

TOUT EN FICHES

*Sous la direction de Daniel Richard
Patrick Chevalet, Sylvie Fournel,
Nathalie Giraud, Frédéric Gros,
Christine Joly-Viard, Patrick Laurenti,
Fabienne Pradère, Thierry Soubaya*

LE COURS DE BIOLOGIE



**LICENCE, PRÉPAS,
CAPES, AGRÉGATION**

5^e
ÉDITION

170 FICHES
DE COURS

800 SCHÉMAS ET
PHOTOS EN COULEURS

270 QCM

GLOSSAIRE
FRANÇAIS-ANGLAIS

DUNOD



TOUT EN FICHES

Sous la direction de
Daniel Richard
Professeur d'université, retraité

LE COURS DE

BIOLOGIE

LICENCE / CAPES / PRÉPAS

5^e
ÉDITION

Patrick Chevalet
Maître de conférences à l'INSPE (Toulouse)

Sylvie Fournel
Professeure à l'université de Strasbourg

Nathalie Giraud
Professeure agrégée à l'INSPE (Toulouse)

Frédéric Gros
Maître de conférences à l'université de Strasbourg

Christine Joly-Viard
Professeure au lycée Georges de la Tour à Metz

Patrick Laurenti
Maître de conférences à l'université Paris Diderot

Fabienne Pradère
Professeure agrégée à l'INSPE (Toulouse)

Thierry Soubaya
Professeur agrégé en classes préparatoires BCPST

DUNOD

© Dunod, 2010, 2012, 2015, 2018, 2022
11, rue Paul Bert, 92240 Malakoff
www.dunod.com
ISBN 978-2-10-083948-3

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.

Table des matières

AVANT-PROPOS	XIII
COMMENT UTILISER CET OUVRAGE	XIV-XV
ABRÉVIATIONS	XVI
REMERCIEMENTS	XVIII

Partie 1 L'organisation des systèmes biologiques

CHAPITRE 1 L'ORGANISATION DES CELLULES DU VIVANT	3
Fiche 1 L'unité du vivant	4
Fiche 2 La cellule bactérienne	7
Fiche 3 La cellule des Archées	9
Fiche 4 La cellule animale	11
Fiche 5 La cellule végétale	13
Fiche 6 La membrane plasmique	15
Fiche 7 Membranes et compartimentation intracellulaire	22
Fiche 8 Le cytosquelette	24
Fiche 9 Les mitochondries	28
Fiche 10 Les plastes	30
Fiche 11 Le noyau des cellules eucaryotes	32
<i>Focus Les virus</i>	34
QCM	35
CHAPITRE 2 L'ORGANISATION SUPRA-CELLULAIRE DU VIVANT	37
Fiche 12 La diversité des tissus des Eumétazoaires	38
Fiche 13 La diversité des tissus des Angiospermes	42
Fiche 14 Les tissus méristématiques des Embryophytes	46
Fiche 15 Adhésion et communication intercellulaire	48
Fiche 16 Les matrices extracellulaires	52
<i>Focus Les voies symplasmique et apoplasmique</i>	58
QCM	59
CHAPITRE 3 ÉVOLUTION ET DIVERSITÉ DES ÊTRES VIVANTS	61
Fiche 17 L'évolution, théorie unificatrice de la biologie	62
Fiche 18 Héritéité et évolution	64
Fiche 19 Histoire évolutive du vivant, quelques repères	70
Fiche 20 La classification phylogénétique du vivant	74
Fiche 21 Eucaryotes, Bicontes et Unicontes	80
Fiche 22 Les Chloroplastidés	82
Fiche 23 Les Embryophytes	84
Fiche 24 Les Fougères (<i>sensu lato</i>)	85
Fiche 25 Les Pinales	88

Fiche 26	Les Angiospermes	91
Fiche 27	Les Eumycètes	94
Fiche 28	Les Métazoaires	97
Fiche 29	Les Eumétazoaires	100
Fiche 30	Les Bilatéraux	103
Fiche 31	Les Mollusques	107
Fiche 32	Les Euarthropodes	110
Fiche 33	Les Chordés	113
Fiche 34	Les Sarcoptérygiens	116
<i>Focus</i>	<i>Les « blobs », des Eucaryotes particuliers ?</i>	120
QCM		121

Partie 2 Information génétique

CHAPITRE 4 L'ADN : STABILITÉ ET VARIABILITÉ	125
Fiche 35 L'information génétique	126
Fiche 36 La réplication de l'ADN	130
Fiche 37 Mutations et variabilité génétique	136
Fiche 38 Les systèmes de réparation de l'ADN	142
<i>Focus</i> Mise en évidence du rôle de l'ADN en tant que support de l'information génétique	146
QCM	147
CHAPITRE 5 L'EXPRESSION DE L'INFORMATION GÉNÉTIQUE ET SON CONTRÔLE	149
Fiche 39 L'expression de l'information génétique	150
Fiche 40 Contrôle de l'expression des gènes chez les Bactéries	158
Fiche 41 Le contrôle de l'expression des gènes chez les Eucaryotes	160
Fiche 42 Maturation et adressage des protéines	166
<i>Focus</i> Transcriptome et protéome, une nouvelle approche pour étudier l'expression des gènes	170
QCM	171
CHAPITRE 6 LES TECHNIQUES DE GÉNÉTIQUE MOLÉCULAIRE	173
Fiche 43 La caractérisation d'un gène	174
Fiche 44 Les techniques d'étude et de modification de l'ADN	176
Fiche 45 Exemples d'applications du génie génétique	180
<i>Focus</i> La génomique	182
QCM	183

Partie 3 Métabolisme et fonctions de nutrition

CHAPITRE 7	LE MÉTABOLISME	187
Fiche 46	Le métabolisme intermédiaire, concepts généraux	188
Fiche 47	L'énergie cellulaire	192
Fiche 48	Les enzymes : catalyseurs biologiques	199
Fiche 49	Le catabolisme des glucides à des fins énergétiques	203

Fiche 50	Le catabolisme des lipides à des fins énergétiques	208
Fiche 51	Le cycle de Krebs, une voie amphibolique	211
Fiche 52	Les voies de synthèse endogène des substrats énergétiques	213
Fiche 53	La production d'ATP à l'échelle cellulaire	215
Fiche 54	La photosynthèse chez les Embryophytes	217
Fiche 55	L'efficacité de la photosynthèse chez les Angiospermes de type C3, C4 et CAM	222
Fiche 56	La photorespiration	224
Fiche 57	Les réserves organiques	226
Fiche 58	Les métabolites secondaires des Spermatophytes	232
Focus	Étude cinétique des réactions enzymatiques	234
QCM		235
CHAPITRE 8 L'ÉQUILIBRE DES COMPARTIMENTS LIQUIDIENS		237
Fiche 59	Les compartiments liquidiens chez l'Homme	238
Fiche 60	Le sang chez l'Homme	240
Fiche 61	L'homéostasie	242
Fiche 62	Osmolarité des Eumétazoaires et facteurs du milieu	250
Fiche 63	Le rein des Mammifères, organe de l'équilibre hydrominéral	256
Fiche 64	La thermorégulation	258
Fiche 65	Les compartiments liquidiens chez les Embryophytes	262
Focus	Les diabètes sucrés	268
QCM		269
CHAPITRE 9 LA CIRCULATION		271
Fiche 66	La circulation des liquides internes chez les Eumétazoaires	272
Fiche 67	Le cœur des Mammifères	276
Fiche 68	Cellules myocardiques et contraction du cœur des Mammifères	280
Fiche 69	Le débit cardiaque et son contrôle chez les Mammifères	282
Fiche 70	Les vaisseaux des Mammifères	284
Fiche 71	La pression artérielle	288
Fiche 72	La circulation des sèves chez les Angiospermes	292
Focus	L'électrocardiogramme (ECG)	296
QCM		297
CHAPITRE 10 LA NUTRITION		299
Fiche 73	Les besoins nutritifs des Embryophytes	300
Fiche 74	Absorption de l'azote et du diazote du sol chez les Spermatophytes	302
Fiche 75	La symbiose mycorhizienne	306
Fiche 76	Les échanges entre organes puits et organes sources chez les Embryophytes, exemple des Angiospermes	308
Fiche 77	Les cycles de vie et les réserves organiques chez les Angiospermes	310
Fiche 78	Les aliments, nutriments et besoins alimentaires chez l'Homme	313

Fiche 79	Prise alimentaire et structures digestives chez les Eumétazoaires	316
Fiche 80	Les structures digestives chez les Eumétazoaires	318
Fiche 81	La digestion chez l'Homme	320
Focus	<i>Les méthodes calorimétriques</i>	326
QCM		327
CHAPITRE 11	LA RESPIRATION	329
Fiche 82	Les échangeurs respiratoires	330
Fiche 83	La respiration branchiale	334
Fiche 84	La respiration pulmonaire	336
Fiche 85	Le transport des gaz respiratoires par les fluides internes	340
Fiche 86	Le contrôle des échanges respiratoires	344
Fiche 87	La respiration lors de changements de milieu de vie	346
Focus	<i>Le surfactant, un film tensioactif particulier</i>	348
QCM		349
CHAPITRE 12	L'EXCRÉTION	351
Fiche 88	L'excrétion azotée	352
Fiche 89	Principaux appareils excréteurs et leurs modalités de fonctionnement	356
Fiche 90	Le rein de Vertébrés	360
Focus	<i>Clairance rénale et hémodialyse</i>	364
QCM		365

Partie 4 Les fonctions de relation

CHAPITRE 13	LES BASES MOLÉCULAIRES DE LA COMMUNICATION INTERCELLULAIRE	369
Fiche 91	Les récepteurs membranaires et protéines associées	370
Fiche 92	Les seconds messagers intracellulaires et leurs récepteurs	374
Fiche 93	Les récepteurs nucléaires	378
Focus	<i>La notion de communication</i>	380
QCM		381
CHAPITRE 14	LA COMMUNICATION NERVEUSE	383
Fiche 94	Neurones et cellules gliales	384
Fiche 95	Les messages nerveux	388
Fiche 96	Les bases ioniques du potentiel d'action sodique	392
Fiche 97	La transmission synaptique chimique	394
Fiche 98	L'anatomie comparée du système nerveux	400
Fiche 99	L'encéphale des Vertébrés	402
Focus	<i>Ne pas confondre conduction électrique et conduction régénérative</i>	404
QCM		405
CHAPITRE 15	LA COMMUNICATION HORMONALE	407
Fiche 100	Les messagers hormonaux : de la synthèse à la cellule cible	408
Fiche 101	Le système hypothalamo-hypophysaire chez l'Homme	410
Fiche 102	Les glandes surrénales	412

Fiche 103	Thyroïde et hormones thyroïdiennes	416
Fiche 104	Pancréas et hormones pancréatiques	418
Fiche 105	Glandes et hormones agissant sur la calcémie	420
Fiche 106	Les phytohormones des Spermatophytes, définition et diversité	422
Fiche 107	Les voies de signalisation de quelques phytohormones sur les cellules	424
Fiche 108	Interactions ABA-gibbérellines et équilibre dormance-germination	428
Fiche 109	Les phytohormones et le développement de l'appareil végétatif des Spermatophytes	430
Fiche 110	L'auxine et le grandissement cellulaire	432
Focus	<i>La découverte des hormones et des phytohormones</i>	434
QCM		435
CHAPITRE 16 LES FONCTIONS SENSORIELLES		437
Fiche 111	Le fonctionnement des systèmes sensoriels	438
Fiche 112	La vision chez l'Homme	441
Fiche 113	L'organisation générale de la somesthésie	454
Fiche 114	L'audition chez l'Homme	462
Fiche 115	Le système vestibulaire et le sens de l'équilibre	471
Fiche 116	Fonctions sensorielles et modes de vie	474
Focus	<i>La mesure des champs récepteurs sensoriels</i>	478
QCM		479
CHAPITRE 17 L'INTÉGRATION DE SIGNAUX DE L'ENVIRONNEMENT PAR LES EMBRYOPHYTES		481
Fiche 117	Le déterminisme de la floraison	482
Fiche 118	Le déterminisme de la germination	484
Fiche 119	Les phototropines	486
Fiche 120	Phototropisme et gravitropisme	488
Focus	<i>Les nasties</i>	490
QCM		491
CHAPITRE 18 LA MOTRICITÉ		493
Fiche 121	Le muscle squelettique	494
Fiche 122	Les activités motrices réflexes	500
Fiche 123	La posture	503
Fiche 124	La notion de centre générateur de rythme (CPG)	505
Fiche 125	Le mouvement volontaire	507
Fiche 126	Les ajustements physiologiques accompagnant un exercice musculaire	511
Focus	<i>Myopathies des muscles squelettiques</i>	514
QCM		515
CHAPITRE 19 LES DÉFENSES DE L'ORGANISME		517
Fiche 127	Le système immunitaire et le maintien de l'intégrité de l'organisme	518
Fiche 128	La réponse inflammatoire	524
Fiche 129	Les systèmes de défense de l'immunité innée	526
Fiche 130	Les lymphocytes de l'immunité innée	530
Fiche 131	Les cellules dendritiques et la présentation des antigènes	534

