry).

Pierre Peycru
Ancien professeur en BCPST
au lycée Montaigne à Bordeaux

Remerciements

La parution de cet ouvrage est pour nous l'occasion de remercier tous ceux qui nous ont aidés à mener à bien ce projet par leurs conseils, leurs critiques constructives, le partage de documents ou l'autorisation de publier des illustrations. Merci notamment à :

Laurent Augusto, directeur de recherches ISPA-INRAE, centre de Bordeaux Aquitaine.

Guillaume Bécard, professeur des Universités, CNRS/UPS, Toulouse.

Damien Bonal, directeur de l'UMR Silva INRAE/AgroParisTech/Université de Lorraine.

Alexandre Bosc, INRAE, Guyane.

James P. Braselton, professeur, Université d'Ohio.

Olivier Catrie, ingénieur, CNRS/INRAE.

Brigitte Gaillard-Martinie, responsable du plateau technique de microscopie, INRAE, Theix.

Anne-Claire Lavigne, chargée de recherche, CNRS/UPS, Toulouse.

Etienne Morel, directeur de recherche, Institut Necker INSERM/CNRS, Paris.

Cécile Pouzet, responsable de la plateforme imagerie FRIAB/CNRS/UPS, Toulouse.

Marc de Rafelis, professeur des Universités, Université Paul Sabatier, Toulouse.

Clément Stahl, chercheur UMR EcoFoG, Université de Guyane.

Les Canetons, groupe de professeurs de SVT en BCPST.
Nathalie Willery, professeure de Physique-Chimie au lycée A. Châtelet à Douai.

Pierre Peycru, ancien professeur de SVT au lycée Montaigne à Bordeaux, qui nous a également fait l'amitié de préfacer cet ouvrage.

Si malgré leur concours, certaines erreurs subsistent encore dans ces pages, elles nous sont totalement imputables.

Nos remerciements vont aussi à l'équipe éditoriale de Dunod, et tout particulièrement à Emmanuelle Chatelet, éditrice de réalisation, qui a réussi à mener ce livre à bon port, en télétravail et malgré les multiples fois où nous lui avons remis nos fichiers en retard.

Cet ouvrage, fruit de la collaboration d'une équipe de professeurs, est aussi celui du travail de nos étudiants et de nos étudiantes. Leurs questions, leurs difficultés, et leurs idées ont nourri notre réflexion. Nous souhaitons qu'ils et elles trouvent ici un outil efficace sur la voie de leur réussite.

Enfin, nous n'oublions pas nos proches, qui ont sans doute eu souvent l'impression de vivre un confinement universitaire en plein confinement sanitaire.

Les plus en ligne

LES + EN LIGNE Vous y trouverez des sujets d'annales corrigées et des exercices d'entraînement

COMMENT ÇA MARCHE ?

- 1 Je me rends sur la page de mon livre sur dunod.com
- 2 Je trouve mes **LES + EN LIGNE** sous la présentation de mon livre
- 3 J'accède à la liste des contenus, en accès **RÉSERVÉ**, classés par **CATÉGORIE**
- 4 Je clique et c'est téléchargé

Je me munis de mon livre

J'entre le **MOT DE PASSE**

Présentation des auteurs

Christiane Perrier

Professeure agrégée en BCPST 2 au lycée du Parc à Lyon, ancien membre des jurys des concours Agro, CAPES et agrégation.

Jean-François Beaux

Professeur agrégé en BCPST 2 au lycée Henri IV à Paris. Docteur de l'Université Paris VI (Sorbonne-Université). Ancien membre des jurys de CAPES et d'agrégation (interne et externe).

Arnaud Bouffier

Professeur agrégé en BCPST 2 au lycée Albert Châtelet à Douai, membre du jury de l'agrégation interne.

Laurie Bougeois

Professeure agrégée en BCPST 1 au lycée E. d'Alzon à Nîmes, docteure en sciences de la Terre de l'université de Rennes 1, membre du jury du concours Agro-Véto.

Pascal Carrère

Ingénieur de recherche à INRAE, au sein de l'Unité mixte de recherche sur l'écosystème prairial. Docteur et HDR en écologie, ses travaux analysent l'impact des pratiques de gestion sur le fonctionnement des prairies.

Thierry Darribère

Professeur à Sorbonne Université, laboratoire de Biologie du développement, enseignant en licence, master, formations médicale et paramédicale, ancien membre du jury de l'agrégation.

Joseph Démaret-Nicolas

Professeur agrégé en BCPST 1 au lycée Albert Châtelet à Douai, membre du jury du concours Agro-Véto.

Agnès Emond

Professeure agrégée en BCPST 1 au lycée Sainte Geneviève à Versailles, docteure en océanographie de l'université Paris VI, ancien membre du jury du concours Agro-Véto.

Stéphane Maury

Responsable de l'équipe ARCHE (Arbres et réponses aux contraintes hydriques et environnementales) à l'INRAE, et coresponsable du master SVT à l'université d'Orléans, ancien membre du jury du CAPES externe, et du jury de l'agrégation externe.

Olivier Monnier

Professeur agrégé en BCPST 2 au lycée Joffre à Montpellier, docteur en sciences de la Terre de l'université de Saint-Étienne, membre du jury de l'agrégation.

Thierry Soubaya

Professeur agrégé en BCPST 2 au lycée Ozenne à Toulouse, ancien membre du jury des concours Agro-Véto A et C et de la commission des programmes du concours C, membre des jurys de l'agrégation et du CAPES externe. Coauteur de *Biologie tout-en fiches pour Licence/CAPES/Prépas*, *Mémo visuel de biologie* et *Atlas de phylogénie* aux éditions Dunod..

Anne Vergnaud

Professeure agrégée en BCPST 1 au lycée Fermat, membre du jury du concours Agro-Véto, et coauteure du *Mémo visuel de biologie* aux éditions Dunod.

Anne Woehrlé

Docteur vétérinaire, professeure agrégée en BCPST 1 au lycée du Parc, membre du jury de l'agrégation interne, ancien membre des jurys des concours Véto, concours A Agro, CAPES interne puis externe. Coauteure de plusieurs manuels de SVT pour le lycée.

Table des matières

Préface	V
Remerciements	VI
Présentation des auteurs	VII
Présentation de l'ouvrage	XIV

BIOLOGIE

Partie SV-A

L'ORGANISME VIVANT EN LIEN AVEC SON ENVIRONNEMENT	2
Chapitre 1 Regards sur un organisme métazoaire : un bovidé	3
1 Place de la vache au sein des métazoaires	3
2 Les fonctions de nutrition d'un organisme hétérotrophe	5
3 La production de nouveaux individus par la reproduction sexuée	12
4 Des interactions multiples avec son environnement	15
Chapitre 2 Regards sur un organisme angiosperme : une fabacée	34
1 Place de la luzerne au sein de la lignée verte	34
2 La nutrition chez un organisme autotrophe	36
3 La production de nouveaux individus	39
4 Des interactions multiples avec son environnement	40
5 Importance des fabacées dans les agrosystèmes	42
TP 1 La souris	53
1 Morphologie de la souris	55
2 Anatomie des organes de la nutrition	55
3 Anatomie de l'appareil urogénital	57
4 Histologie	58
TP 2 Un téléostéen	61
1 Morphologie d'un téléostéen	61
2 Appareil cardiorespiratoire	62
3 Dissection de la cavité abdominale	64
4 Histologie du tégument	65
TP 3 Le criquet	66
1 Morphologie du criquet	66
2 Appareil digestif	68
3 Appareil respiratoire trachéen	69
4 Histologie du tégument	70
TP 4 La moule	71
1 Morphologie de la moule	71
2 Ouverture de la cavité palléale	72
3 Appareil respiratoire branchial	72

Partie SV-B

INTERACTIONS ENTRE LES ORGANISMES ET LEUR MILIEU DE VIE	74
Chapitre 3 La respiration : une fonction en interaction directe avec le milieu	75
1 Des flux diffusifs à travers les surfaces d'échanges respiratoires	75
2 Convection externe et entretien des gradients de diffusion	82
3 Transport des gaz respiratoires par le sang	86
Chapitre 4 Nutrition des angiospermes en lien avec le milieu	104
1 Absorption d'eau et d'ions du sol	104
2 Échanges gazeux avec l'atmosphère	109
3 Distribution et utilisation des assimilats photosynthétiques	111

TP 5	L'appareil végétatif des angiospermes	130
	1 L'appareil racinaire : relations avec le sol	130
	2 Les tissus conducteurs : corrélations au sein de la plante	133
	3 L'appareil caulinaire : relations avec l'atmosphère	134
	4 Organisation d'une structure de réserve	138
Partie SV-C		
	LA CELLULE DANS SON ENVIRONNEMENT	140
Chapitre 5	Les cellules au sein d'un organisme	141
	1 La place des cellules au sein des organismes pluricellulaires	141
	2 Les matrices extracellulaires, des composants des tissus	144
	3 Les relations cytoplasme-membrane-matrice	147
	4 Les interactions avec d'autres organismes du milieu	148
Chapitre 6	Organisation fonctionnelle de la cellule	164
	1 Les compartiments de la cellule eucaryote et leur coopération	164
	2 Les bactéries et leur organisation fonctionnelle	169
	3 Le cytosquelette et ses rôles structuraux et dynamiques	172
Chapitre 7	Membranes et échanges membranaires	185
	1 Les membranes cellulaires : des mosaïques fluides	185
	2 Diversité des échanges transmembranaires	187
	3 Les facteurs contrôlant la perméabilité d'une membrane	191
	4 Transports cytotiques : exocytose et endocytose	193
TP 6	Observation de cellules aux microscopes	210
	1 Observation de cellules eucaryotes	210
	2 Observation de cellules bactériennes	218
	3 Observation d'interactions entre bactéries et cellules racinaires	219
Partie SV-D		
	L'ORGANISATION FONCTIONNELLE DES MOLÉCULES DU VIVANT	222
Chapitre 8	Les constituants du vivant	223
	1 Des constituants minéraux ou organiques	223
	2 Propriétés de l'eau, constituant majeur des organismes	226
	3 Groupements fonctionnels et propriétés physico-chimiques des molécules organiques	230
Chapitre 9	Les grandes familles biochimiques	243
	1 Les lipides	243
	2 Les oses et les polyosides	247
	3 Les nucléotides et les acides nucléiques	255
	4 Les acides α -aminés et les protéines	258
TP 7	Méthodes d'étude des protéines	289
	1 Extraction et purification des protéines	289
	2 Détermination de la localisation et de la fonction d'une protéine	295
Partie SV-E		
	LE MÉTABOLISME CELLULAIRE	300
Chapitre 10	L'approvisionnement en matière organique	301
	1 La matière organique : une forme d'énergie nécessaire à la cellule	302
	2 Le cycle de Calvin dans les cellules autotrophes : réduction du CO_2 en matière organique	304
	3 La phase photochimique de la photosynthèse : conversion de l'énergie lumineuse en énergie chimique (ATP et pouvoir réducteur)	307

	4 La chimiosynthèse : synthèse de matière organique à partir d'énergie chimique	312
	5 Le prélèvement de matière organique par une cellule hétérotrophe	314
Chapitre 11	Le devenir de la matière organique	328
	1 La constitution de réserves : stockage de la matière organique	328
	2 L'anabolisme : synthèse de nouvelles biomolécules	330
	3 Le catabolisme énergétique : étapes cytosoliques	331
	4 Le catabolisme énergétique : étapes mitochondriales	335
Chapitre 12	Les enzymes et la catalyse des réactions	351
	1 Les enzymes : des biocatalyseurs	351
	2 Les enzymes : des protéines qui se lient au substrat	354
	3 Les enzymes : des biocatalyseurs contrôlables	357
	4 Équipement enzymatique et spécialisation des cellules ou organites	361
TP 8	Caractérisation d'une enzyme	367
	1 Cinétique de la peroxydase : étude de l'efficacité d'une enzyme	367
	2 Effet des inhibiteurs compétitifs et non compétitifs	370

Partie SV-F

	GÉNOMIQUE STRUCTURALE ET FONCTIONNELLE	374
Chapitre 13	Génome des cellules et des virus, transmission de l'information génétique	375
	1 La connaissance des génomes	375
	2 Le génome des bactéries	379
	3 Le génome des eucaryotes	380
	4 Les virus, diversité structurale et génomique	386
	5 Cycle cellulaire et réplication du matériel génétique	389
	6 Les divisions cellulaires : mitose et méiose	393
Chapitre 14	L'expression du génome	409
	1 La transcription : synthèse d'ARN à partir d'une matrice d'ADN	409
	2 La maturation des ARN	412
	3 La traduction des ARNm en polypeptides	414
	4 L'adressage et la maturation des protéines	419
	5 Le détournement de la machinerie d'expression des génomes par les virus	422
Chapitre 15	Le contrôle de l'expression génétique	431
	1 Diversité des influences conduisant aux phénotypes	432
	2 Contrôle de la transcription par modification de la chromatine	437
	3 Contrôle de l'initiation de la transcription	440
	4 Contrôle post-transcriptionnel par interférence ARN	442
	5 L'établissement du phénotype et son hérédité	443
TP 9	Les divisions cellulaires	457
	1 La mitose : transmission conforme des chromosomes aux cellules filles	457
	2 La méiose : passage de la phase diploïde à la phase haploïde	459
TP 10	Méthodes d'étude des gènes et de leur expression	461
	1 Interpréter des résultats d'électrophorèse d'ADN	461
	2 Exploiter des résultats de séquençage	464
	3 Étudier l'expression des gènes	465

Partie SV-G

	REPRODUCTION	472
TP 11	La fleur des angiospermes	473
	1 Comprendre l'organisation florale	473
	2 Identifier le genre d'une fleur	476
	3 Relier caractères floraux et modes de pollinisation	477

Partie SV-J**POPULATIONS ET ÉCOSYSTÈMES**

Chapitre 16	Les populations et leur démographie	483
	1 Les paramètres démographiques d'une population	483
	2 La variation démographique et sa modélisation	486
	3 Les facteurs de la variation démographique	490
Chapitre 17	Les écosystèmes	500
	1 Organisation des écosystèmes	500
	2 Diversité des relations interspécifiques et ses conséquences	510
	3 Fonctionnement des écosystèmes	519
	4 La dynamique des écosystèmes	524
TP 12	Les populations et leur démographie	552
	1 Étude expérimentale du modèle logistique	552
	2 Modélisation informatique des variations d'effectifs d'une population	554
TP 13	Les écosystèmes	558
	1 La diversité spécifique d'une prairie	558
	2 Influence de la fertilisation azotée sur la production primaire	561
	3 Production d'un écosystème et stockage de carbone	562

Partie SV-K**ÉVOLUTION ET PHYLOGÉNIE**

Chapitre 18	Classer la biodiversité	565
	1 Principes d'établissement d'une classification	565
	2 L'approche phylogénétique cladistique	569
TP 14	Reconstruction phylogénétique	580
	1 Construire et utiliser un cladogramme	580
	2 Construire un phénogramme	583
	Sujets de synthèse	584
	Corrigés des QCM et exercices	612

GÉOLOGIE**Partie ST-A****LA CARTE GÉOLOGIQUE ET SES UTILISATIONS**

TP 15	Les cartes géologiques au 1/50 000	643
	1 Lire une carte géologique	643
	2 Réaliser une coupe géologique	648
	3 Identifier une structure géologique	650
	4 Réaliser un schéma structural	655
	5 Exploiter les systèmes d'informations géographiques	657
TP 16	Les roches et minéraux de la lithosphère	658
	1 Identifier les minéraux constituant les roches	658
	2 Identifier les roches de la lithosphère	661
	3 Quelques exemples de gisements de roches	665
TP 17	La carte de France au millionième	666
	1 Vue d'ensemble de la géologie à l'échelle de la France	666
	2 Analyse d'un bassin sédimentaire : le Bassin parisien	669

Partie ST-B**LA STRUCTURE DE LA PLANÈTE TERRE**

Chapitre 19	La structure de la planète Terre	674
	1 Une structure interne en enveloppes concentriques	675
	2 Chimie et minéralogie des enveloppes internes	679
	3 Le géotherme et sa construction	683
	4 Des enveloppes externes fluides stratifiées	685

Partie ST-C**LA DYNAMIQUE DES ENVELOPPES INTERNES**

Chapitre 20	Bilan thermique et conséquences	697
	1 Un flux géothermique inégalement réparti	697
	2 Diverses sources de chaleur interne à la Terre	698
	3 Les modes de transfert de chaleur au sein du globe	699
	4 Convection mantellique et mouvement des plaques	700
Chapitre 21	La lithosphère en équilibre sur l'asthénosphère	708
	1 La notion de pesanteur	708
	2 Gravimétrie et distribution des masses internes	710
	3 La notion d'isostasie	712
	4 Équilibre isostatique et mouvements verticaux	713
	5 Ondulations du géoïde marin et leurs interprétations	715
Chapitre 22	La géodynamique de la lithosphère	720
	1 Les dorsales : limites latérales de plaques sièges de la formation de la croûte océanique	720
	2 Les failles transformantes : limites latérales coulissantes	724
	3 Les marges actives : limites latérales de plaques sièges de la disparition de la lithosphère océanique	725
	4 Des plaques lithosphériques en mouvement	728
TP 18	La dynamique de la lithosphère	734
	1 Analyse de cartes structurales des océans : exemple de l'Océan Indien	734
	2 Mouvements verticaux de la lithosphère	740

Partie ST-D**LES DÉFORMATIONS DE LA LITHOSPHÈRE**

Chapitre 23	Rhéologie de la lithosphère	744
	1 Déformations et contraintes	745
	2 Le comportement mécanique des roches : élastique, plastique, fragile	746
	3 Les failles et la déformation discontinue	748
	4 Les structures liées à la déformation continue	750
	5 Le comportement mécanique de la lithosphère	751
Chapitre 24	Les séismes : origine et conséquences	755
	1 La détermination de l'énergie dégagée par un séisme	765
	2 La détermination des déplacements liés à un séisme	766
	3 La détermination du jeu des failles actives : les mécanismes au foyer	768
	4 La détermination de l'aléa et du risque sismiques	768
TP 19	Structures, déformations, contraintes tectoniques : quelques objets naturels	777

Partie ST-E**LE PHÉNOMÈNE SÉDIMENTAIRE**

Chapitre 25	Modelés des paysages et transferts de matériaux en surface	784
	1 Facteurs à l'origine du modelé des paysages	785
	2 Processus d'altération chimique : hydrolyse et dissolution	788
	3 Processus d'érosion et d'entraînement de matière	792

Chapitre 26	La sédimentation des particules et des solutés	803
	1 Environnements de dépôt et bassins sédimentaires	803
	2 La sédimentation détritique : dépôts de particules en suspension	805
	3 La sédimentation chimique et biochimique des solutés	810
Chapitre 27	La diagenèse	822
	1 Les transformations de la diagenèse	822
	2 La diagenèse des sédiments détritiques	823
	3 La diagenèse des sédiments carbonatés	824
TP 20	Le phénomène sédimentaire	827
	1 Analyse du modelé des paysages : importance des facteurs intrinsèques et climatiques	827
	2 Analyse de formations superficielles : moraines et terrasses alluviales	831
	3 Analyse des roches détritiques et de la géométrie au niveau d'un delta	834
	4 Analyse de roches carbonatées et reconstitution d'un environnement	835
	5 Analyse et reconnaissance des roches sédimentaires	836
Partie ST-H		
LA MESURE DU TEMPS : OUTILS ET MÉTHODES		840
Chapitre 28	Échelle stratigraphique et datation absolue	841
	1 Caractériser des intervalles de temps	841
	2 Établir des coupures dans les temps géologiques	844
	3 Dater de manière absolue	846
	4 Relier chronologie relative et chronologie absolue	848
TP 21	Quelques méthodes de datation	852
	1 Biozones à ammonites et informations stratigraphiques	852
	2 Chronologie relative et absolue	853
	3 Reconstituer une histoire à partir d'un schéma structural	854

BIOGÉOSCIENCES

Partie BG-C

LE CLIMAT DE LA TERRE		856
Chapitre 29	Composition et structure verticale de l'atmosphère et de l'océan	857
	1 Composition et structure de l'atmosphère terrestre	857
	2 Composition et structure de l'océan	861
Chapitre 30	Circulations atmosphériques et océaniques	869
	1 Bilan énergétique des enveloppes fluides	869
	2 Circulation dans la troposphère	870
	3 La circulation océanique	874
TP 22	Circulation océanique	882
	1 Circulation de surface et biogéochimie de l'océan	882
	2 Circulation profonde : mise en évidence et caractéristiques	886
Corrigés des QCM et exercices		889
Fiches méthode		897
Bibliographie		907
Index		909