Fiche 132	Les molécules du CMH	538
Fiche 133	La réponse immunitaire adaptative	542
Fiche 134	Les cellules régulatrices	549
Fiche 135	La génération des répertoires T et B	551
Fiche 136	Dysfonctionnements du système immunitaire	556
Fiche 137	L'immunothérapie	563
<i>Focus</i>	<i>La Covid 19</i>	566
QCM		567

Partie 5 Reproduction et développement

CHAPITRE 20 RENOUVELLEMENT ET MORT CELLULAIRE 571

Fiche 138	Le cycle cellulaire et son contrôle chez les Eucaryotes	572
Fiche 139	La mitose chez les Eucaryotes	576
Fiche 140	La méiose chez les Eucaryotes	578
Fiche 141	Mort cellulaire et apoptose	580
<i>Focus</i>	<i>Les cellules souches</i>	582
QCM		583

CHAPITRE 21 LA REPRODUCTION 585

Fiche 142	Les modalités de la reproduction chez les Métazoaires	586
Fiche 143	Gamétogenèse et fécondation chez les Mammifères	590
Fiche 144	La reproduction humaine	593
Fiche 145	La gestation chez les Mammifères	597
Fiche 146	Naissance et lactation chez les Mammifères	601
Fiche 147	La diversité des modes de multiplication asexuée	605
Fiche 148	La diversité des modalités de la rencontre des cellules sexuelles	607
Fiche 149	Le modèle de la fleur des Angiospermes	609
Fiche 150	La formation des gamétophytes chez les Angiospermes	615
Fiche 151	La pollinisation	617
Fiche 152	La double fécondation et la formation de la graine chez les Angiospermes	620
Fiche 153	La croissance du fruit	625
Fiche 154	La germination de la graine	627
<i>Focus</i>	<i>La contraception chimique féminine</i>	630
QCM		631

CHAPITRE 22 CROISSANCE, DÉVELOPPEMENT ET LEUR CONTRÔLE 633

Fiche 155	Les mécanismes généraux de l'embryogenèse chez les Eumétazoaires	634
Fiche 156	De l'œuf à la neurulation chez les Batraciens	637
Fiche 157	L'induction du mésoderme chez les Batraciens	644
Fiche 158	La détermination des polarités antéro-postérieure et dorso-ventrale	646
Fiche 159	L'organogenèse du membre des Vertébrés tétrapodes	648
Fiche 160	La métamorphose	650
<i>Focus</i>	<i>Déterminisme du sexe chez l'Homme</i>	652
QCM		653

Partie 6 Écologie et éthologie

CHAPITRE 23 RÉPARTITION DES ÊTRES VIVANTS ET FACTEURS ÉCOLOGIQUES	657
Fiche 161 La notion d'écosystème	658
Fiche 162 Exemples d'écosystèmes	664
Fiche 163 Dynamique des écosystèmes	670
<i>Focus</i> La déforestation	674
QCM	675
CHAPITRE 24 FLUX DE MATIÈRE ET D'ÉNERGIE AU SEIN DE L'ÉCOSYSTÈME	677
Fiche 164 Les réseaux trophiques	678
Fiche 165 Les flux de matière	681
Fiche 166 La biodiversité	687
Fiche 167 Quelques actions de l'Homme sur la biodiversité	692
<i>Focus</i> Diversité écologique des Pyrénées : un patrimoine témoin du passé	696
QCM	697
CHAPITRE 25 POPULATIONS ET COMMUNAUTÉS	699
Fiche 168 La communication chez les Eumétazoaires	700
Fiche 169 Les relations intraspécifiques	702
Fiche 170 Les comportements parentaux	706
Fiche 171 Les relations interspécifiques	709
<i>Focus</i> Quelques repères de l'histoire de l'éthologie	714
QCM	715
ANNEXES	717
GLOSSAIRE FRANÇAIS-ANGLAIS	727
BIBLIOGRAPHIE	743
INDEX	745
CRÉDITS ICONOGRAPHIQUES	751
RABATS DE COUVERTURE	Arbre phylogénétique de la Lignée verte Arbre phylogénétique des Deutérostomiens

Avant-propos

Nos connaissances en biologie ont fait d'énormes progrès ces dernières décennies grâce, en particulier, à l'évolution des techniques d'investigation. Ces dernières ont permis d'approfondir aussi bien les aspects moléculaires du fonctionnement du vivant que son analyse systémique.

Cette nouvelle édition a, de ce fait, été entièrement remaniée afin de tenir compte des connaissances acquises ces dernières années dans les différents domaines de la biologie.

Cet ouvrage est organisé en fonction de ces données actuelles. Chaque fois que possible, l'approche est transversale, mettant en avant les principes fondamentaux du fonctionnement des êtres vivants.

Les connaissances sont organisées en six grandes parties :

- Organisation des systèmes biologiques ;
- Information génétique ;
- Métabolisme et fonctions de nutrition ;
- Fonctions de relation ;
- Reproduction et développement ;
- Écologie et éthologie ;

au total, 171 fiches permettant d'aborder l'ensemble des aspects de la biologie.

Ce découpage est nécessairement arbitraire, c'est pourquoi dans chaque fiche présentant une notion précise, de multiples renvois permettent au lecteur de se référer rapidement aux notions associées à la question traitée.

En termes de présentation, cet ouvrage est adapté aux méthodes actuelles de lecture et aux contraintes des étudiants : lecture rapide, représentation imagée avec de nombreux schémas et photographies, QCM avec corrections argumentées, compléments sur site internet, bibliographie.

Un glossaire français-anglais des principaux termes scientifiques permet de retrouver rapidement la définition d'un terme ou d'une notion et sa traduction en anglais. De plus, l'ensemble des abréviations classiquement utilisées en biologie est listé en début d'ouvrage.

Afin de rompre avec ce découpage arbitraire et d'aider à une réflexion globale, 22 thèmes transversaux sont proposés et corrigés sous forme de plan sur le site internet.

Ce livre est accompagné de bonus web pour les étudiants, conçus comme de véritables compléments de l'ouvrage. Ils présentent :

- des animations illustrant différents processus dynamiques ;
- des photographies supplémentaires ;
- des sujets transversaux et leurs corrections ;
- des QCM supplémentaires ;
- l'accès à certaines illustrations de l'ouvrage.

D'un niveau scientifique correspondant aux étudiants de licence (L2-L3) de Sciences de la Vie, cet ouvrage permettra également aux étudiants de Master préparant les concours de l'enseignement en Sciences de la Vie et de la Terre, ou en Biotechnologie, de réviser simplement et rapidement leurs connaissances.

Comment utiliser



6 parties

25 chapitres

171 fiches

Les notions essentielles du cours avec des renvois pour naviguer d'une fiche à l'autre ou consulter les bonus web sur Dunod.com.

Chapitre 12 L'excrétion



Plan

Fiche 88 L'excrétion azotée
Fiche 89 Principaux appareils excréteurs et leurs modalités de fonctionnement

Fiche 90 Le rein de Vertébrés

Les bonus web sur Dunod.com

- Testez vos connaissances sur ce chapitre avec le quiz en ligne corrigé et commenté !
- Retrouvez les documents complémentaires signalés par dans les fiches.

fiche 70 Les vaisseaux des Mammifères

Les Mammifères ont un système circulatoire clos. Ce système est composé d'une pompe cardiaque destinée à la mise en mouvement du sang et d'un ensemble de vaisseaux sanguins dans lesquels circule le sang. On distingue trois grands types de vaisseaux : les artères, les veines et les capillaires.

1. La structure générale des vaisseaux

La paroi des vaisseaux comporte plusieurs couches ou tuniques dont l'importance respective varie d'un type de vaisseaux à l'autre (figure 1 et 2).

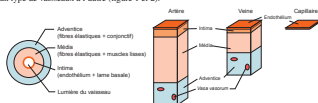


Figure 1 Structure générale d'un vaisseau et particularités des artères, veines et capillaires

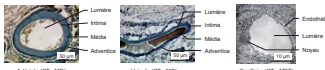


Figure 2 Coupes transversales d'artère, veine et capillaire

La tunique la plus interne, l'intima, est constituée de l'endothélium, d'une lame basale et d'une très mince couche de tissu conjonctif. Cette tunique est présente dans tous les types de vaisseaux.

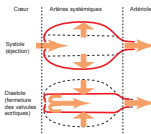
La média, tunique moyenne, est constituée principalement de muscles lisses renforcés par des couches organisées de fibres élastiques. Cette tunique est particulièrement développée dans les artères.

L'adventice, tunique la plus externe, est constituée en grande partie de fibres de collagène. Elle possède également des fibres musculaires lisses (notamment pour les veines), des fibres nerveuses et des fibres élastiques. Dans les très gros vaisseaux, on trouve également des *vasa vasorum*, petits vaisseaux qui irriguent les parois épaisses.

L'aorte et les variations de pression
L'aorte et les grosses artères systémiques présentent des parois pauvres en muscles lisses, mais riches en collagène et en fibres élastiques. Cela confère, à l'aorte en particulier, élasticité et compliance.

Cette compliance artérielle élevée permet ainsi d'emmagasiner le sang pendant la systole puis de le redistribuer ensuite durant la diastole (figure 3). Les conséquences de ces propriétés sont une transformation d'un flux sanguin cardiaque discontinu en un flux artériel continu et un amortissement progressif des variations de pression sanguine le long du circuit artériel.

Figure 3 Le comportement de l'aorte et des grosses artères lors de la systole et de la diastole



■ Les artérioles, un réservoir de pression

Les parois des artérioles sont riches en muscles lisses, donnant à ces vaisseaux des propriétés motrices importantes. Cette vasomotricité a un impact à la fois sur le diamètre vasculaire et sur la résistance artériolaire. Le faible rayon artériolaire permet de maintenir une pression artérielle élevée en amont de ce segment. Ce réservoir de pression fonctionne avec un volume de sang réduit et permet un ajustement efficace du débit sanguin au niveau des zones d'échanges situées en aval.

■ Les capillaires et les échanges avec le milieu interstitiel

Les capillaires sont, individuellement, de très petits vaisseaux. Cependant, ils sont organisés en réseau et développent de grandes sections globales de passage. Lors de son passage dans le segment capillaire, le sang a donc une vitesse très faible. Par ailleurs, la paroi capillaire est de très faible épaisseur (une seule assise cellulaire) et facilite les phénomènes de diffusion. Ces deux caractéristiques permettent la réalisation des échanges entre le sang et le milieu interstitiel.

La diffusion est le mécanisme principal des échanges. Ces derniers sont régis par un jeu de pressions hydrostatique et oncotique qui permet la réalisation d'une filtration à l'extrémité artérielle du capillaire et d'une réabsorption à son extrémité veineuse (figure 4).

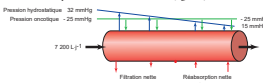


Figure 4 Filtration et réabsorption dans les capillaires

La pression nette est égale à la différence entre pression hydrostatique capillaire et pression oncotique colloïdale (ou pression oncotique). À l'extrémité artérielle, la pression hydrostatique est supérieure à la pression oncotique : il en résulte une pression nette de filtration. À l'opposé, à l'extrémité veineuse le jeu des pressions est inversé, la pression nette allant dans le sens d'une réabsorption.