Présentation de l'ouvrage

Un cours complet

Partie SV-A

L'organisme vivant en lien avec son environnement

OBJECTIFS DU PROGRAMME

Savoirs visés

Les différents appareils de la vache sont reliés aux fonctions de nutrition, reproduction et relation. Certaines de leurs caractéristiques sont liées au milieu de vie. chap. 1, § 1.2
Fonctions des appareils digestif chap. 1, § 2.1, circulatoire chap. 1, § 2.3 et Zoom 4, respiratoire chap. 1, § 2.2a et § 2.4, excréteur chap. 1, § 2.5.
Le microbiote du rumen produit une partie des nutriments utilisés par la vache. chap. 1, Zoom 2
L'appareil reproducteur produit des gamètes par méiose et sécrète des hormones. C'est le lieu de la fécondation et de la gestation dans l'organisme maternel. La reproduction soumise est un processus conservatoire et diversificateur, ce qui permet la sélection. chap. 1, § 3
La vache est incluse dans des relations intraspécifiques et interspécifiques. chap. 1, § 4.1 et Zoom 5
La survie individuelle des organismes dépend de processus de perception du milieu, de réaction ou de protection (dont le tegument). chap. 1, § 4.2
Notion de boucle de régulation. chap. 1, § 4.2c
Différents organes et tissus participent aux fonctions de nutrition, de relation et de reproduction. chap. 2, § 2 et 3
Certaines des caractéristiques des fabacées sont liées au milieu de vie. chap. 2, Zoom 4
L'appareil végétatif grandit de façon indéfinie à partir de méristèmes. Les vastes surfaces d'échanges avec l'environnement permettent à un végétal de produire de la matière organique (autotrophie). Les organes sources coopèrent avec les organes puits. chap. 2, § 2
L'organisme est en interactions multiples avec son environnement abiotique et biotique. La symbiose entre fabacée et bactérie *Rhizobium*, fixatrice d'azote, augmente la biomasse de la fabacée. chap. 2, § 2.4
Les végétaux sont des producteurs primaires. Leur importance dans les agroécosystèmes conduit à une sélection par l'être humain. chap. 2, § 2.5

Capacités exigibles

- Identifier les principaux caractères morphologiques et anatomiques pour positionner une vache au sein d'une classification phylogénétique. chap. 1, § 1.1 et Zoom 1
- Argumenter la complémentarité, la coopération et la coordination fonctionnelles des différents appareils.
- Construire un schéma fonctionnel synthétique des appareils impliqués dans la fonction de nutrition. chap. 1, Zoom 3
- Repérer au cours de la reproduction sexuée les moments et les modalités de diversification des génotypes.
- Différencier et illustrer les différents types relations interspécifiques impliquant la vache.
- Identifier les principales étapes menant de la perception d'une variation de paramètre physico-chimique du milieu à la mobilité de l'organisme. chap. 1, § 4.2a
- Identifier les principaux caractères morphologiques et anatomiques pour positionner une fabacée au sein d'une classification phylogénétique. chap. 2, § 1
- Caractériser le développement de l'appareil végétatif et de l'appareil reproducteur des Angiospermes au cours du cycle saisonnier et argumenter le caractère d'organe « source » ou d'organe « puits ». chap. 2, Zoom 1
- Construire un schéma fonctionnel de la plante. chap. 2, figure de synthèse
- Placer les paramètres du milieu existant une influence sur le cycle de reproduction de la plante. chap. 2, Zoom 1
- Exploiter des résultats expérimentaux sur les trophismes. chap. 2, Zoom 2
- Illustrer différents usages des Fabacées (engrais vert, alimentation). chap. 2, Zoom 3

Savoirs visés

Les objectifs du programme pour chaque partie

Capacités exigibles

des renvois précis aux § de cours et aux TP

Des renvois ponctuels aux autres parties du programme

Des renvois aux zooms du chapitre

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

La digestion se déroule donc de façon séquentielle, grâce à la coopération de différentes régions fonctionnelles spécialisées de l'appareil digestif de la vache. La coopération existe aussi à une autre échelle, entre les microorganismes et la vache, d'une part et entre les microorganismes eux-mêmes d'autre part. Ainsi la vache et le microbiote qu'elle héberge constituent une entité fonctionnelle supérieure à l'organisme, appelé holobionte.

2.2 L'entrée de matière dans l'organisme au niveau de surfaces d'échanges

a) Absorption de l'eau et des nutriments au niveau de surfaces spécialisées du tube digestif

Les acides gras volatils résultant des fermentations réalisées par les symbiotes sont absorbés au niveau du rumen. L'eau et les ions minéraux le sont au niveau du feuillet.

Les nutriments issus de la digestion dans la caillette puis le duodénum sont absorbés dans de la paroi intestinale font progresser son contenu.

L'absorption met en jeu la muqueuse intestinale, tissu de revêtement de la paroi de l'intestin, formé de l'épithélium intestinal et d'un tissu conjonctif. En traversant cette muqueuse, les nutriments passent du milieu extérieur, la lumière intestinale, au milieu intérieur, le sang. L'organisme absorbe : elle présente une grande surface, une faible épaisseur et une vascularisation importante, caractéristiques d'une surface d'échanges (figure 1.6).

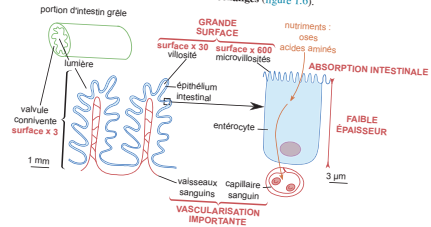


Figure 1.6 La muqueuse intestinale, une surface spécialisée dans l'absorption des nutriments.

Le transit se poursuit dans le colon, où subsiste la fraction des aliments qui n'a pas été digérée ainsi que de l'eau, en partie absorbée à travers la paroi du colon. Les fèces (bouses) sont élaborées. Elles transiteront dans le rectum puis seront émises lors de l'égestion.

b) Approvisionnement en O₂ au niveau de surfaces d'échanges respiratoires internalisées

Le milieu aérien est riche en O₂ (21 %), ce qui présente un avantage. En revanche, c'est un milieu desséchant et les échanges gazeux respiratoires (prélèvement d'O₂ et rejet de CO₂) s'ac-

Présentation de l'ouvrage

une partie pour réviser

une partie pour s'entraîner

ST-C • La dynamique des enveloppes internes

Réviser

Résumé

La Terre produit et dissipe une énergie interne dont l'origine est multiple : énergie d'accrétion initiale, désintégration d'éléments radioactifs, cristallisation du noyau externe. Les transferts de chaleur au sein de la planète se font par des processus conductifs dans la graine et au niveau de couches limitées thermiques, ou par des mouvements de convection au sein du noyau externe, du manteau inférieur et du manteau asthénosphérique.

Sources de chaleur :

- radioactivité du manteau et de la croûte continentale
- cristallisation du noyau externe
- énergie d'accrétion initiale

Modes de transfert thermique :

- conduction
- convection

Dissipations d'énergie en surface :

- flux géothermique
- tectonique des plaques

Figure de synthèse Les transferts thermiques dans le globe : origine et modalités. La convection dans le noyau externe n'a pas été représentée.

106

CHAPITRE 1 Le devenir de la matière organique

S'entraîner

QCM de connaissances

- L'acétyl-coenzyme A :
 - a. Peut être formé par oxydation d'un acide gras.
 - b. Est produit au cours de la glycolyse.
 - c. Est consommé au cours du cycle de Krebs.
 - d. Est une chaîne à 6 carbones, portée par un coenzyme.
- La glycolyse :
 - a. Peut être activée quand les besoins cellulaires en ATP augmentent.
 - b. Se déroule dans la matrice mitochondriale.
 - c. Provoque une oxydation du carbone et aboutit à une libération de CO_2 .
 - d. Est une oxydation du glucose associée à une réduction de coenzymes redox.
- Le pouvoir réducteur :
 - a. Est consommé par le cycle de Krebs.
 - b. Est consommé par le cycle de Calvin.
 - c. Est produit par la chaîne respiratoire.
 - d. Est consommé par la chaîne respiratoire.
- Dans une cellule végétale autotrophe, les trioses-P issus du cycle de Calvin :
 - a. Peuvent être oxydés par le catabolisme oxydatif, permettant la formation d'ATP.
 - b. Sont une association de 3 oses reliés par des groupements phosphate.
 - c. Sont des oses à 3 carbones, portant un groupement phosphate.
 - d. Peuvent être stockés sous forme de glycogène au niveau des chloroplastes.

QCM à partir de documents

Phosphorylation oxydative dans la mitochondrie (d'après sujet de CAPES externe 2004)

NB : pour cet exercice, on conseille de se remémorer la figure 11.12.

Une suspension de mitochondries est introduite au temps zéro dans un milieu tamponné préalablement oxygéné et présentant un excès de phosphate inorganique P_i . Grâce à une électrode de Clark, on suit l'évolution de la concentration en dioxygène du milieu (figure 11.16) pendant que la suspension est soumise à divers traitements (a, b, c).

Dans les 3 cas (a, b et c), on ajoute une quantité précise d'ADP (90 μmol) d'une part et un donneur d'électrons en excès d'autre part. Ce donneur d'électrons peut être soit le NADH (traitement a) où le malate va libérer du NADH), soit le FADH_2 (traitement b) où le succinate va libérer du FADH_2), soit un mélange α -ascorbate + TMPD qui va donner directement les électrons à la cytochrome c de la chaîne respiratoire (traitement c).

- Suite aux différents traitements (a, b et c) :
 - a. Les électrons sont transférés du donneur d'électrons jusqu'à l'ADP.
 - b. La concentration en O_2 diminue du fait de la réduction de l' O_2 en H_2O .
 - c. La réaction s'arrête lorsqu'il n'y aura plus d'ADP.
 - d. La réaction s'arrête lorsqu'il n'y aura plus de donneur d'électrons.
- À propos des réactions redox qui ont lieu suite aux différents traitements (a, b et c), on peut dire que :
 - a. La consommation de 15 μmol d' O_2 suite au traitement a, signifie que 30 μmol de NADH ont été oxydés.

349

Les corrigés des QCM et exercices

Corrigés des QCM et exercices

CHAPITRE 1

QCM de connaissances

- a ; ● c ; ● b ; ● e et d.

QCM à partir de documents

● a., d. et f. VRAL. L'énoncé évoque un pH ruminal moyen au cours d'une journée, ce qui suggère plusieurs mesures par point. R est proche de 1 (en valeur absolue), il y a donc une corrélation entre pH ruminal moyen et teneur en amidon de la ration. On peut faire l'hypothèse d'un lien de causalité entre ces paramètres ; cependant d'autres facteurs peuvent intervenir (taille des particules de la ration, vitesse d'ingestion...).

● e. et e. VRAL. Les valeurs de pH ruminal figurent en abscisse, il ne s'agit pas de variations au cours du temps et ce graphique résulte vraisemblablement d'un ensemble de données obtenues sur plusieurs animaux au cours de plusieurs expériences. L'acide lactique est présent lorsque le pH est inférieur à 6 et sa teneur est bien plus élevée pour un pH inférieur à 5,5, quand la flore amylolytique est active, et non la flore cellulolytique. Un excès d'amidon dans la ration favorise les bactéries capables de l'hydrolyser au détriment des bactéries cellulolytiques, ainsi qu'un pH acide : le fonctionnement de l'écosystème ruminal est donc perturbé.

Question de synthèse courte

Introduction

- Définir « vache » : mézozoïque ; mentionner ses fonctions vitales et les caractéristiques du milieu aérien (avantages et contraintes pour les organismes).

- Définir « adaptation » (caractère héréditaire permettant de vivre dans un milieu mieux que sans ce caractère et mieux que dans un autre milieu)

Dans quelle mesure les modalités de réalisation des fonctions vitales de la vache présentent-elles des adaptations au milieu aérien ?