■ Les veines, un réservoir de volume

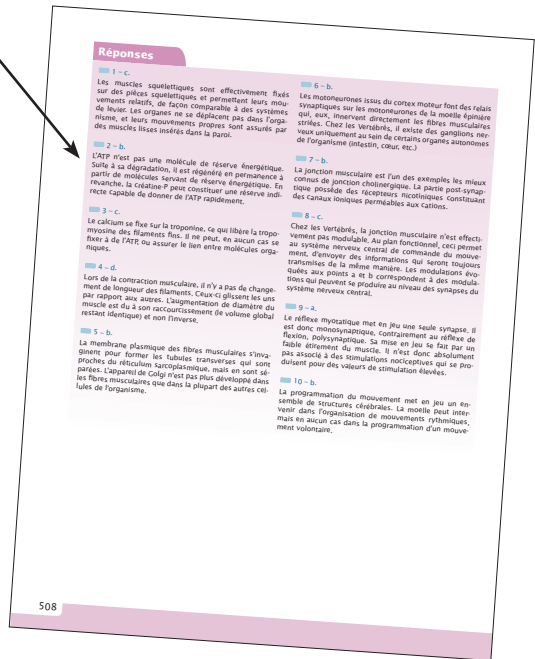
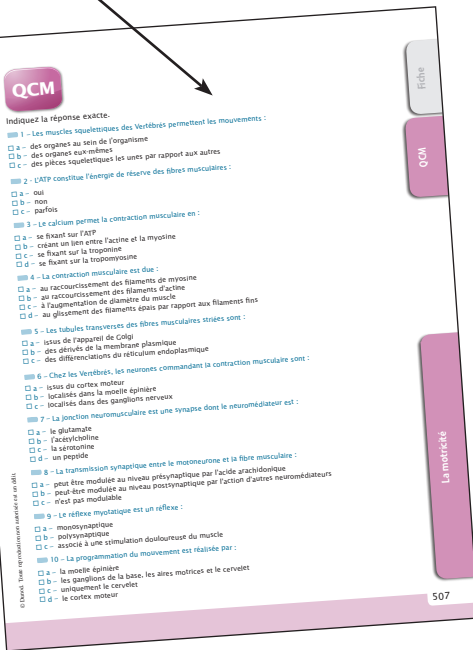
La richesse en fibres élastiques, associée à une relative pauvreté en fibres musculaires lisses et à un grand diamètre, font du circuit veineux une zone de faible résistance et de forte capacité.

La position des veines, en fin de circuit vasculaire, en fait une zone à faible pression. Ce différentiel de pression est toutefois suffisant pour permettre le retour du sang vers le cœur. Il est modifié par la pression intra-auriculaire droite, la ventilation, ou encore la position du corps. Par ailleurs, la

cet ouvrage ?

En fin de chapitre, 10 QCM pour s'entraîner.

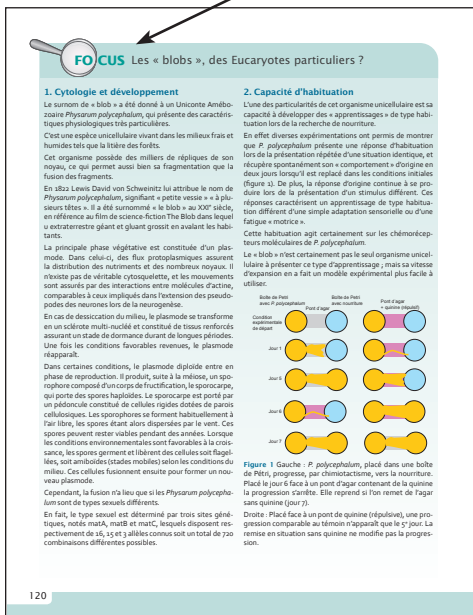
Les réponses commentées au verso.



Des focus techniques ou historiques sur une page à la fin de chaque chapitre.

Et aussi...

- Un glossaire français/anglais
- Une liste des abréviations utilisées dans l'ouvrage



www

Les bonus web sur Dunod.com

- Des sujets de synthèse avec leurs corrigés
- Des animations de processus dynamiques
- Des QCM corrigés supplémentaires
- Des compléments de cours

Abréviations

5HT	5 hydroxytryptamine, sérotonine	CAP	Catabolism Activating Protein	FSH	Folliculo Stimulating Hormone
A	Adénine	Cas	CRISPR associated	G	Guanine
AAP	Actin Associated Protein	CASPASE	Cysteine Aspartate Specific Protease	GA	Gibberellic Acid
ABA	ABscissic Acid	CBG	Corticosteroid Binding Globulin, Transcortine	GABA	Gamma Amino-Butyric Acid
ABP	Auxine Binding Protein	CCK	CholéCystoKinine	GALT	Gut Associated Lymphoid Tissue
AC	Adenyl cyclase	Cdc6	Cell division cycle 6	GAP	GTPase Activating Protein
ACC	Acetyl-CoA Carboxylase	Cdk	Cyclin dependant kinase	GBP	GSK Binding Protein
ACh	Acétylcholine	CdkI	Cyclin dependant kinase Inhibitor	GDH	Glutamate DesHydrogenase
AChE	Acétylcholine Esterase	CDS	Cytosolic DNA Sensor	GDI	Guanine nucleotide Dissociation Inhibitor
ACTH	Adrenal CorticoTrophin Hormone, Corticotrophine	Cdt1	Cdc10 dependent transcript 1	GDNF	Glial-Derivated Nerve growth Factor
ADCC	Antibody-Dependent Cell-mediated Cytotoxicity	CK	CytoKinine	GDP	Guanosine DiPhosphate
ADH	AntiDiuretic Hormone	CLR	C-Lectin type Receptor	GEF	Guanine nucleotide Exchange Factor
ADN (DNA)	Acide désoxyribonucléique, Desoxyribo Nucleic Acid	CMH	Complexe Majeur d'Histocompatibilité	GFAP	Glial Fibrillary Acidic Protein
ADP	Adénosine DiPhosphate	COMT	Catéchol-O-Méthyl-Transférase	GH	Growth Hormone
ADPrc	ADP Ribose cyclique	COP	COat Protein	GHIH	Growth Hormone Inhibiting Hormone, Somatostatine
AER	Apical Ectodermal Ridge	CPA	Cellule Présentatrice de l'Antigène	GHRH	Growth Hormone Releasing Hormone, Somatocrinine
AGMI	Acide Gras Mono-Insaturé	CPE	Cytoplasmic Polyadenylation Element	Glu	Glutamate
AGPI	Acide Gras Poly-Insaturé	CPEB	CPE Binding protein	GluT	Glucose Transporter
AGS	Acides Gras Saturé	CPG	Central Pattern Generator	GMPC	Guanosine MonoPhosphate cyclique
AHKs	Arabidopsis hybrid Histidine protein Kinases	CR	Complement Receptor	GnRH	Gonadotropine Releasing Hormone, Gonadolibérine
AIA	Acide Indol-3 Acétique	CRH	Corticotropin Realising Hormone, Corticolibérine	GMRP	Guanine Nucleotide Releasing Protein
AIF	Apoptosis-Inducing Factor	CRISPR	Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats	GOGAT	Glutamine Oxo-Glutarate AminoTransferase
AMPA	2-Amino-3-(5-Méthyl-3-hydroxy-1,2-oxazol-4-yl) Propanoïque Acide	DA	DopAmine	GS	Glutamine Synthetase
AMPC	Adénosine Monophosphate Cyclique	DAG	Di-Acyl Glycérol	GSK	Glycogen Synthetase Kinase
ANF	Atrial Natriuretic Factor	DAMP	Danger Associated Molecular Pattern	GTP	Guanosine TriPhosphate
AP	Adaptine	dB	Décibel	Hb	Hémoglobine
Apaf	Apoptotic protease-activating factor	DBD	DNA Binding Domain	hCG	Human Chorionic Gonadotropin
APC	Anaphase Promoting Complex	DBO	Demande Biochimique en diOxygène	HLA	Human Leucocyte Antigen
ARF	Afférents du Réflexe de Flexion	DC	Dendritic Cell	HR	Hypersensitive Response
ARN (RNA)	Acide ribonucléique, RiboNucleic Acid	DCO	Demande Chimique en diOxygène	HRE	Hormone Response Element
ARNi	ARN interférent	DDCP	DNA Damage CheckPoint	HRGP	Hydroxyproline Rich GlycoProtein
ARNm	ARN messenger	ddp	Différence de potentiel	Hsp	Heat shock protein
ARNmi	micro-ARN	DHPR	DiHydroPyridines Receptor	HTRA2	High Temperature Regulated protein A2
ARNsi	small interfering ARN	Diablo	Direct IAP binding protein with low pl	Hz	Hertz
ARNt	ARN de transfert	DIP	Disulfure Isomerase Protein	IBGN	Indice BioGénéral Normalisé
ARS	Autonomously Replicating Sequence	DIT	Di-IodoTyrosine	ICAM	Inter Cellular Adhesion Molecule
AS	Acide Salicylique	DSCF	Doppler-Shifted Constant Frequencies	ICD	Immunogenic Cell Death
AS	Asparagine Synthetase	ECG	ÉlectroCardioGramme	Ig	Immunoglobuline
ASC	Amiloride sensitive Sodium Channel	ERF	Endothelium Relaxing Factor	IL	InterLeukine
ASIC	Acid Sensitive Ionic Channel	ETR	ETHylen Receptor	ILC	Innate Lymphoid Cell
ATP	Adénosine TriPhosphate	FAD	Flavine Adenine Dinucléotide	ILT	Ig-Like Transcripts
BCR	B Cell Receptor	FcR	Fc Receptor	INF	Interféron
BDNF	Brain Derivated Nerve growth Factor	FDC	Follicular Dendritic Cell	IP ₃	Inositol tri-Phosphate
BER	Base Excision Repair	FGF	Fibroblastic Growth Factor	IPC	Interferon Producing Cell
BP	Binding Protein	FISH	Fluorescence In Situ Hybridization	IPEX	Immunodysregulation Polyendocrinopathy Enteropathy X-linked syndrome
C	Cytosine	FMN	Flavine MonoNucleotide		
CAK	Cdk Activating Kinase	FNR	Ferredoxine NADP-Reductase		
CAM	Cell Adhesion Molecule				
CAM	Crassulacean Acid Metabolism				