1. Adaptations à un milieu à faible disponibilité en eau

Approvisionnement en eau de l'organisme (sources d'eau ; localisation de l'absorption), des cellules (par le sang, la lymphe) ; importance de l'insalivation des aliments.

Adaptations permettant de limiter les pertes d'eau : invagination des surfaces respiratoires ; uréotélie ; déshydratation des fèces ; tegument imperméabilisé.

Adaptations évitant le dessèchement de surfaces spécialisées : fécondation interne ; viviparité ; paupières.

2. Adaptations à un milieu de faible densité, faible viscosité

Faible portance du milieu : soutien de l'organisme (endosquelette osseux), des organes (anneaux cartilagineux de la trachée, surfactant des parois alvéolaires), de l'embryon (liquide amniotique). Structures permettant le déplacement dans un milieu opposant une faible résistance : membres parasagittaux.

3. Adaptations à un milieu à forte variabilité de température

Régulation de la température corporelle ; viviparité.

4. Adaptations tirant parti de propriétés avantageuses

Adaptations à un milieu gazeux : teneur élevée en O_2 (ventilation pulmonaire bidirectionnelle) ; diffusion facile des molécules gazeuses (olfaction développée).

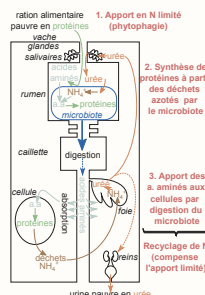
Adaptations à un milieu qui transmet bien les ondes : vision développée (ondes lumineuses) ; audition (ondes sonores)

Conclusion. Résumé des points importants :

adaptations structurales et fonctionnelles au milieu aérien. Ces adaptations résultent de la sélection naturelle.

La domestication a entraîné un autre type de sélection (artificielle) et qui d'une certaine façon protège la vache et l'élevage de la variabilité du milieu terrestre.

Entraînement au schéma de synthèse



L'hétérotrophie à l'azote de la vache permet par la symbiose.

Des TP richement illustrés

TP 11 La fleur des angiospermes

Chez la sauge, l'insecte heurte la base des **étamines qui basculent** et déposent du pollen sur son dos (figure TP11.9). Chez certaines orchidées (figure TP11.8), les **pollinies** sont reliées par un petit pédoncule à un disque collant qui se fixe sur le corps de l'insecte.



Figure TP11.8 Un exemple d'organisation attractive pour les insectes : la fleur des orchidées. (a) *Ophrys frelon* (*Ophrys holosericea*) ; (b) *Ophrys mouche* (*Ophrys insectifera*). Le pétale inférieur, ou labelle (L), présente un aspect qui mime une femelle d'une espèce précise d'insecte ; les grains de pollen sont regroupés en deux amas, les pollinies (P).

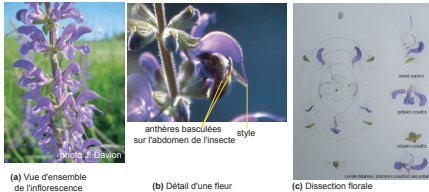


Figure TP11.9 Un exemple de dispositif optimisant la pollinisation chez la sauge des prés (*Salvia pratensis*, lamiacées).

3.3 Des dispositifs favorisant l'allopollinisation

Bien que la plupart des fleurs soit hermaphrodite, il existe des dispositifs favorisant la pollinisation croisée ou **allopollinisation** (par opposition à l'autopollinisation).

- Séparation des sexes dans l'espace ; chez les espèces dites **monioïques**, les fleurs sont unisexuées, soit mâles soit femelles et le plant porte les deux types de fleurs. C'est le cas du maïs

© D. Haud, tous droits réservés. Tous droits réservés. Tous droits réservés.

Des sujets de synthèse corrigés et commentés

Sujets de synthèse

Sujet 1 L'ATP 3.

Définissez le thème central du sujet.

Procédez à un quadrillage du sujet, sans préjuger du plan qui sera ensuite construit. Posez-vous des questions simples : quoi ? où ? quand ? comment ? pourquoi ?

Notez des mots clés (en gras !).

Envisagez les phénomènes impliqués par le thème dans toute la diversité du vivant. Ici, différents types cellulaires ; dans d'autres sujets, penser aux différents niveaux d'organisation du vivant (cellule, organisme, etc.), localisation intracellulaire ou extracellulaire...

Envisagez les phénomènes impliqués par le thème dans un cadre temporel. Selon les cas, ce cadre peut correspondre à différents stades de développement d'un organisme, à différents états d'activité, avec ou non mise en relation avec des facteurs environnementaux.

1. Analysez le sujet

L'ATP (adénosine triphosphate) constitue une **molécule clé du fonctionnement métabolique** de la cellule par son **utilisation** dans de multiples processus cellulaires ; sa présence dans les cellules repose sur un **renouvellement** moléculaire permanent. Il s'agit ici d'étudier l'ensemble des **aspects cellulaires** touchant à l'ATP, en mettant en relation autant que possible, structures moléculaires, propriétés chimiques et caractères biologiques.

2. Recherchez des idées

L'ATP, quoi ?

- Sa **structure** : **nucéotide** (adénine, ribose, 3 groupements phosphate) ; **formule développée** ; charges négatives ; chélatée in vivo avec Mg^{2+} .
- Ses **propriétés** : **hydrolyse exergonique** ; relations ATP, ADP, AMP, pyrophosphate inorganique (PPi) ; aspects énergétiques de l'hydrolyse (enthalpie libre de la réaction d'hydrolyse, standard ou aux concentrations intracellulaires).

- **Bases structurales des propriétés de l'ATP** : signification des « **liaisons riches en énergie** ».
- **Molécule impliquée dans les transferts de groupements phosphate** : notion de potentiel de transfert de groupements phosphate ; potentiel intermédiaire qui permet à l'ATP de jouer un rôle efficace de vecteur de groupe phosphorylé.

L'ATP, où ?

- ATP : constituant **intracellulaire**.
- ATP présent dans toutes cellules avec des **variations** :
 - organisation différente des cellules (avec ou sans endomembranes) ;
 - **métabolismes** différents (cellules chimioorganotrophes, photolithotrophes, chimiolithotrophes).

Dans les cellules, il faut envisager les **lieux de production et les lieux d'utilisation** :

- **membranes** (ATP synthases, pompes membranaires ATP dépendantes) ;
- **hyaloplasme** (glycolyse ; utilisations diverses : biosyntheses, motilité, etc.) ;
- compartiments autres que le hyaloplasme (**matrice mitochondriale** ; **stroma chloroplastique**).

L'ATP, quand ?

- Synthèse et utilisation permanentes de l'ATP : **turnover très élevé**.
- L'ATP n'est pas une forme de stockage ; l'ATP est un **vecteur énergétique**.
- **Variations des concentrations cellulaires en relation avec l'activité de la cellule** (ex : contraction musculaire).
- Modifications de l'activité des différentes voies métaboliques en relation avec les besoins cellulaires (ex : contrôle de la glycolyse), en relation avec les conditions du fonctionnement (métabolisme anaérobie/aérobie dans la cellule musculaire), en relation avec le cycle cellulaire.

TP 11 La carte de France au millionième

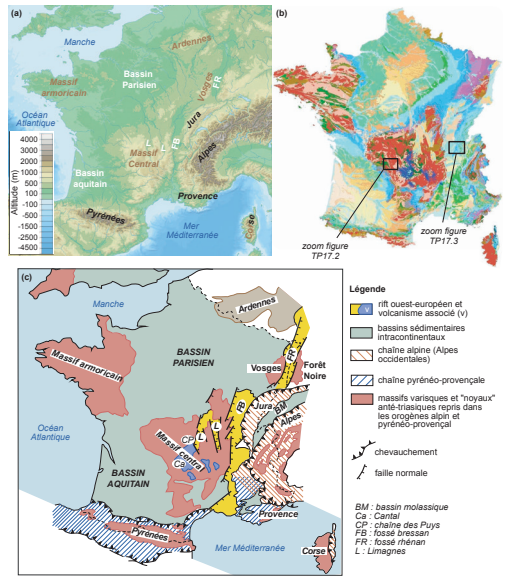


Figure TP17.1 (a) Topographie de la France métropolitaine (© Eric Gaba - Wikimedia Commons user - Sting). (b) Carte géologique simplifiée de la France métropolitaine (© BRGM). (c) Schéma structural représentant les grands ensembles géologiques de la France métropolitaine.

© D. Haud, tous droits réservés. Tous droits réservés. Tous droits réservés.

Des fiches méthodes qui regroupent des conseils

FICHE MÉTHODE

3 Analyser un ensemble documentaire

L'analyse d'un ensemble de documents est un exercice proposé dans toutes les épreuves écrites des concours. Les documents sont alors accompagnés d'explications souvent détaillées et de questions précises. Elle peut également être pratiquée à l'oral, à partir d'un support écrit moins développé, qui est alors complété par les interventions de l'interrogateur.

Les sujets comprennent un certain nombre de documents généralement choisis pour permettre le détournement progressif d'un raisonnement vers l'élaboration d'une synthèse sur le problème biologique ou géologique considéré. Il importe de maîtriser l'analyse et l'interprétation de chaque document, sans omettre d'inscrire celles-ci dans le fil du raisonnement. La mise en œuvre de cette méthode de travail est illustrée dans le sujet de synthèse 5.

1 LE DOCUMENT, SOURCE D'INFORMATIONS

On se limitera ici à l'étude de documents exposant des résultats expérimentaux.

Comprendre l'objectif d'une expérience et le protocole suivi

- Identifier le **problème** que l'on cherche à résoudre et qui motive l'élaboration de l'expérience.
- Identifier les **facteurs** que l'expérimentateur choisit de faire varier (**facteurs variants**) et les **facteurs mesurés** ou **étudiés** au cours de l'expérience.
- Ne paraphraser pas la présentation du protocole du document mais soyez capable, si nécessaire, d'exposer le **principe de l'expérience**.

Analysez les résultats

Il s'agit avant tout de trier et de faire apparaître les informations pertinentes qui permettent d'avancer dans la compréhension du phénomène ; évitez à encore toute paraphrase du document.

- Portez une grande attention à la **présentation des résultats expérimentaux** : analysez les unités et les échelles des documents (attention aux échelles logarithmiques de certains graphiques).
- Identifier les **émoions** qui permettent de détecter l'existence de biais expérimentaux ; comprenez leur signification ; comparez-les avec les autres groupes étudiés pour conclure.
 - les **émoions négatifs** permettent de montrer le résultat obtenu en cas de test négatif ou de montrer qu'une condition attendue comme négative est bien négative ;
 - les **émoions positifs** permettent de montrer le résultat obtenu en cas de test positif ou de montrer qu'une condition attendue comme positive est bien positive.
- **Construisez des comparaisons** entre groupes ne différant que par un seul facteur, pour identifier le rôle de celui-ci.
- **Développez si nécessaire des analyses quantitatives** : calculs de rapports, de pourcentage,...
- **Développez une analyse critique** : identifier d'éventuelles sources de biais méthodologiques, commentez les incertitudes statistiques sur les valeurs expérimentales quantifiées et la significativité des différences observées.