IPP	Iso Pentenyl Pyrophosphate	NTS	Noyau du Tractus Solitaire	SC	Stimulus Conditionnel
IRM	Imagerie par Résonance Magnétique	OAS	Oligo-Adenylate Synthetase	SCID	Severe Combined ImmunoDeficiency
ISR	Induced Systemic Resistance	OEC	Oxygen Evolving Complex	SDS	Sodium Dodecyl Sulfate
ITAM	Immunoreceptor Tyrosine-based Activating Motif	ORC	Origin Recognition Complex	SGLT	Sodium Glucose Linked Transporter
ITIM	Immunoreceptor Tyrosine-based Inhibition Motif	ORF	Open Reading Frame	SI	Stimulus Inconditionnel
JH	Juvenile Hormone	P2X	Récepteur purinergique	SIDA	Syndrome de l'Immuno-Déficience Acquise
KIR	Killer cells Ig-like Receptors	PABPI	Poly A Binding Protein I	SNA	Système Nerveux Autonome
LAR	Local Acquired Resistance	PAF	Platelet Activating Factor	SNAP	Soluble NSF Attachment Protein
LDB	Ligand Binding Domain	PAL	Phenylalanine Ammonia Lyase	SNAP25	Synaptosomal Association Protein of 25 kDa
LDL	Low Density Lipoprotein	PAM	Protospacer Adjacent Motif	SNARE	SNAP Receptor
LFA	Leucocyte Function Antigen	PAMP	Pathogen Associated Molecular Pattern	SNC	Système Nerveux Central
LH	Luteinising Hormone	PCNA	Proliferating Cell Nuclear Antigen	SnNRP	Small Nuclear RibonucleoProtein
LHC	Light Harvesting Complex	PCR	Polymerase Chain Reaction	SNV	Système NeuroVégétatif
LIR	Leucocyte Ig-like Receptor	PDE	PhosphoDiEstérase	SP	Substance P
LOV	Light Oxygen Voltage	PEP	PhosphoEnol Pyruvate	SPL	Sound Pressure Level
LPS	LipoPolySaccharide	PEPc	PhosphoEnol Pyruvate carboxylase	SRP	Signal Recognition Protein
LTA	Lipoteichoic Acid	PET	Positrons Emission Tomography	SSB	Single Strand Binding protein
LTR	Long Terminal Repeat	PI	Phosphatidyl-Inositol	T	Thymine
LTTD	Lateral Trigeminal Tract Down	PIF	Phytochrome Interaction Factor	T3	Tri-iodothyronine
MALT	Mucosa-Associated Lymphoid Tissue	PIH	Prolactine Inhibitory Hormone	T4	Tétra-iodothyronine – thyroxine
MAO	MonoAmines Oxydase	PKA	Protéine Kinase AMPc-dépendante	TAF	TBP Associated Factor
MAMP	Microbial Associated Molecular Pattern	PKC	PhosphoKinase C	TAP	Transporter associated with Antigen Processing
MAP	Microtubule Associated Protein	PKR	Protein Kinase R	TBP	TATA box Binding Protein
MAPK	MAP Kinase	PLC	PhosphoLipase C	TCR	T Cell Receptor
MASP	MBP Associated Protein	PLT	Potentialisation à Long Terme	TF	Transcription factor
MBL	Mannose Binding Lectin	PP	Pyrophosphate	TGF	Transformation Growth Factor
MBP	Mannose Binding Protein	Ppi	Pyrophosphate ion	TGN	Trans Golgian Network
Mcm	Minichromosome maintenance	PPSE	Potentiel Post Synaptique Excitateur	Th	Lymphocyte T helper
MCP	Mitotic CheckPoint	PPSI	Potentiel Post Synaptique Inhibiteur	TIM	Translocase of the Inner Membrane
MDSC	Myeloid Derived Suppressive Cell	PR	Pathogenesis Related	TK	TachyKinines
MEC	Matrice ExtraCellulaire	PRH	Prolactine Releasing Hormone	TK	Thimidine Kinase
MIC	MHC Class I related	PrP	Prion Protein	TLR	Toll Like Receptor
MIT	Mono-IodoTyrosine	PRR	Pattern Recognition Receptor	TMAO	TriMethylAmine Oxyde
MPF	Mitotic Promoting Factor	PS	PhotoSystème	TNF	Tumor Necrosis Factor
MPO	MyéloPerOxydase	PTH	ParaThyroid Hormone - Parathormone	TOM	Translocase of the Outer Membrane
MTOC	MicroTubule Organizing Center	PZ	Progress Zone	tracr RNA	transacting small RNA
NA	Nord Adrénaline	RCP	Replication CheckPoint	TRH	Thyrotropin Releasing Hormone, Thyréolibérine
NAD	Nicotinamide Adenine Dinucleotide	RE	Response Element	TRP	Transient Receptor Potential
NADP	Nicotinamide Adenine Dinucleotide Phosphate	RE-BP	Response Element – Binding Protein	TSH	Thyroid Stimulating Hormone, Thyréotrophine
NCR	Natural Cytotoxicity Receptors	RER (REG)	Rough Endoplasmic Reticulum, Réticulum Endoplasmique Granuleux	Tus	Terminus utilisation substance
NER	Nucleotides Excision Repair	RF	Releasing Factor	UCP	UnCoupled Protein
NGF	Nerve Growth Factor	RFc	Fc Receptor	UDP	Uridine DiPhosphate
NiR	Nitrite Reductase	RF-C	Replicating Factor C	UTP	Uridine TriPhosphate
NK	Natural Killer	RISC	RNA Induced Silencing Complex	UTR	UnTranslated Region
NKR	NK cells Receptors	RLH	Rig-I-Like Helicase	VAMP	Vesicle Associated Membrane Protein
NKT	Natural Killer T cell	ROI	Reactive Oxygen Intermediates	VLDL	Very Low Density Lipoprotein
NLR	NOD-Like Receptor	RPA	Replicating Protein A	XP	Xeroderma Pigmentosus
NMDA	N-Méthyl-D-Aspartate	RubisCO	Ribulose 1,5 bisphosphate	XTH	Xyloglucane
NO	Nitric Oxyde, monoxyde d'azote	RXR	Retinoid X Receptor	YAC	Transglycosylases Hydrolases
NPC	Nuclear Pore Complex	RyR	Ryanodine Receptor	ZO	Yeast Artificial Chromosome
NR	Nitrate reductase	SAR	Systemic Acquired Resistance		Zonula Occludens
NRT	Noyau Réticulaire Thermosensible				
NSF	N-ethylmaleimide Sensitive Factor				

Remerciements

Nous tenons à remercier tout particulièrement plusieurs collègues ou autres personnes de notre entourage qui, à divers titres, nous ont permis de réaliser cet ouvrage :

- Annie Balay, ancienne professeure de lycées et collèges
- Vanessa Beunèche, éditrice
- Marie Conrath, ancienne directrice de recherches CNRS, Paris
- Monique Gauthier, ancienne professeure d'Université, Toulouse
- Yves Gioanni, ancien maître de conférences d'Université, Paris
- Laetitia Jammet, éditrice
- Françoise Lauga, ancienne professeure d'Université, Toulouse
- Jacques Lauga, ancien professeur d'Université, Toulouse
- Gaëlle Richard, assistante de collection, Université Rennes I
- Jean-Pierre Richard, ancien ingénieur de recherche, Rennes
- Mélanie Richard, ingénieure agricole, Paris



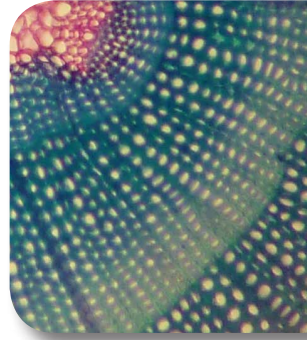
PARTIE

1

L'organisation des systèmes biologiques

Chapitre 1

L'organisation des cellules du vivant



Plan

Fiche 1	L'unité du vivant	Fiche 7	Membranes et compartimentation intracellulaire
Fiche 2	La cellule bactérienne	Fiche 8	Le cytosquelette
Fiche 3	La cellule des Archées	Fiche 9	Les mitochondries
Fiche 4	La cellule animale	Fiche 10	Les plastides
Fiche 5	La cellule végétale	Fiche 11	Le noyau des cellules eucaryotes
Fiche 6	La membrane plasmique		

Les bonus web sur Dunod.com

- Testez vos connaissances sur ce chapitre avec le quiz en ligne corrigé et commenté !
- Retrouvez les documents complémentaires signalés par  dans les fiches.

Les êtres vivants sont caractérisés par trois points communs : ils sont organisés en cellules, ont une activité métabolique et sont capables de se reproduire. Cette définition exclut les virus qui ne peuvent se reproduire seuls.

1. L'organisation cellulaire des organismes vivants

■ Les Bactéries et les Archées

Les Bactéries et les Archées sont des organismes unicellulaires procaryotes, c'est-à-dire dépourvus de noyau. Les caractéristiques morphologiques de tous ces organismes sont extrêmement variables. Les espèces et leur parenté biologique sont définies sur la base de critères moléculaires, par comparaison de leurs séquences d'ARN 16S, voire par séquençage complet du génome.

Le matériel génétique de ces organismes est porté par un seul chromosome de structure circulaire, et parfois de plasmides plus petits.

Les Bactéries présentent deux caractéristiques qui les distinguent des autres domaines du vivant (figure 1) :

- elles possèdent une paroi cellulaire rigide formée de peptidoglycane contenant de l'acide muramique ;
- l'initiation de la traduction est assurée par un ARN de transfert qui porte une N-formyl méthionine et non de la méthionine comme chez les Archées et les Eucaryotes.

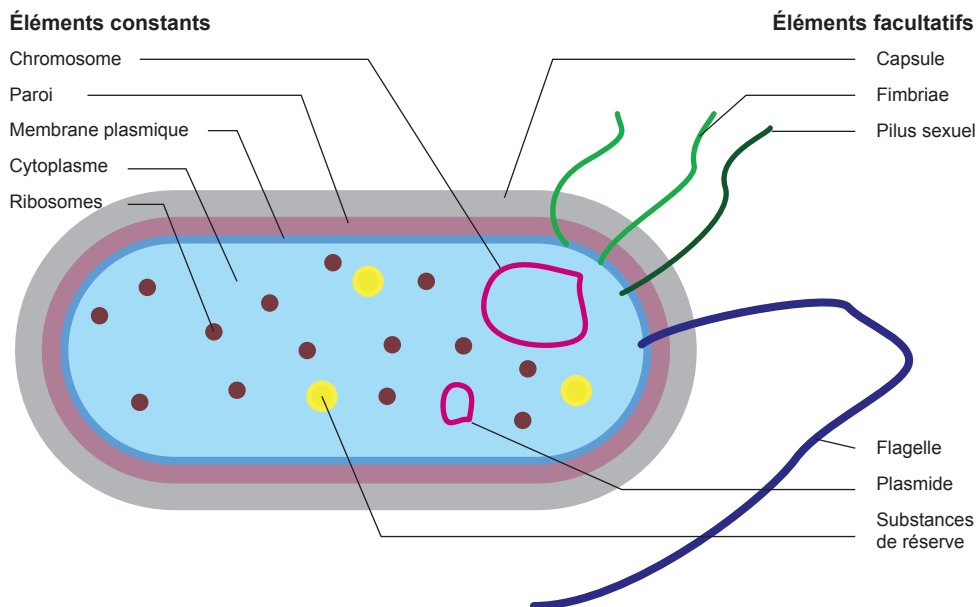


Figure 1 Schéma de Bactérie

■ Les Eucaryotes

Les cellules eucaryotes, plus complexes, possèdent un noyau protégeant plusieurs chromosomes linéaires. Autour se trouve le cytoplasme au sein duquel baignent des organites mono-membranaires (réticulum rugueux et lisse, dictyosomes, vésicules, mitochondries et, en plus pour les

cellules végétales, des plastes dont les chloroplastes) (figure 2). Ces cellules peuvent être soit isolées (exemple : chez les Ciliés) ou regroupées en tissus (exemple : chez les Mammifères et les Angiospermes).

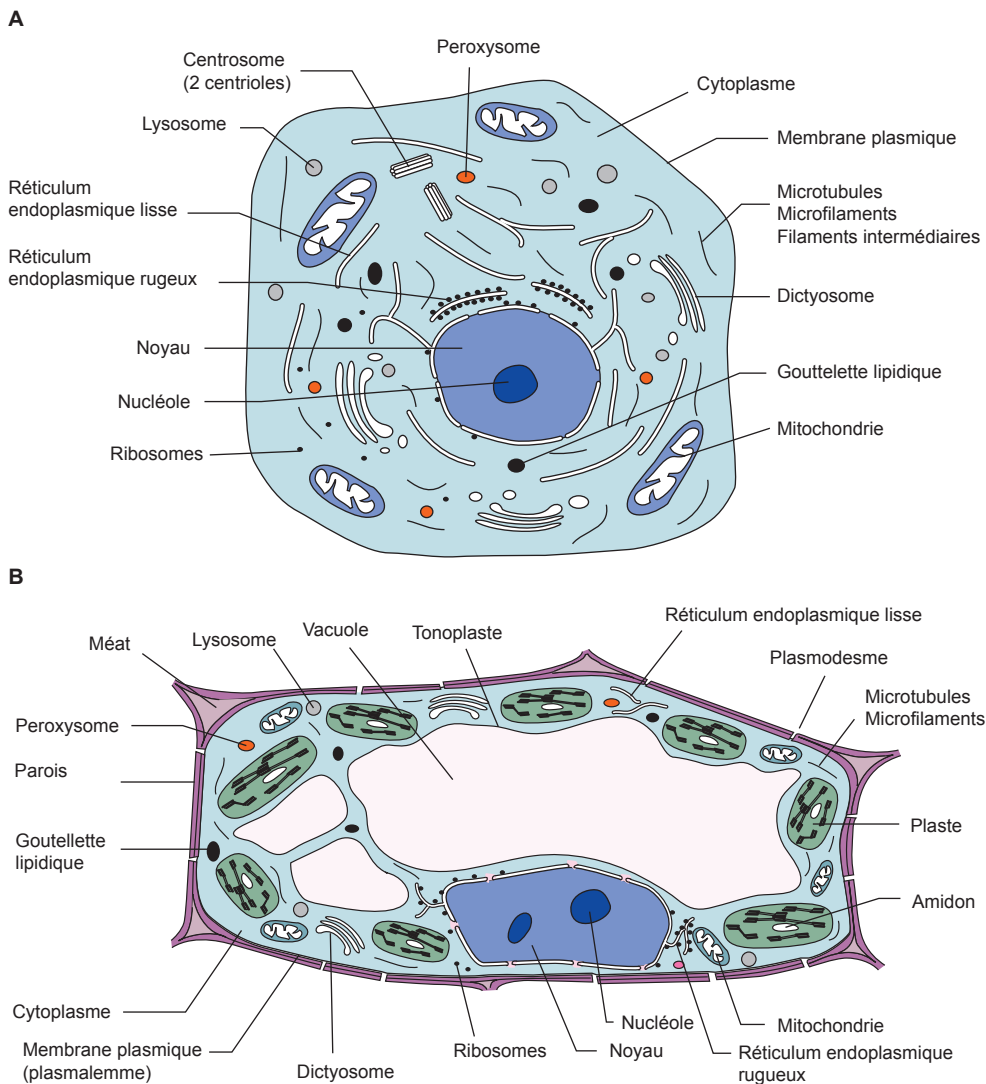


Figure 2 Schéma de cellules eucaryotes
A : Animale ; B : Végétale

2. L'activité métabolique des êtres vivants

Le catabolisme assure la production des molécules pourvoyeuses d'énergie au sein de la cellule telles que l'ATP et les coenzymes réduits.

En présence de dioxygène (aérobie), c'est la dégradation complète des glucides et des lipides lors de la respiration cellulaire qui assure cette production (figure 3).

En absence de dioxygène (anaérobie), la fermentation (lactique ou alcoolique), voie de dégradation partielle, est mise en jeu. Notons qu'en l'absence de dioxygène certains micro-organismes sont capables de faire de la respiration anaérobie.

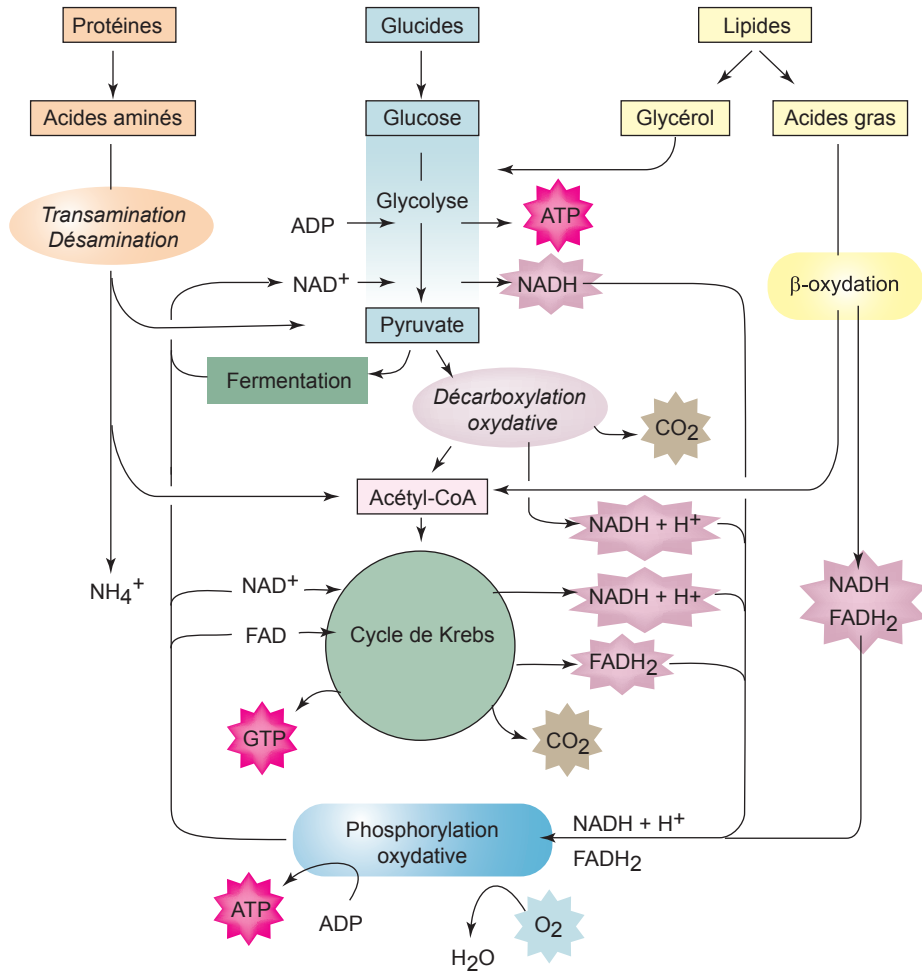


Figure 3 Les étapes de la glycolyse et du cycle de Krebs

L'anabolisme permet la synthèse des molécules plastiques (protéines, lipides, polynucléotides) qui entrent dans la construction de la cellule (membranes, matériel génétique, cytosquelette, etc.).

3. La capacité à se reproduire

La reproduction asexuée permet aux organismes pères de générer des individus fils à partir d'un lot de cellules qui sont issues de nombreuses divisions mitotiques. Ainsi, le génome est identique d'une génération à l'autre : c'est le clonage.

La reproduction sexuée est caractérisée par la formation de gamètes mâles, les spermatozoïdes, et de gamètes femelles, les ovocytes et ovules des animaux et oosphères des végétaux. Ces cellules sexuelles sont génétiquement originales car elles sont issues de la méiose qui assure des recombinaisons génétiques.

Lors de la fécondation, la rencontre des gamètes conduit à la formation d'un œuf, ou zygote. Cette étape permet l'association des différents gènes parentaux au sein d'un individu qui est alors un être génétiquement original.

Les Bactéries, au même titre que les Archées, sont des organismes unicellulaires procaryotes, c'est-à-dire dépourvus de noyau. Comme tous ces organismes, les caractéristiques morphologiques sont extrêmement variables y compris au sein de groupes génétiquement très proches. C'est pourquoi, à l'heure actuelle, les espèces et leur parenté biologique sont définies sur la base de critères moléculaires, par comparaison de leurs séquences d'ARN 16S, voire par séquençage complet du génome.

Les Bactéries présentent deux caractéristiques qui les distinguent des autres domaines du vivant : elles possèdent une paroi cellulaire de peptidoglycanes contenant de l'acide muramique (sauf cas de perte secondaire comme chez les Mycoplasmes), et l'initiation de la traduction est assurée par un ARN de transfert qui porte une N-formyl méthionine et non de la méthionine comme chez les Archées et les Eucaryotes.

Comme pour les Archées, l'absence d'une véritable sexualité rend impossible de définir les espèces bactériennes sur un critère d'interfécondité. En revanche, des échanges d'ADN sont possibles entre individus appartenant à des groupes génétiquement très distants. De plus, le chromosome n'ayant qu'un seul allèle de chacun des gènes, les mutations sont immédiatement intégrées à l'ADN.

1. La morphologie des Bactéries

Les Bactéries présentent une morphologie très variable. De l'ordre du micromètre, leur taille varie de 0,1 μm , pour les Mycoplasmes, à 0,3 mm pour les plus grosses telles *Thiomargarita namibiensis* (la perle de soufre de Namibie), voire 0,6 mm pour *Epulopiscium fishelsoni*, symbionte intestinal d'Actinoptérygiens.

Les diverses formes rencontrées sont les formes sphériques caractéristiques des coques, les formes cylindriques définissant les bacilles et les formes spiralées caractéristiques des Spirochètes.

La morphologie des Bactéries est adaptée à leur niche écologique et à leur capacité à se déplacer. Ainsi, les bactéries sphériques dont le rapport surface/volume est faible seraient avantagées dans des milieux riches en nutriments et sont rarement mobiles. Inversement, les bacilles, dont le rapport surface/volume est plus grand, seraient mieux adaptés à une vie dans des milieux pauvres. Ils peuvent par ailleurs être munis de flagelles et se déplacer.

2. La paroi des Bactéries

La paroi est une structure rigide et résistante qui protège la bactérie et lui donne sa forme. Elle contient un polymère complexe constant, le peptidoglycane ou muréine. Formé de chaînes d'oses aminés (glucosamine et acide muramique, reliés par des liaisons β 1,4) interconnectées par des enchaînements d'acides aminés constituant des ponts peptidiques (figure 1).

La plupart des Bactéries présentent une paroi de 10 nm d'épaisseur, constituée d'une fine couche de peptidoglycanes recouverte d'une membrane externe ou pariétale, renfermant des phospholipides, des lipopolysaccharides (LPS) et des protéines (figure 2A). La paroi de ces Bactéries ne retient pas la célèbre coloration de Gram, elles sont dites gram négatif (Gram-).

Un groupe de Bactéries, fortement apparentées, présente une paroi caractérisée par l'absence de la membrane externe et une hypertrophie du peptidoglycane. Cette paroi présente une structure homogène et une épaisseur variant de 10 à 80 nm (figure 2B). Elle renferme des acides téichoïques et lipotéichoïques (LTA). Cette paroi épaisse de peptidoglycane retient la coloration de Gram à l'intérieur de la cellule bactérienne qui est alors dite Gram positif (Gram+). C'est le cas par exemple des genres *Bacillus* (dont *B. anthracis*, agent de l'anthrax), *Clostridium* (dont *C. botuli* agent du botulisme), *Lis-*

teria, *Lactobacillus*, *Staphylococcus*, etc. Toutefois, ce groupe contient également les mycoplasmes, qui ont perdu la paroi, et apparaissent donc Gram– après coloration de Gram.

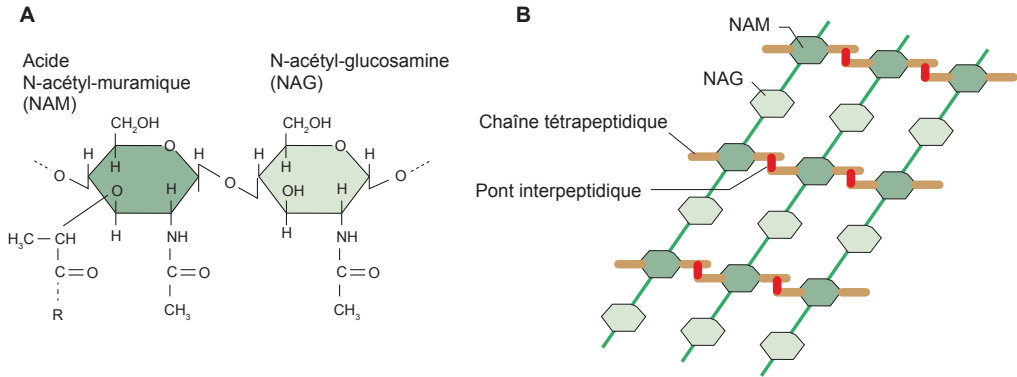


Figure 1 Acide N-acétyl-muramique et N-acétyl-glucosamine (A) ; Peptidoglycane ou muréine (B)

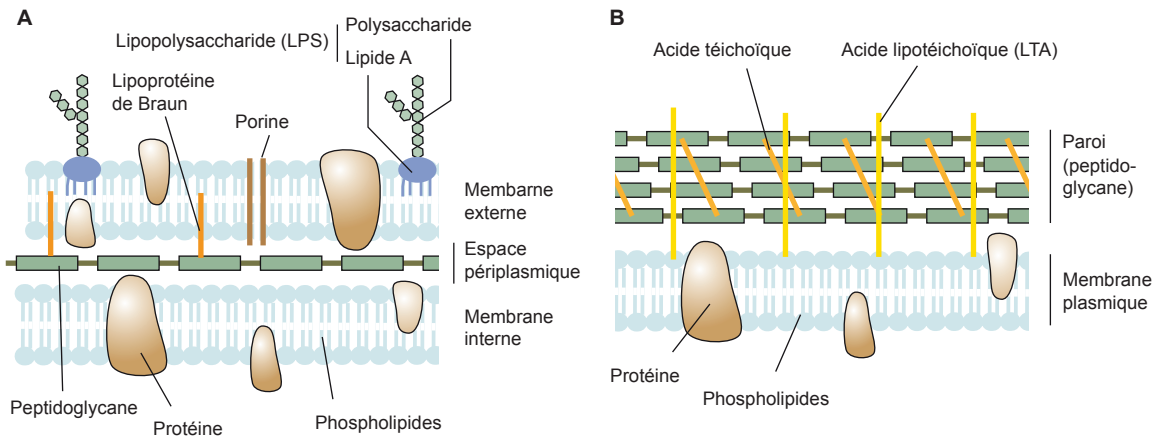


Figure 2 Structure schématique de la paroi des bactéries à Gram négatif (A) et des bactéries à Gram positif (B)

3. Exemples de caractéristiques spécifiques

Certaines espèces bactériennes peuvent s'entourer d'enveloppes supplémentaires de polysaccharides, plus ou moins structurées, telles que les capsules. Ces dernières jouent un rôle important dans le pouvoir pathogène des Bactéries en s'opposant à la phagocytose et à l'activation de la voie alterne du système du complément.