Inscrirez l'interprétation dans le cadre de la question posée

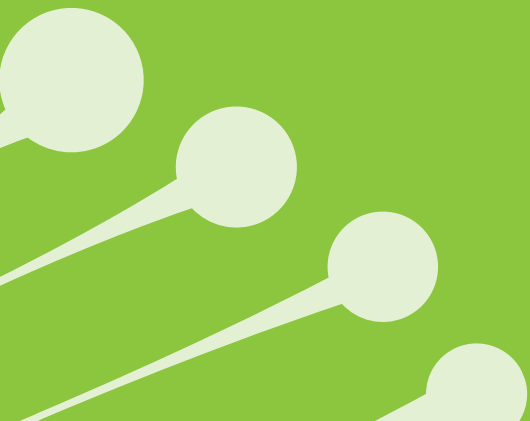
- Faites apparaître une **réponse claire et précise** à celle-ci.
- **Distinguez clairement les conclusions**, démontrées par les données expérimentales, et les **hypothèses** susceptibles d'interpréter un résultat.
- **Évitez toute surinterprétation des résultats** et distinguez bien relations de **causalité** (cause à effet) et **corrélations**.

Pour réaliser cette étape, il faut maîtriser dans leurs principes et leurs protocoles, les techniques et les méthodes de biologie les plus fréquemment utilisées, notamment au niveau cellulaire et moléculaire (doté, électrophorèse, etc.), et le vocabulaire technique associé. La fiche méthode 5 vous aidera à les recenser.

L'analyse des résultats demande ainsi :
 - d'identifier et d'extraire les informations essentielles et significatives d'un document en relation avec le problème posé ;
 - de les relier qualitativement et quantitativement ;
 - d'exploiter leur complémentarité éventuelle ou leur complémentarité avec des informations acquises sur d'autres documents ;
 - de considérer les informations de manière critique.



BIOLOGIE



L'organisme vivant en lien avec son environnement

OBJECTIFS DU PROGRAMME

Savoirs visés

Les différents appareils de la vache sont reliés aux fonctions de nutrition, reproduction et relation. Certaines de leurs caractéristiques sont liées au milieu de vie. **chap. 1, § 1.2** Fonctions des appareils digestif **chap. 1, § 2.1**, circulatoire **chap. 1, § 2.3 et Zoom 4**, respiratoire **chap. 1, § 2.2b et § 2.4**, excréteur **chap. 1, § 2.5**.

Le microbiote du rumen produit une partie des nutriments utilisés par la vache. **chap. 1, Zoom 2**

L'appareil reproducteur produit des gamètes par méiose et sécrète des hormones. C'est le lieu de la fécondation et de la gestation dans l'organisme maternel. La reproduction sexuée est un processus conservatoire et diversificateur, ce qui permet la sélection. **chap. 1, § 3**

La vache est incluse dans des relations intraspécifiques et interspécifiques. **chap. 1, § 4.1 et Zoom 5**

La survie individuelle des organismes dépend de processus de perception du milieu, de réaction ou de protection (dont le tégument). **chap. 1, § 4.2**
Notion de boucle de régulation. **chap. 1, § 4.2c**

Différents organes et tissus participent aux fonctions de nutrition, de relation et de reproduction. **chap. 2, § 2 et 3**
Certaines des caractéristiques des fabacées sont liées au milieu de vie. **chap. 2, Zoom 4**

L'appareil végétatif grandit de façon indéfinie à partir de méristèmes. Les vastes surfaces d'échanges avec l'environnement permettent à un végétal de produire de la matière organique (autotrophie). Les organes sources coopèrent avec les organes puits. **chap. 2, § 2**

L'organisme est en interactions multiples avec son environnement abiotique et biotique. La symbiose entre fabacée et bactérie *Rhizobium*, fixatrice d'azote, augmente la biomasse de la fabacée. **chap. 2, § 2.4**

Les végétaux sont des producteurs primaires. Leur importance dans les agroécosystèmes conduit à une sélection par l'être humain. **chap. 2, § 2.5**

Capacités exigibles

- Identifier les principaux caractères morphologiques et anatomiques pour positionner une vache au sein d'une classification phylogénétique. **chap. 1, § 1.1 et Zoom 1**
- Argumenter la complémentarité, la coopération et la coordination fonctionnelles des différents appareils.
- Construire un schéma fonctionnel synthétique des appareils impliqués dans la fonction de nutrition. **chap. 1, Zoom 3**

- Repérer au cours de la reproduction sexuée les moments et les modalités de diversification des génotypes.

- Différencier et illustrer les différents types relations interspécifiques impliquant la vache.
- Identifier les principales étapes menant de la perception d'une variation de paramètre physico-chimique du milieu à la mobilité de l'organisme. **chap. 1, § 4.2a**

- Identifier les principaux caractères morphologiques et anatomiques pour positionner une fabacée au sein d'une classification phylogénétique. **chap. 2, § 1**
- Caractériser le développement de l'appareil végétatif et de l'appareil reproducteur des Angiospermes au cours du cycle saisonnier et argumenter le caractère d'organe « source » ou d'organe « puits ». **chap. 2, Zoom 1**
- Construire un schéma fonctionnel de la plante. **chap. 2, figure de synthèse**

- Placer les paramètres du milieu exerçant une influence sur le cycle de reproduction de la plante. **chap.2, Zoom 1**
- Exploiter des résultats expérimentaux sur les tropismes. **chap. 2, Zoom 2**

- Illustrer différents usages des Fabacées (engrais vert, alimentation). **chap. 2, Zoom 3**

Chapitre 1

Regards sur un organisme métazoaire : un bovidé

Cours

PLAN DU CHAPITRE

- 1 Place de la vache au sein des métazoaires
- 2 Les fonctions de nutrition d'un organisme hétérotrophe
- 3 La production de nouveaux individus par la reproduction sexuée
- 4 Des interactions multiples avec son environnement

ZOOM

- 1 Principes d'une classification phylogénétique
- 2 L'écosystème ruminal
- 3 Régionalisation fonctionnelle de l'appareil digestif
- 4 Les fonctions du sang
- 5 Le cycle de reproduction de la vache
- 6 La vache et l'eau

INTRODUCTION

La vache est un animal domestique emblématique des campagnes. C'est un des exemples choisis pour caractériser un organisme vivant, c'est-à-dire le replacer dans la diversité des autres animaux et comprendre comment il réalise ses fonctions vitales : fonctions de nutrition, qui permettent les échanges de matière et d'énergie avec le milieu de vie ; fonctions de reproduction, qui permettent de produire de nouveaux individus et fonctions de relation qui recouvrent les interactions entre l'organisme et son milieu.

- ➔ **Quelle est la place de la vache au sein du vivant, compte tenu de ses caractéristiques ?**
- ➔ **Comment l'organisation de la vache permet-elle la réalisation des fonctions de nutrition, de reproduction et de relation dans un milieu aux conditions variables ?**

1 Place de la vache au sein des métazoaires

On distingue des caractères **morphologiques**, observables extérieurement, et des caractères **anatomiques**, qui concernent les appareils, organes et tissus constituant un organisme.

1.1 Principaux caractères morphologiques permettant de classer la vache

L'étude morphologique de la vache permet d'argumenter son appartenance au clade des métazoaires, qui désigne les animaux.

- Sa taille (métrique) dépasse très largement celle d'une cellule (100 μm) : c'est celle d'un organisme pluricellulaire formé de divers organes qui résultent eux-mêmes de l'assemblage de tissus (ensembles de cellules).

- La vache possède une bouche et consomme de l'herbe, elle est hétérotrophe. D'autres arguments morphologiques permettent de préciser sa place au sein des métazoaires (figure 1.1).

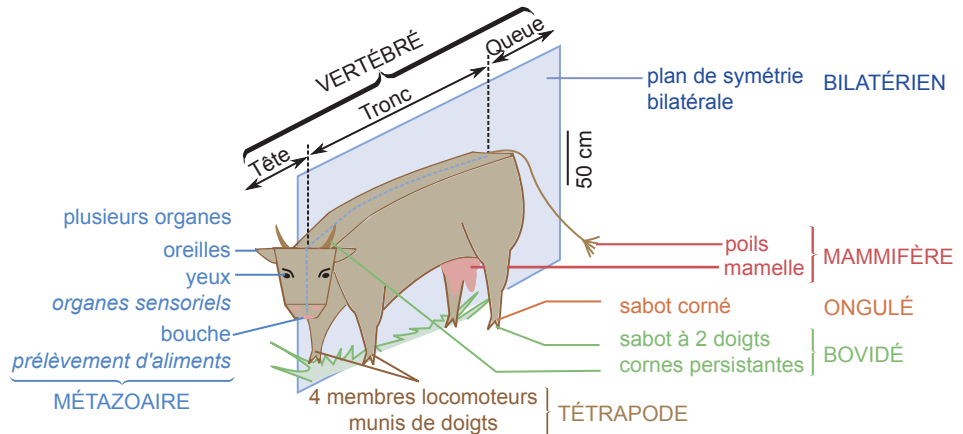


Figure 1.1 Des caractères morphologiques pour établir la position systématique de la vache.

1.2 Principaux caractères anatomiques permettant de positionner la vache au sein des métazoaires

Des caractères anatomiques permettent de compléter le positionnement de la vache au sein du clade des métazoaires (figure 1.2). Les caractères partagés avec la souris, autre mammifère euthérien, seront observés en TP.

CARACTÈRES ANATOMIQUES	POSITION SYSTÉMATIQUE
Plusieurs organes → organisme pluricellulaire Appareil digestif → <i>animal</i>	MÉTAZOIRE
Crâne + colonne vertébrale Appareil circulatoire clos Tube digestif en trois parties : œsophage, estomac et intestin Foie et pancréas distincts	VERTÉBRÉ
Quatre pattes, membres locomoteurs de type chirodien	TÉTRAPODE
Glandes mammaires produisant du lait	MAMMIFÈRE
Chez la femelle : utérus = organe de la gestation	EUTHÉRIEN
Estomac (caillette) et trois « pré-estomacs » (dont la panse)	RUMINANT
Pas de canines, pas d'incisives supérieures	BOVIDÉ

Figure 1.2 Des caractères anatomiques pour établir la position systématique de la vache.

Organes des fonctions de nutrition en rose (voir § 1.2) ; fonctions de reproduction en violet (voir § 1.3) et fonctions de relation en orange (voir § 1.4).

Les rôles de tous ces organes seront étudiés dans le cadre de la réalisation des fonctions vitales de la vache.

ZOOM 1

Principes d'une classification phylogénétique

1.3 Bilan : la position systématique de *Bos taurus*

La classification phylogénétique des métazoaires montre le degré de parenté entre espèces, familles, etc. L'espèce *Bos taurus* appartient à la sous-famille des bovinés, à laquelle appartient

également le bison par exemple. Ces deux espèces ont un lien de parenté plus étroit entre elles qu'avec la chèvre, espèce qui appartient comme eux à la **famille des bovidés** (figure 1.3).