Certaines Bactéries produisent des appendices émergeant de la surface cellulaire. Les plus répandus sont les *fimbrae* qui interviennent dans les phénomènes d'adhésion, les *pili*, impliqués dans les processus de conjugaison, et les flagelles, assurant la mobilité des cellules.

La plupart des Bactéries renferment également des plasmides, molécules d'ADN bicaténares, généralement circulaires, extra-chromosomiques, dont la taille varie de 1 à 300 kilobases, doués de réplication autonome et transmissibles de façon stable à la descendance. Ils confèrent parfois un avantage sélectif aux bactéries qui les hébergent. C'est le cas notamment des plasmides de résistance aux antibiotiques.

Enfin, certaines Bactéries ont la possibilité de sporuler lorsque les conditions de vie deviennent défavorables. Des endospores se forment alors au sein du cytoplasme. Elles diffèrent de la cellule végétative par leur forme, leur structure, leur équipement enzymatique et par leur résistance aux agents physiques et chimiques.

La cellule des Archées

Les Archées, ou *Archaea*, constituent un groupe d'organismes procaryotes mis en évidence grâce à la phylogénie moléculaire de leurs gènes d'ARN ribosomique 16S. Les espèces biologiques, et leur parenté, sont définies essentiellement sur la base de leurs séquences d'ARN 16S, mais également par séquençage complet du génome.

Comme pour les Bactéries, il est impossible de définir les espèces sur un critère d'interfécondité. Par ailleurs, les échanges d'ADN entre individus génétiquement très distants semblent également fréquents chez ces espèces. Enfin, comme pour tous les organismes unicellulaires, leurs caractéristiques morphologiques sont à la fois limitées et extrêmement variables entre espèces génétiquement proches.

1. La morphologie des Archées

Les Archées présentent une morphologie extrêmement variable : sphères, bâtonnets, plates, spirales, etc. Leur taille varie de 0,1 à 15 μm . Elles peuvent se présenter sous forme isolée, sous forme de filaments allant jusqu'à 200 μm ou encore d'agrégats. Le seul examen morphologique ne permet pas de les différencier des Bactéries. Initialement isolées dans des milieux extrêmes comme les sources hydrothermales des grands fonds marins, les milieux d'acidité, de salinité ou de températures extrêmes, elles ont été depuis isolées dans des milieux plus standards.

2. La membrane des Archées

La membrane plasmique des Archées contient des acides gras liés au squelette de glycérol par des liaisons éther, contrairement à tous les autres organismes vivants chez qui cette liaison se fait par des liaisons ester. Dans la plupart des cas, également, les acides gras sont substitués par des chaînes isoprènes non ramifiées. De plus, les Archées contiennent de 1 à 95 % d'acides gras qui forment des groupements tétra-éther. Ces liaisons chimiques permettent la constitution de lipides bipolaires qui, lorsqu'ils sont présents à haute concentration, rigidifient la membrane plasmique en formant une membrane partiellement ou majoritairement monocouche (figure 1). Cette structure membranaire permet aux Archées de résister aux températures extrêmes.

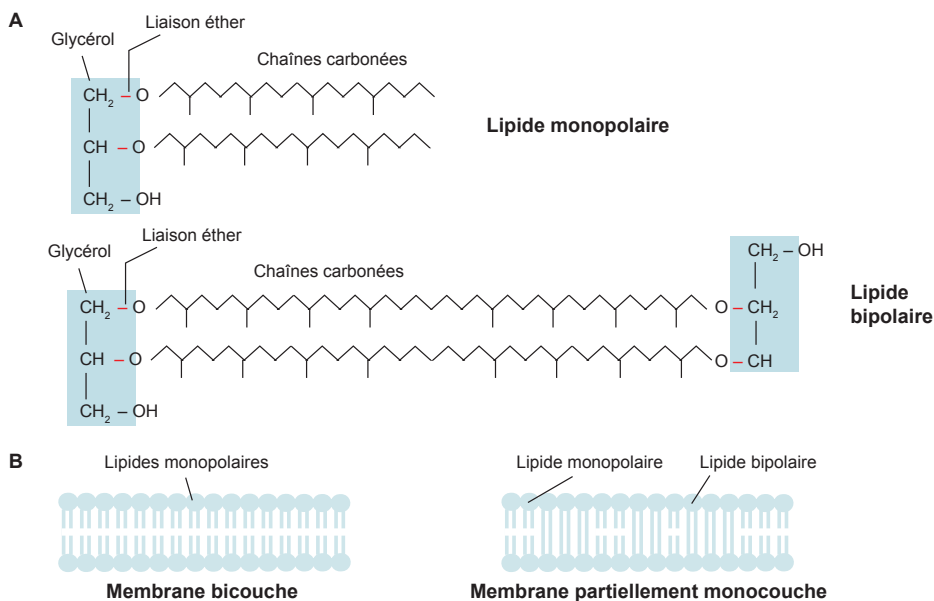


Figure 1 Lipides monopolaires et bipolaires de la membrane des Archées (A) et membrane partiellement monocouche (B)

3. La paroi des Archées

La plupart des Archées sont entourées d'une paroi rigide et résistante qui protège l'organisme et lui donne sa forme. La couche de surface (ou *S-layer*) de la paroi est constituée d'empilements de couches monomoléculaires de polymères protéiques ou glycoprotéiques qui, à la différence des Bactéries, ne contiennent pas de peptidoglycane (figure 2A). Le plus souvent, la couche de surface est ancrée à la membrane plasmique par des résidus hydrophobes, une structure qui ne permet pas de retenir la coloration de Gram (ces Archées sont par conséquent Gram-).

Certaines Archées méthanogènes présentent un pseudopeptidoglycane constitué d'une couche de surface ancrée à la membrane par de la pseudomuréine et sont alors Gram+. Ce pseudopeptidoglycane diffère du peptidoglycane des Bactéries par l'absence de D-aminoacides et d'acide N-acétylmuramique.

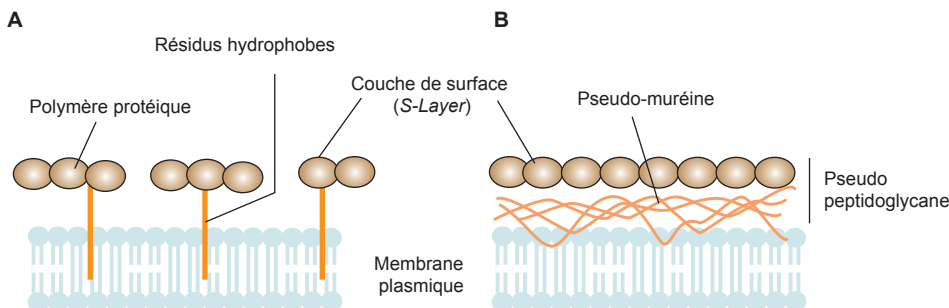


Figure 2 La paroi des Archées

A : Majorité des Archées ; B : Certaines Archées méthanogènes

4. Des Archées dans tous les milieux

Les Archées furent tout d'abord isolées dans des biotopes extrêmes (hyperthermique, acide, hyperhalin, etc.). Certaines furent découvertes dans des sources chaudes (parc de Yellowstone, États-Unis) comme *Thermococcus* dont la température optimale est comprise entre 55 °C et 70 °C. D'autres cumulent hyperthermophilie et acidophilie comme *Sulfolobus acidocaldarius* (température optimale : 80 – 95 °C, pH 1 à 5). De plus, comme beaucoup d'Archées hyperthermophiles, *S. acidocaldarius* est chimiolithotrophe (sulfoxydante). Elle se développe donc dans des milieux à hautes températures, forte acidité et hautes teneurs en soufre, comme en produisent les éruptions volcaniques. D'autres encore, comme *Halobacterium* ou *Haloferax* furent isolées dans des dépôts de sels (Mer morte, Jordanie/Israël ; Great Salt Lake, Utah, États-Unis) que l'on pensait jusque-là impropres à la vie.

Les Archées apparaissent aujourd'hui comme des micro-organismes très abondants dans des biotopes courants. En effet, selon des estimations récentes, elles représenteraient jusqu'à 20 % de la biomasse des milieux marins et des sols.

Les Archées jouent un rôle fondamental dans les cycles biogéochimiques, notamment celui de l'azote. Toutefois, dans les biotopes standards, elles occupent des niches où les ressources énergétiques sont limitées. Les Archées sont particulièrement résistantes au stress énergétique, que celui-ci soit dû à la rareté des ressources ou aux conditions physico-chimiques de l'écosystème. Rappelons que cette résistance semble due aux propriétés de leur membrane plasmique, et en particulier à la présence dans cette dernière de lipides bipolaires.

De façon étonnante, aucune Archée pathogène n'a été identifiée à ce jour et la seule espèce parasite, *Nanoarchaeum equitans* (0,35 µm), est un parasite d'Archées (*Ignicoccus*, 1 à 2 µm).

Bien que toutes les cellules animales possèdent des propriétés structurales et fonctionnelles communes (membrane, cytoplasme, organites, noyau, etc.), elles diffèrent en fonction des organismes, ainsi qu'en fonction de leur spécialisation au sein d'un tissu ou d'un organe.

Figure 1 Neurone en culture (MO)

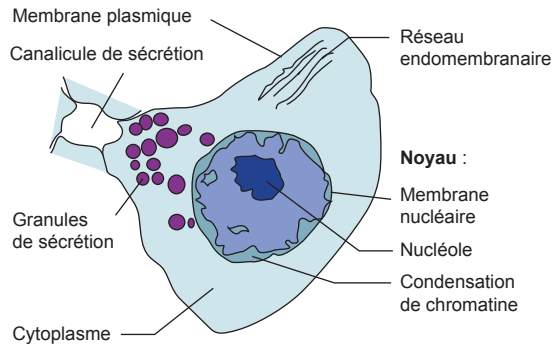
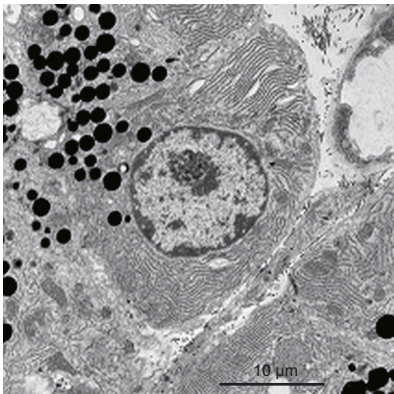
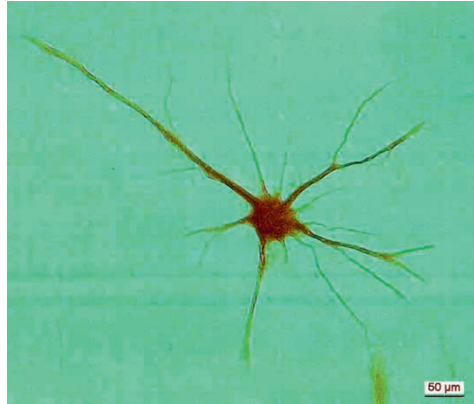


Figure 2 Cellule sécrétrice de glande salivaire de Rat (MET)

1. Organisation fonctionnelle générale

Comme toutes les cellules, les cellules animales possèdent une membrane limitante constituée d'une double couche de phospholipides dans lesquels sont incluses des protéines.

Le compartiment intracellulaire constitue le cytoplasme, lequel comprend (figure 2) :

- le noyau qui contient l'ADN, support de l'information génétique ;
- un réseau membranaire interne qui forme divers compartiments intracellulaires (réticulum, appareil de Golgi, etc.) ;
- un cytosquelette composé de microtubules, de microfilaments et de filaments intermédiaires ;
- des organites intracellulaires, les mitochondries, qui assurent la respiration cellulaire et qui proviennent d'une symbiose ancienne avec une Protéobactérie ;
- les flagelles, lorsqu'ils sont présents, présentent une structure caractéristique constituée de neuf doublets ou triplets de microtubules entourant deux microtubules centraux.

La division cellulaire, comme chez tous les Eucaryotes, se fait par mitose (et non par scissiparité comme chez les Archées et les Bactéries). Celle-ci correspond à une division conforme des cel-



lules, permettant d'obtenir des cellules filles identiques à la cellule mère. Elle se produit lors du développement embryonnaire et tout au long de la vie de l'organisme (figure 3).

Notons que l'alignement noyau-centrosome fournit « l'axe primaire » des cellules lors de la division cellulaire.