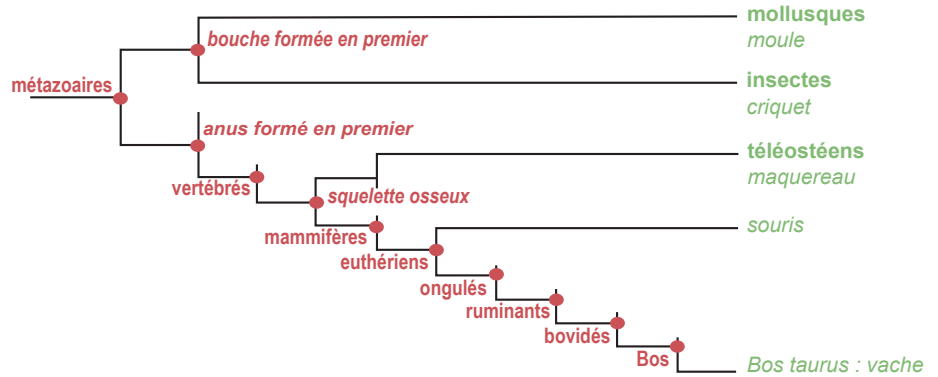


Figure 1.3 Récapitulation de la place de la vache au sein des métazoaires.

Les autres animaux indiqués seront étudiés en TP.

2 Les fonctions de nutrition d'un organisme hétérotrophe

Comme tous les animaux, la vache tire son énergie et les éléments nécessaires au renouvellement de ses cellules, de la matière organique élaborée par d'autres êtres vivants : c'est un **hétérotrophe**. Les échanges de matière et d'énergie, entre la vache et son milieu, sont réalisés dans le cadre des fonctions de nutrition : alimentation et digestion, respiration, circulation et excrétion des déchets.

2.1 Du prélèvement des aliments à leur transformation en nutriments

a) Prélèvement d'aliments végétaux : phytophagie

La vache est un phytophage : elle consomme des végétaux. Ce régime alimentaire présente des **avantages** : la **grande disponibilité** des aliments, d'où une moindre dépense énergétique pour se les procurer, et leur **richesse en eau** (70 %) dans un milieu aérien qui en contient peu. Il présente aussi des **inconvenients** : la **cellulose** est un constituant majeur de la paroi des cellules végétales, donc de la ration alimentaire. Or la digestion de cette molécule nécessite **une enzyme, la cellulase**, que la vache ne produit pas (peu d'animaux la produisent). De plus, cette ration alimentaire est relativement **pauvre en protéines, en lipides et en matière minérale**.

Le prélèvement des aliments (environ 15 kg de matière sèche/j) et d'eau de boisson (50 à 100 L/j) met en jeu des **organes de préhension** : l'herbe est fauchée par la langue, pincée par les lèvres, les incisives inférieures et le bourrelet incisif (il n'y a pas d'incisives supérieures), puis déglutie sans être mastiquée. Pour boire, la vache immerge le museau dans l'eau et aspire. Les aliments et l'eau prélevés sont stockés dans la **panse ou rumen**, premier des « pré-estomacs » de la vache. **La denture** (ensemble des dents en nombre, nature et disposition) de la vache et la forme de l'articulation de la mâchoire inférieure (mandibule) reflètent la nature de son régime alimentaire (figure 1.4).

b) La rumination : une étape de la digestion propre aux polygastriques

Chez la vache, la phase de préhension des aliments ne s'accompagne d'aucune transformation, ce qui permet de limiter la durée de la prise alimentaire (environ 8 heures par jour) et donc l'exposition à d'éventuels prédateurs dans le cas d'espèces sauvages. Elle est suivie de la rumination, première étape de la **digestion** au cours de laquelle le tube digestif et ses glandes annexes (glandes salivaires, foie, pancréas) exercent deux types de transformations :

- une **transformation mécanique** : les aliments sont broyés (notamment par la mastication), imprégnés de salive, et transformés en liquide visqueux ;

Voir chapitre 9, § 2.4

- une **transformation chimique** : des hydrolyses, essentiellement, produisent de petites molécules, les nutriments, à partir des aliments.

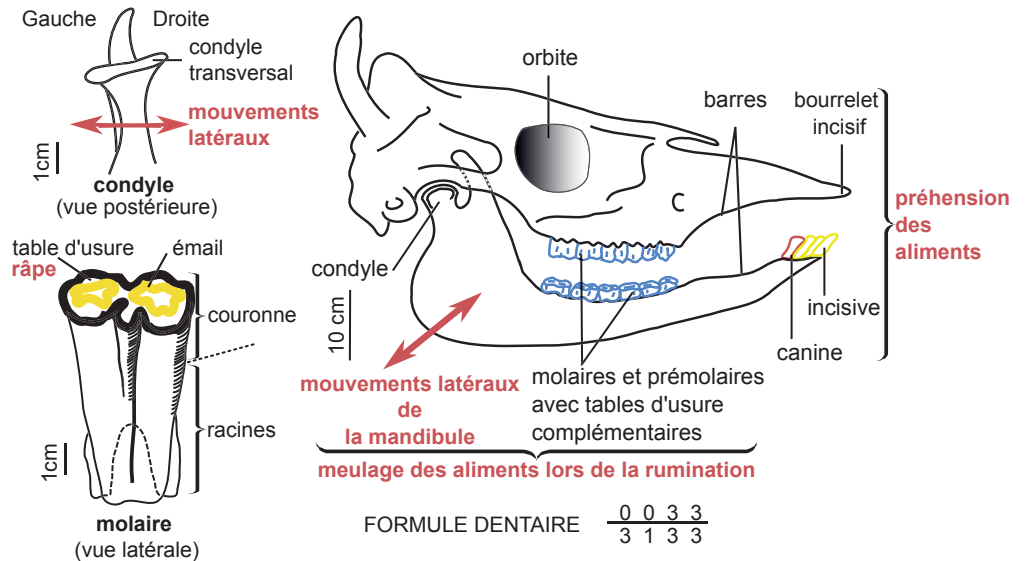


Figure 1.4 Les organes de préhension et mastication. Vue latérale droite du squelette céphalique ; détail du condyle et d'une molaire.

La table d'usure des prémolaires et molaires résulte de l'abrasion liée à la mastication ; la croissance continue de ces dents tout au long de la vie de l'animal compense l'usure de la couronne. La **formule dentaire** indique le nombre d'incisives/canines/prémolaires/molaires par demi-mâchoire supérieure et inférieure.

Chez les ruminants, encore qualifiés de « polygastriques », l'estomac est compartimenté en quatre chambres successives, de l'avant vers l'arrière (figure 1.5) :

- la panse (ou rumen) ;
- le réseau (ou réticulum) ;
- le feuillet (ou omasum) ;
- la caillette (ou abomasum).

Chaque compartiment contribue de manière spécifique au mode de digestion particulier qu'est la rumination, caractéristique des ruminants. La rumination s'effectue en 10 à 15 périodes journalières, de quelques minutes à plus d'une heure, ce qui représente au total environ 8 heures.

Au cours de chaque période se succèdent des cycles de 3 étapes (figure 1.5).

La rumination assure le broyage des fibres végétales, ce qui facilite l'hydrolyse de leurs constituants. Elle imprègne les aliments de salive, produite en abondance par les ruminants (100 à 190 L/jour).

c) La rumination : des transformations chimiques par des microorganismes

Pendant la rumination, les aliments fragmentés subissent des transformations chimiques qui mettent en jeu des **enzymes** produites, non par la vache, mais par des **symbiotes hébergés dans le rumen** : ces symbiotes **réalisent donc la digestion de la ration alimentaire de la vache**. Ces symbiotes sont des microorganismes : **bactéries, archées, champignons** microscopiques et des **unicellulaires ciliés** ; leur masse totale dans le rumen est de 2 à 3 kg, elle s'accroît de 60 à 70 % par jour (excédent qui sera ensuite digéré).

Les transformations chimiques sont de deux types :

- des **hydrolyses**, dont celle de la cellulose par la cellulase, conduisent à une simplification des molécules présentes dans les aliments de la vache.

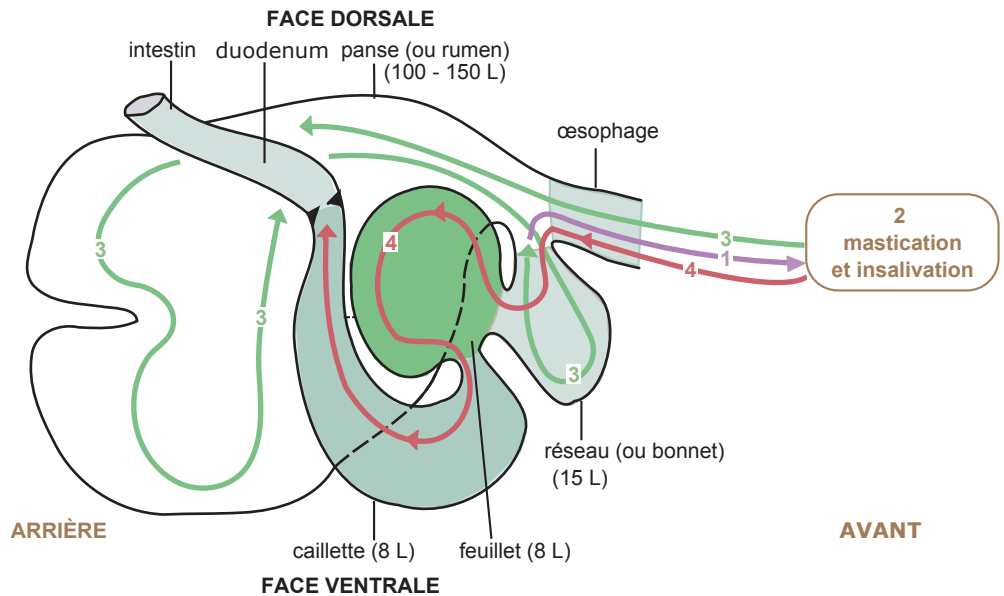


Figure 1.5 Le tube digestif de la vache (vue latérale droite) et les étapes de la rumination.

La **caillette** est la seule à être considérée comme un **estomac**, car des enzymes hydrolytiques sont produites par sa paroi. Les trois autres compartiments correspondent à une dilatation terminale de l'œsophage et sont qualifiés de « **pré-estomacs** ».

Étapes d'un cycle de rumination par ordre chronologique. 1 : régurgitation d'une partie du contenu du rumen et du réseau. 2 : mastication et imprégnation de salive (insalivation). 3 : déglutition puis brassage avec le contenu du rumen. Lorsque la taille des particules est suffisamment réduite, le trajet se poursuit dans la suite du tube digestif (4).