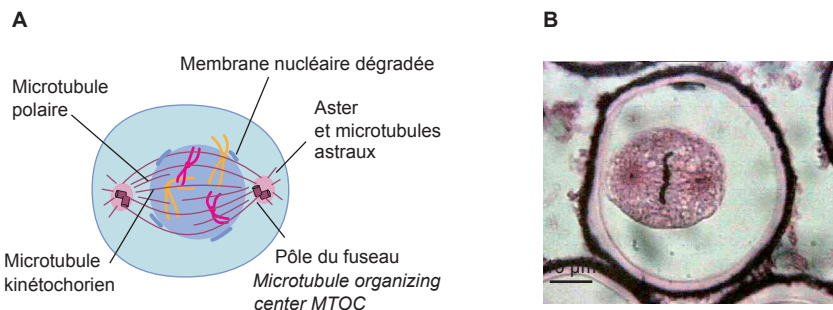


Figure 3 Fuseau mitotique (A) et cellule d'œuf d'*Ascaris* en métaphase (B)

Enfin, les cellules présentent une véritable sexualité pour laquelle chaque type sexuel (mâle ou femelle) contribue à égalité au patrimoine génétique de la cellule fille. Contrairement aux organismes à structure procaryote qui ne présentent que des échanges génétiques partiels entre cellules, les Eucaryotes sont capables de produire des gamètes haploïdes par méiose. Au cours de ce processus, répartis en deux divisions successives, les chromosomes d'origines paternelle et maternelle sont recombinaisonnés, brassés et séparés en deux lots qui contribuent chacun pour moitié au génome des cellules descendantes issues de la fécondation.

2. La membrane plasmique

La membrane plasmique est constituée d'une double couche de phospholipides dans laquelle sont enchâssées (ou simplement fixées) des protéines ou des glycoprotéines. En fonction de leur structure, ces protéines assurent différentes fonctions : canaux (échanges), récepteurs des lymphocytes membres de la superfamille des immunoglobulines (reconnaissance), récepteurs (communication intercellulaire), protéines d'adhésion (adhérence et jonctions cellulaires).

3. Le cytosol

Le cytosol est une émulsion colloïdale contenant de nombreux organites, ainsi que les éléments du cytosquelette, ayant des structures et des fonctions variées. L'ensemble cytosol et cytosquelette constitue l'hyaloplasme. Le cytoplasme désigne l'ensemble du contenu de la cellule.

Les organites sont limités soit par une simple soit par une double membrane, et ils constituent des systèmes de compartimentation anatomiques et fonctionnels intracellulaires.

La structure cellulaire est assurée par un cytosquelette plus ou moins développé, selon le type cellulaire.

Au sein de la cellule, les organites sont constamment mis en mouvement sous l'action de l'assemblage et du désassemblage de protéines « contractiles ».

4. Le noyau

Le noyau contient l'ADN, support de l'information génétique, sous forme de fins filaments associés à des protéines. Il comprend une zone acidophile, le nucléole, qui correspond au lieu de la transcription de l'ADN.

Le noyau est délimité par une double membrane en relation avec le réticulum endoplasmique. Cette membrane est interrompue par des pores nucléaires au niveau desquels se font les échanges entre le milieu intranucléaire et le cytoplasme.

Les Archéoplastidés, ou lignée verte, sont des organismes dont les cellules contiennent, en plus des organites des cellules animales, une paroi pecto-cellulosique, des plastes et un réseau de vacuoles.

1. Organisation générale de la cellule végétale

L'organisation du cytoplasme de la cellule végétale est du type eucaryote. Il est cependant très limité et réparti sur le pourtour de la cellule, la région centrale de la cellule formant des travées vacuolaires. Il inclut (figure 1) :

- un noyau, souvent déporté sur le côté et plaqué contre la membrane plasmique ;
- divers organites qui composent le système endomembranaire (réticulum, dictyosome, vésicules) ;
- des chloroplastes et des mitochondries ;
- une vacuole qui occupe l'essentiel de la cellule.

Par comparaison aux cellules animales, il faut noter l'absence de lysosomes et d'un véritable centrosome. Il existe également, dans le cytoplasme, des filaments d'actine et des filaments intermédiaires. Ces structures participent principalement à la dynamique interne des organites et aux divisions cellulaires, la fonction d'endocytosquelette hydrostatique étant essentiellement dévolue à la vacuole.

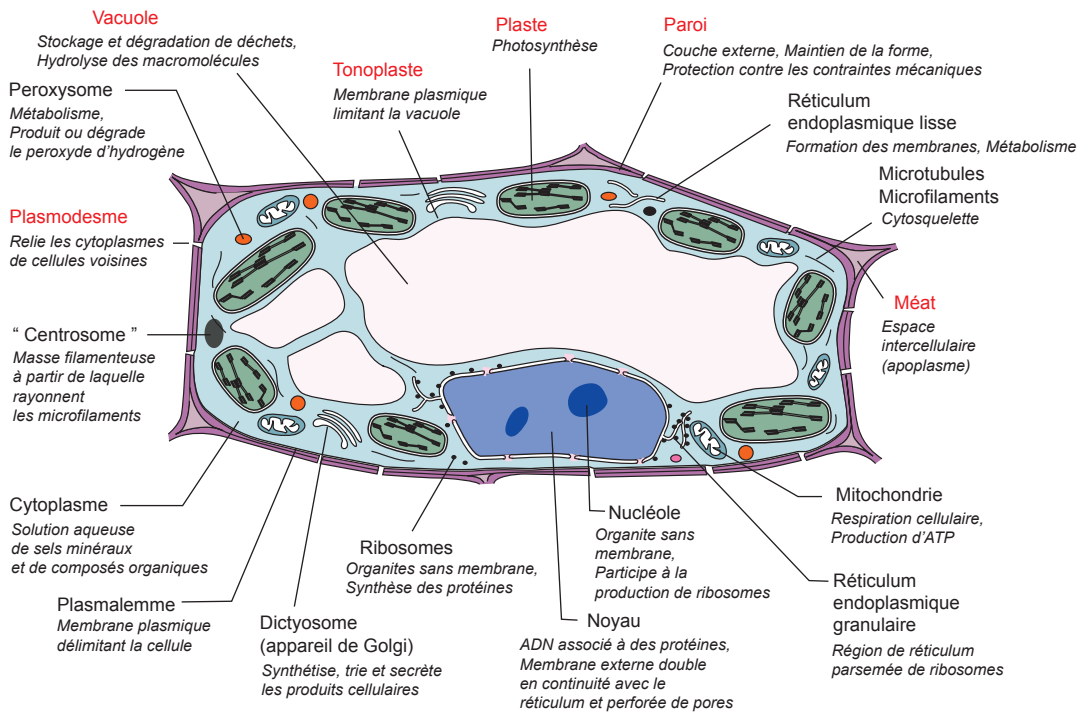


Figure 1 Cellule d'Embryophyte

Les éléments légendés en rouge sont spécifiques des cellules végétales

2. La paroi

La cellule des Embryophytes est entourée d'une matrice extracellulaire de composition pecto-cellulosique, la paroi, et est éventuellement spécialisée par l'enrichissement en autres constituants (polyphénol, cires, etc.). Cette paroi joue le rôle d'exosquelette et permet également la cohésion des tissus. Sa présence définit un continuum extracellulaire, l'apoplasme, dans lequel l'eau et les solutés peuvent circuler par diffusion passive (voie apoplasmique).

La paroi primaire, formée très tôt lors de la division de la cellule mère, est capable de s'agrandir sous la pression de turgescence lors de l'auxèse. Une fois la croissance terminée, la paroi secondaire est alors formée par addition de couches successives de cellulose disposées en strates entrecroisées.

La résistance de la paroi est due à la présence de microfibrilles de cellulose insérées dans un ciment pectique et hémicellulosique associé à des protéines pariétales. Dans le cas du xylème, du sclérenchyme et du bois, de la lignine est ajoutée à cet ensemble moléculaire, lui conférant imperméabilité et rigidité. Par cette dernière propriété, la présence de la paroi empêche donc toute migration cellulaire.

La paroi comprend de nombreux « pores » permettant la communication entre deux cellules voisines : les plasmodesmes. Chaque plasmodesme est bordé d'une membrane en continuité avec les membranes plasmiques (ou plasmalemmes) des cellules voisines. Au centre du plasmodesme, un canal membranaire interne, le desmotube, relie le réticulum endoplasmique des deux cellules connectées (figure 2).

L'ensemble des cytoplasmes connectés forme le symplasme. Celui-ci permet la circulation de molécules par des transports passifs, constituant une voie d'échanges intercellulaires, la voie symplasmique, complémentaire de la voie apoplasmique.

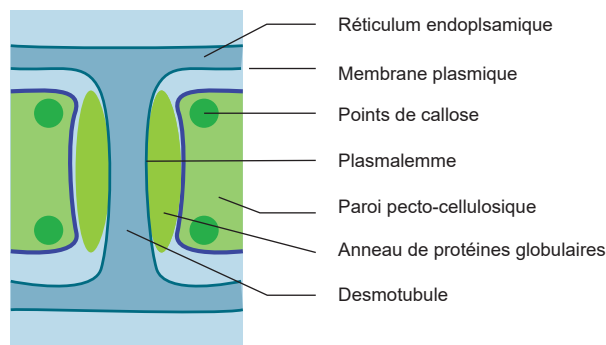


Figure 2 Plasmodesme

3. Les plastes

Chez les Embryophytes, les plastes (figure 3) sont subdivisés en général en trois types, convertibles entre eux (interconversion plastidiale) :

- les chloroplastes contenant de la chlorophylle et des caroténoïdes ;
- les chromoplastes contenant une grande quantité de caroténoïdes ;
- les leucoplastes, dépourvus de pigments et assurant le stockage de protéines dans les protéoplastes, de lipides dans les oléoplastes, ou de glucides dans les amyloplastes.

Tout plaste provient d'un plaste déjà existant. Il ne peut y avoir formation de plaste *ex nihilo*. Cependant, les chloroplastes peuvent se diviser et donner de nouveaux organites photosynthétiques.

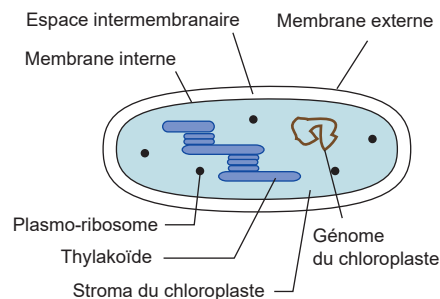


Figure 3 Organisation anatomique de plaste (exemple du chloroplaste)

4. La vacuole

L'appareil vacuolaire se présente sous la forme de petites vacuoles isolées dans les jeunes cellules et sous la forme d'une grande vacuole unique dans les cellules différenciées.

La vacuole se forme à partir de vésicules qui, après s'être détachées du réseau transgolgien, fusionnent en un grand compartiment délimité par le tonoplaste et contenant du suc vacuolaire.

Les vacuoles possèdent de nombreuses fonctions :

- elles participent au port de la plante terrestre en formant un squelette hydrostatique grâce aux échanges ioniques et hydriques responsables de la turgescence ;
- elles contiennent des réserves (glucides, protéines, parfums, alcaloïdes tels que l'opium, etc.) et des pigments (anthocyanes, etc.) ;
- elles contiennent des enzymes hydrolytiques identiques à ceux des lysosomes ;
- elles ont une fonction homéostatique par échanges avec le cytoplasme ;
- elles assurent l'accroissement cellulaire par des phénomènes de turgescence lors de l'auxèse.

La membrane plasmique des cellules eucaryotes, ou plasmalemme, constitue la limite entre les milieux intracellulaire et extracellulaire. De ce fait, elle assure à la fois un rôle de séparation entre ces milieux et de communication avec le milieu extérieur.

1. Les constituants de la membrane plasmique

La membrane plasmique est constituée d'une double couche de lipides (acide gras, phospholipides, glycolipides, sphingolipides, stérols) dans laquelle sont enchâssées des protéines et des glycoprotéines intrinsèques. Par ailleurs, des protéines extrinsèques à ancrage lipidique sont associées à ces protéines intrinsèques (figures 1, 2, 3).