- des **fermentations**, **oxydations incomplètes** des petites molécules issues de l'hydrolyse, permettent aux microorganismes de récupérer sous une forme directement utilisable une partie de l'énergie chimique potentielle représentée par les molécules organiques. Elles ne nécessitent pas d'O₂ (en général) : ce sont des **processus anaérobies**. Les produits des fermentations réalisées par les symbiotes sont **libérés dans le rumen**. Ils sont alors réutilisés par d'autres symbiotes, absorbés par la vache à travers la paroi de la panse, ou éliminés par éructation. Ainsi, le rumen est une énorme « cuve de fermentation » où les aliments sont exposés pendant un temps prolongé et dans des conditions favorables à l'action des microorganismes. Périodiquement, une partie du contenu du rumen transite vers les compartiments suivants.

d) Poursuite des transformations chimiques par les enzymes de la vache

Les transformations chimiques se poursuivent avec les enzymes produites par la vache.

- La **caillette** sécrète un suc gastrique acide (pH 1 à 2 en raison de la présence de HCl) qui contient une protéase, la **pepsine**, et le **lysozyme**, qui catalyse l'hydrolyse de constituants de la paroi des bactéries. Ces enzymes permettent la **digestion** des résidus alimentaires non dégradés dans le rumen et **des symbiotes** entraînés avec le contenu du rumen. Cette particularité fait de la vache un **microphage**, c'est-à-dire un organisme qui se nourrit de microorganismes.
- Dans le **duodénum** sont déversées des enzymes du suc pancréatique et d'autres sécrétées par la paroi intestinale, ainsi que la bile sécrétée par le foie (et stockée dans la vésicule biliaire). La bile a la propriété d'émulsifier les lipides, c'est-à-dire de les disperser en gouttelettes, ce qui facilite leur digestion par les enzymes.

Voir chapitre 11
zoom 2

ZOOM 2

L'écosystème ruminal

La digestion se déroule donc de façon séquentielle, grâce à la coopération de différentes régions fonctionnelles spécialisées de l'appareil digestif de la vache.

La coopération existe aussi à une autre échelle, entre les microorganismes et la vache, d'une part et entre les microorganismes eux-mêmes d'autre part. Ainsi la vache et le microbiote qu'elle héberge constituent une entité fonctionnelle supérieure à l'organisme, appelé holobionte.

2.2 L'entrée de matière dans l'organisme au niveau de surfaces d'échanges

a) Absorption de l'eau et des nutriments au niveau de surfaces spécialisées du tube digestif

Les **acides gras volatils** résultant des fermentations réalisées par les symbiotes sont absorbés au niveau du **rumen**. L'**eau** et les **ions minéraux** le sont au niveau du **feuillet**.

Les **nutriments** issus de la digestion dans la caillette puis le duodénum sont absorbés dans l'**intestin grêle**. L'intestin particulièrement long est typique d'un herbivore. Des contractions de la paroi intestinale font progresser son contenu.

L'absorption met en jeu la **muqueuse intestinale**, tissu de revêtement de la paroi de l'intestin, formé de l'épithélium intestinal et d'un tissu conjonctif. En traversant cette muqueuse, les nutriments passent du milieu extérieur, la lumière intestinale, au milieu intérieur, le sang. L'organisation de la muqueuse intestinale et des cellules épithéliales (entérocytes) favorise l'absorption des nutriments : elle présente une grande surface, une faible épaisseur et une vascularisation importante, caractéristiques d'une **surface d'échanges** (figure 1.6).

Voir chapitre 5, § 2.2

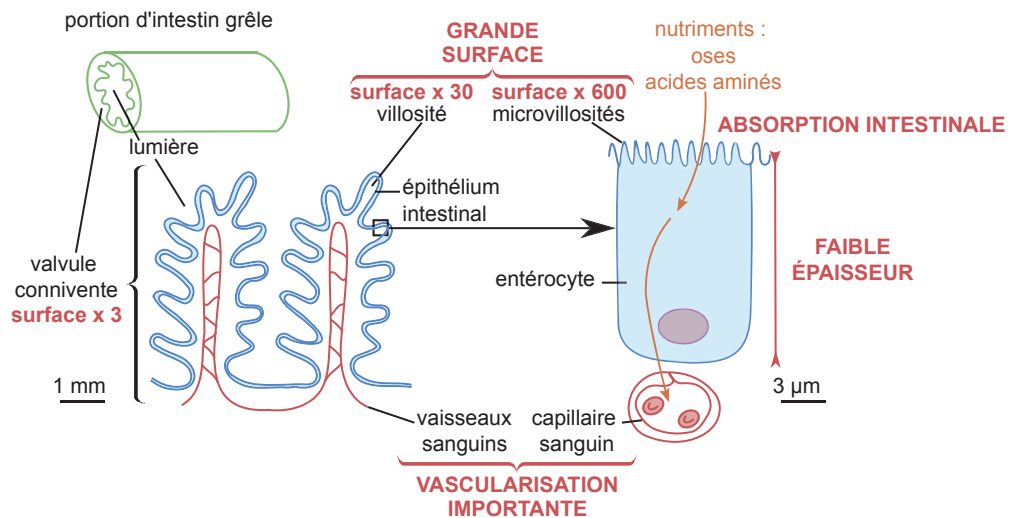


Figure 1.6 La muqueuse intestinale, une surface spécialisée dans l'absorption des nutriments.

ZOOM 3

Régionalisation fonctionnelle de l'appareil digestif

Le transit se poursuit dans le **colon**, où subsiste la fraction des aliments qui n'a pas été digérée ainsi que de l'eau, en partie absorbée à travers la paroi du colon. Les **fèces** (bouses) sont élaborées. Elles transiteront dans le rectum puis seront émises lors de l'**égestion**.

b) Approvisionnement en O_2 au niveau de surfaces d'échanges respiratoires internalisées

Le milieu aérien est riche en O_2 (21 %), ce qui présente un avantage. En revanche, c'est un milieu desséchant et les échanges gazeux respiratoires (prélèvement d' O_2 et rejet de CO_2) s'ac-

Voir chapitre 3, § 1.2

compagnent de pertes d'eau qui sont cependant limitées grâce à l'organisation fonctionnelle de l'appareil respiratoire. Celui-ci comprend (figure 1.7) :

- des **voies aérophores** qui conduisent l'air aux poumons et débouchent dans les alvéoles (structures en cul-de-sac) ;
- des **surfaces d'échanges gazeux respiratoires**, les parois des nombreuses alvéoles pulmonaires.

L'air pénètre dans les voies aérophores puis dans les poumons lors de l'inspiration active : la contraction des muscles de la cage thoracique entraîne l'augmentation de son volume et une dilatation des poumons par l'intermédiaire des plèvres. Lorsque ces muscles se relâchent à l'expiration, l'air suit le chemin inverse. Ainsi, la ventilation est bidirectionnelle, ce qui est rendu possible par des propriétés de l'air : peu dense et peu visqueux, le coût énergétique de sa mise en mouvement est limité. La paroi alvéolaire est recouverte de surfactant qui évite que les parois ne restent collées à l'expiration. Dans les alvéoles, l'air est maintenu dans un état proche de la saturation en vapeur d'eau, ce qui limite l'évaporation au niveau des surfaces d'échange respiratoires.

Ainsi, l'internalisation des surfaces d'échange contribue à limiter les pertes en eau associées aux échanges gazeux respiratoires.

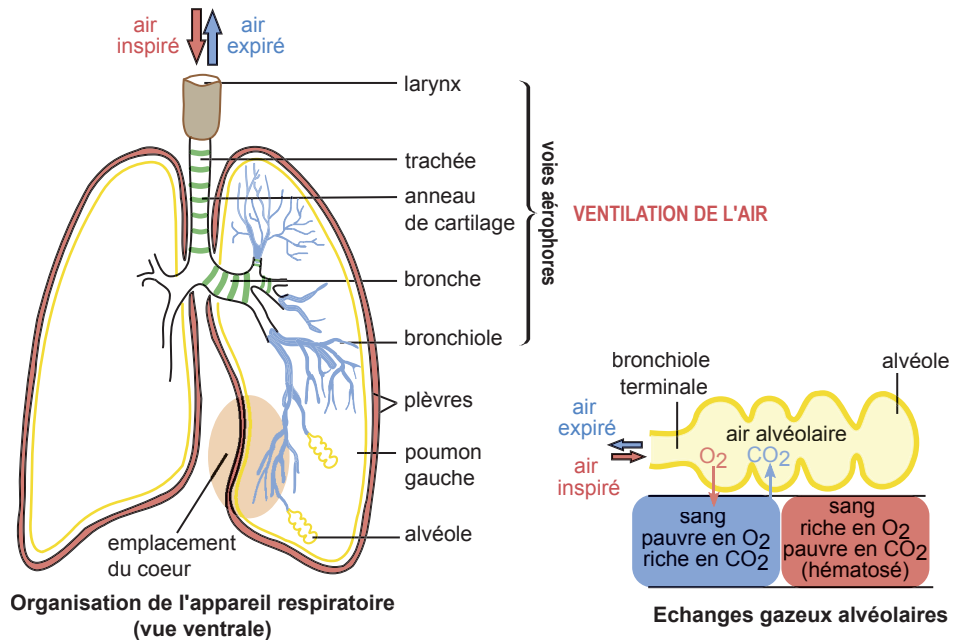


Figure 1.7 Organisation fonctionnelle de l'appareil respiratoire.

Les nombreuses alvéoles développent une vaste surface d'échange, de faible épaisseur, ce qui favorise la diffusion des gaz respiratoires. La ventilation renouvelant l'air alvéolaire et la circulation du sang qui apporte le CO_2 et prend en charge l' O_2 contribuent à maintenir un gradient de pression partielle élevé de ces gaz, favorable à leur diffusion de l'air alvéolaire au sang pour l' O_2 et inversement pour le CO_2 . Dans les capillaires alvéolaires, l' O_2 est lié à l'hémoglobine, protéine contenue dans les hématies. Le CO_2 est majoritairement transporté dans le sang sous forme d'ions HCO_3^- .

La grande surface, la faible épaisseur, la vascularisation importante sont des points communs avec la paroi intestinale : ce sont **des caractéristiques de surfaces d'échanges**.

Voir chapitre 3, § 4

2.3 Des corrélations trophiques assurées par la circulation sanguine

Les nutriments absorbés dans l'intestin (et au niveau de la paroi du rumen pour les acides gras volatils), l'eau et les ions minéraux absorbés au niveau du feuillet et du colon, l'O₂ absorbé au niveau des alvéoles pulmonaires sont distribués par le sang aux cellules qui les utilisent pour leur métabolisme cellulaire. Le sang contient également du CO₂, et de l'urée, déchets du métabolisme cellulaire, qui sont acheminés vers les appareils permettant leur élimination. L'organisation fonctionnelle de l'appareil circulatoire permet ainsi des **corrélations trophiques** entre cellules, tissus, organes et appareils (figure 1.8).

Le sang est mis en mouvement par les contractions du **cœur**, qui est un muscle creux cloisonné en cœur gauche (oreillette et ventricule gauches) et cœur droit (oreillette et ventricule droits). Le sang est envoyé sous pression dans les **artères** qui se ramifient en artérioles. Dans les organes, le sang est distribué dans de nombreux **capillaires** dont la paroi fine (1 μm d'épaisseur, une seule couche de cellules) favorise les échanges avec les tissus. La vitesse du sang est alors plus faible en raison de la ramification de l'appareil circulatoire, ce qui est également favorable aux échanges. Le sang gagne ensuite des veinules, puis des **veines**, qui assurent le retour au cœur, où le sang est à nouveau propulsé.

La circulation des mammifères est double : on distingue une **circulation systémique** et une **circulation pulmonaire**. Le sang passe dans le cœur avant de rejoindre chacune d'elles : le cœur est une double pompe et le sang est mis sous pression à deux reprises. La circulation systémique haute pression permet l'irrigation efficace de tous les organes (autres que les poumons) alors que l'organisme vit dans le milieu aérien faiblement porteur, où il est soumis à la gravité. La circulation pulmonaire basse pression permet de limiter les pertes en eau à travers la barrière alvéolo-capillaire qui est très mince.

ZOOM 4

Les fonctions du sang

2.4 L'entrée des nutriments dans le métabolisme cellulaire

Les nutriments acheminés par le sang entrent dans la cellule qui les utilise d'une part comme source d'énergie, d'autre part comme source de matière

Les nutriments représentent une énergie chimique potentielle car le carbone, élément clé des molécules organiques, s'y trouve à l'état réduit ; il est au contraire à l'état oxydé dans le CO₂ (voir § 3). L'oxydation des molécules organiques constitue le **catabolisme** énergétique ; elle permet de libérer leur énergie chimique potentielle et de transférer cette énergie sous une forme directement utilisable par la cellule, l'ATP, pour effectuer des travaux cellulaires (synthèses, transports par exemple).

En présence d'oxygène, la cellule réalise la respiration cellulaire, oxydation totale de petites molécules organiques comme le glucose (tout le carbone qu'il contient se retrouve sous forme de CO₂) :



C à l'état réduit **C** à l'état complètement oxydé

Les nutriments sont aussi utilisés pour des synthèses (constitution de réserves, renouvellement moléculaire) : c'est l'**anabolisme**.

Le recyclage des constituants cellulaires, en particulier des molécules azotées (protéines, acides nucléiques) lors du catabolisme produit des déchets azotés, sous forme d'ion ammonium NH₄⁺ qui est converti en urée par le foie.

2.5 L'élimination des déchets et le maintien de l'équilibre hydrominéral

L'excrétion est l'élimination de déchets du fonctionnement cellulaire, de substances exogènes et/ou des produits de leur dégradation (ions toxiques, médicaments...), ainsi que de substances en excès dans l'organisme (ions divers, eau...). Elle ne doit pas être confondue avec l'égestion dernière étape de la digestion.

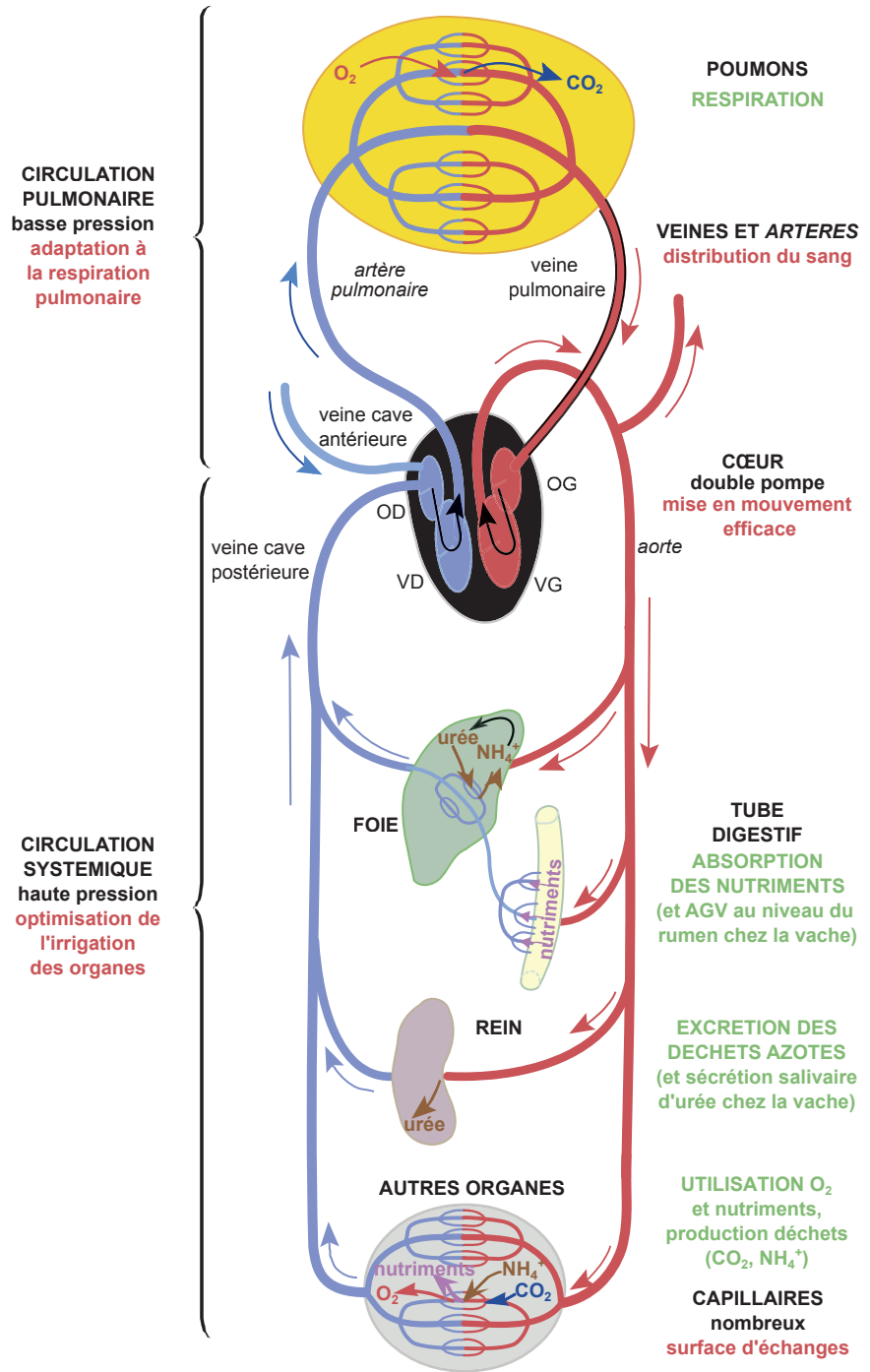


Figure 1.8 Organisation fonctionnelle de l'appareil circulatoire et corrélations trophiques.

L'ammoniac NH_4^+ , produit terminal de la dégradation des protéines et acides nucléiques est très soluble mais également très toxique pour les cellules à faible concentration. En conséquence, l'excrétion de l'azote sous cette forme nécessite une urine très diluée. En milieu aérien, ce type

d'excrétion s'accompagnerait de pertes en eau difficiles à compenser. Chez les mammifères, l'ammoniac est transformé dans le foie en urée ($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$). Moins toxique, l'urée peut être concentrée par réabsorption d'eau dans les reins lors de la production d'urine. L'excrétion des déchets azotés sous forme d'urée est qualifiée d'**uréotélie**, c'est une adaptation au milieu aérien. Le rein est un organe richement vascularisé constitué de nombreux néphrons, unités fonctionnelles qui produisent l'urine. Chaque néphron est formé d'un long tubule ouvert vers les voies urinaires à une extrémité, et pelotonné de l'autre (corpuscule rénal) (figure 1.9). La filtration du sang sous l'effet de la pression sanguine (= ultrafiltration) produit une urine primaire dont la composition est proche de celle du plasma, sans les grosses molécules (ex. : protéines). Des processus de sécrétion et de réabsorption de nutriments, d'ions et surtout d'eau conduisent à une urine définitive concentrée qui est stockée dans la vessie avant d'être éliminée lors de la miction. Sous contrôle hormonal, la réabsorption contribue au maintien de l'équilibre hydrominéral de l'animal.

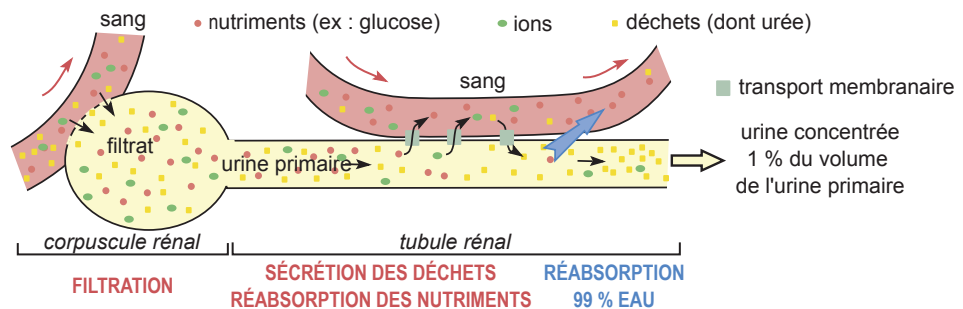


Figure 1.9 La formation d'urine dans le néphron, unité fonctionnelle du rein.

3 La production de nouveaux individus par la reproduction sexuée

3.1 La reproduction vivipare est adaptée au milieu aérien

a) Fécondation interne

Les mâles et les femelles peuvent être distingués morphologiquement (dimorphisme sexuel). Leur appareil reproducteur comprend des **gonades**, qui produisent les gamètes et des hormones sexuelles, et un **tractus génital** (figure 1.10).

L'organisation des appareils reproducteurs mâle et femelle permet l'**accouplement** et une **fécondation interne**, puis le développement de l'embryon dans l'organisme maternel, c'est-à-dire la **viviparité**. Ainsi, les gamètes puis l'embryon sont protégés vis-à-vis des contraintes du milieu aérien (desséchant, avec des variations de température de grande amplitude).

b) Développement dans l'utérus de la vache

Après fécondation, le développement embryonnaire s'effectue à l'intérieur de l'organisme maternel : c'est la **gestation**, d'une durée moyenne de 280 jours (9 mois). L'embryon dépend de l'organisme maternel pour ses fonctions de nutrition et de protection, auxquelles contribuent des structures nommées annexes embryonnaires qui se développent à partir de cellules embryonnaires.

L'une de ces annexes est l'**amnios**, membrane qui délimite autour de l'embryon la cavité amniotique remplie de **liquide amniotique**. L'embryon se développe donc dans un milieu aqueux qui le protège vis-à-vis du dessèchement, des contraintes mécaniques et des variations de température.