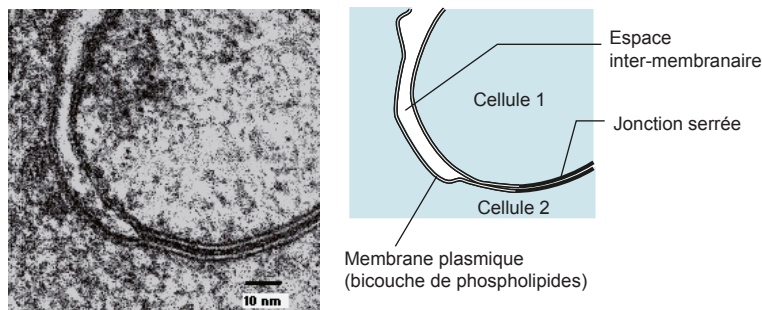


Figure 1 Membranes plasmiques de deux cellules adjacentes (MET)

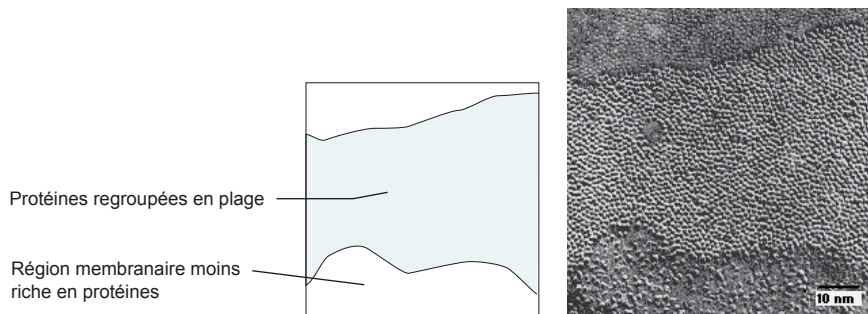


Figure 2 Surface membranaire observée après cryodécapage (MEB)

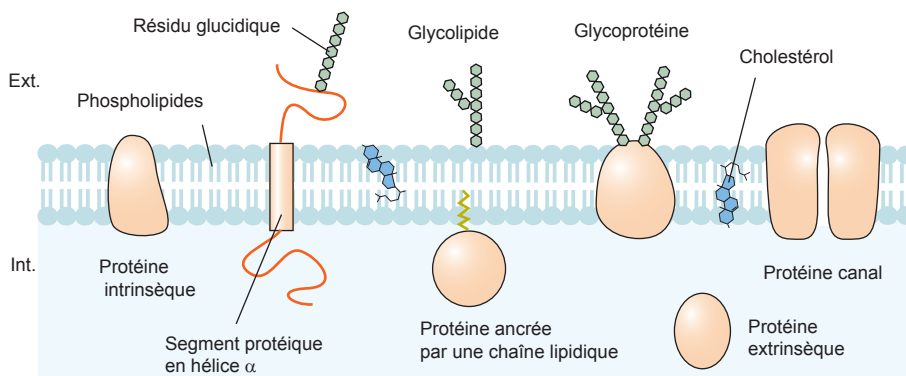


Figure 3 Structure moléculaire de la membrane plasmique

2. Les principales fonctions des protéines de la membrane plasmique

Selon leur structure, les protéines assurent différentes fonctions : structuration de la membrane, échanges intermembranaires, reconnaissance, communication intercellulaire, adhérence et jonctions cellulaires.

■ Les protéines canaux et les échanges transmembranaires

De nombreuses protéines participent aux échanges transmembranaires, lesquels se font soit sans utilisation d'énergie (transports passifs), soit avec consommation d'énergie (transports actifs).

Ces protéines sont généralement constituées de sous-unités formant des canaux, des perméases, des ports, des pompes, etc., au travers de la membrane (figure 4).



Figure 4 Lactose perméase

■ Les protéines de reconnaissance

Certaines protéines membranaires permettent de reconnaître soit des facteurs pathogènes, soit des éléments provenant d'infections ou de tumorigénération de cellules du soi. Elles constituent le support du fonctionnement des cellules de l'immunité (figure 5).

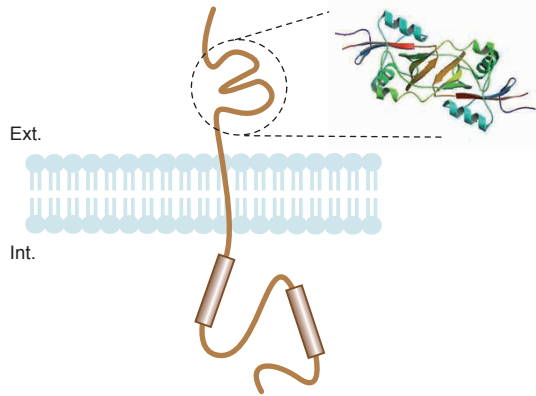


Figure 5 Structure du récepteur NK de Souris

■ Les récepteurs et la communication intercellulaire

La communication intercellulaire est indispensable au maintien de l'intégrité des organismes pluricellulaires. Cette communication met en particulier en jeu des récepteurs membranaires spécifiques de neuromédiateurs ou d'hormones (figure 6).

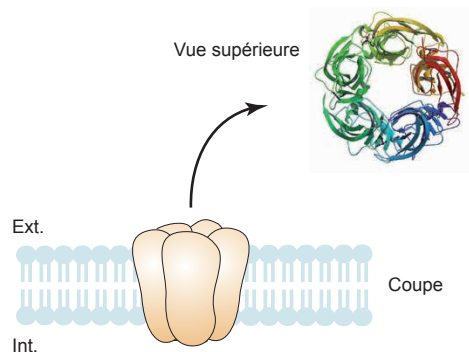


Figure 6 Récepteur à l'acétylcholine

■ Les protéines d'adhérence et les jonctions cellulaires

Chez les organismes pluricellulaires, certaines protéines assurent la cohésion des tissus. C'est le cas en particulier des cadhérines (figure 7), glycoprotéines dont le fonctionnement dépend de la présence de calcium et qui participent soit aux jonctions d'adhérence non jonctionnelles, soit aux adhérences jonctionnelles telles que les desmosomes.

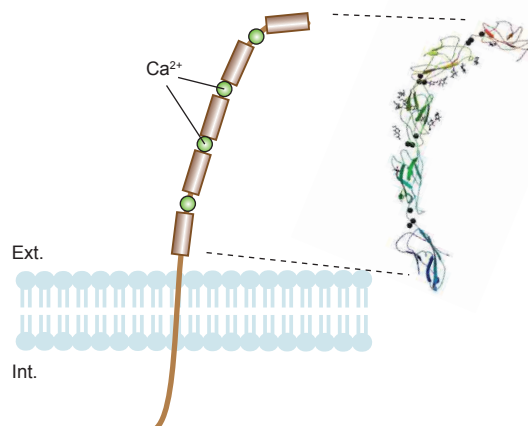


Figure 7 Cadhérine

3. Les échanges transmembranaires

Les cellules réalisent des échanges avec le milieu extérieur au travers de la membrane plasmique. De même, les compartiments intracellulaires des cellules eucaryotes sont limités par des membranes qui permettent des échanges de substances. L'ensemble de ces échanges sont assurés avec ou sans consommation d'énergie.

■ Les échanges transmembranaires passifs

Le transport passif est un déplacement thermodynamiquement favorable ($\Delta G < 0$) au cours duquel les solutés migrent en suivant leur gradient décroissant de potentiel électrochimique, pour les solutés chargés, ou de potentiel chimique pour les solutés neutres. Ce transport spontané se réalise sans consommation d'énergie.

Il est possible de distinguer deux modes essentiels de traversée passive des membranes : la diffusion simple mettant en jeu la liposolubilité des solutés et la diffusion facilitée mettant en jeu soit des protéines telles que des perméases, soit des canaux ou des pores (figure 8).

• La traversée par liposolubilité

Les molécules liposolubles (O_2 , CO_2 , hormones stéroïdiennes) et celles de très petite taille (H_2O , éthanol, etc.) traversent facilement la bicouche membranaire en s'insinuant entre les lipides membranaires.

• La traversée facilitée par des canaux

Les canaux, au sens large, sont des voies moléculaires plus ou moins sélectives constituant des lumières par lesquelles les molécules peuvent diffuser. Parmi ces structures, il faut distinguer :

- les pores qui sont des voies peu sélectives pour les petites molécules et qui empêchent le passage des grosses molécules polymériques telles que les protéines, ou les polysides (excepté les protéines et les polynucléotides redirigés vers le noyau). On peut distinguer :
 - les pores nucléaires, composés notamment de nucléoporines, qui constituent un tunnel de diffusion des solutés de petite taille ;
 - les porines, présentes dans la membrane externe des Bactéries Gram –, des chloroplastes et

des mitochondries, qui laissent passer les ions et des petites molécules organiques (lactose, etc.) jusqu'à 600 Da ;

- les canaux *stricto sensu* qui constituent des voies de plus petit diamètre et sont en général sélectifs :
 - les canaux de fuite sont toujours ouverts et permettent le passage des ions à travers la membrane. Ils sont sélectifs, filtrant les solutés en fonction de leur charge et de leur taille (canal K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , etc.) ;
 - les canaux excitables ont deux conformations possibles : ouverte ou fermée. Le changement d'état est alors provoqué par un agent physico-chimique spécifique, modifiant la perméabilité membranaire. C'est le cas, par exemple, des canaux tensio-dépendants, chimio-dépendants ou mécano-dépendants (canaux Na^+-K^+ du potentiel d'action, récepteurs ionotropiques à l'ACh, etc.).

• La traversée facilitée par des perméases

Dans le cas d'un transport facilité par une perméase, le flux de solutés présente un phénomène de saturation en relation avec l'interaction stéréospécifique entre le transporteur et le soluté :

- les perméases telles que les GluT (*Glucose Transporter*) sont des protéines membranaires ayant un site de reconnaissance stéréospécifique pouvant lier le soluté et le transférer. Ce fonctionnement est caractérisé par une constante d'association ($k_{0,5}$) et une vitesse maximale (V_{max}) ;
- les translocases telles que la translocase ATP/ADP située dans la membrane interne des mitochondries et des chloroplastes, couplant la sortie d'ATP avec l'entrée de l'ADP selon leur gradient électrochimique.

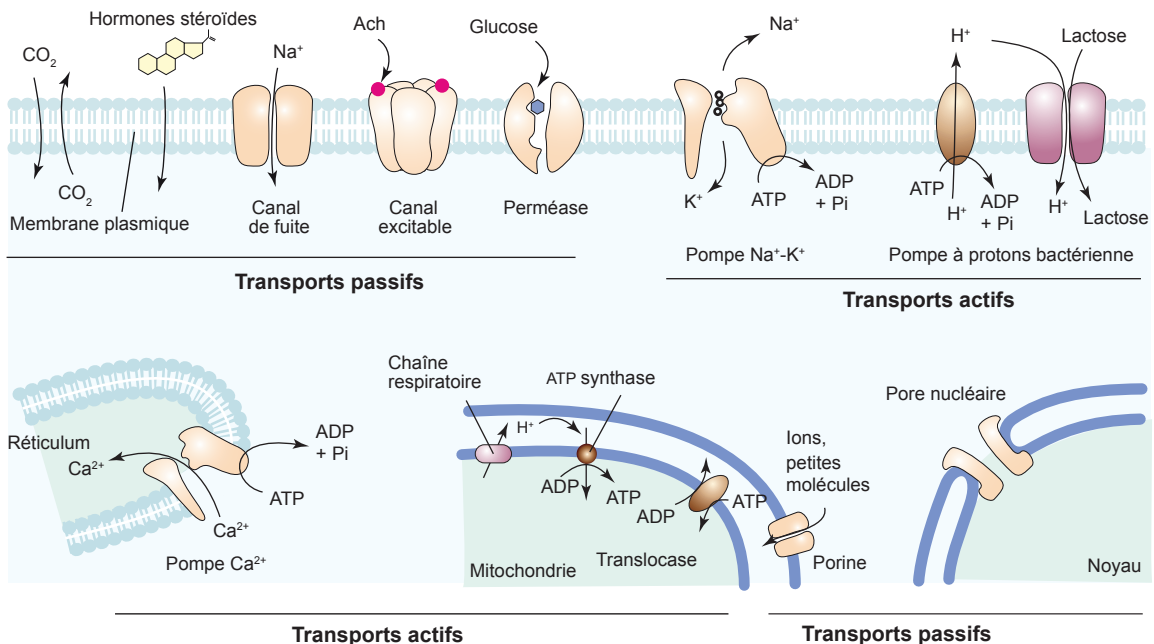


Figure 8 Modalités des échanges transmembranaires

■ Les échanges transmembranaires actifs

Un transport actif correspond à un transport thermodynamiquement défavorable ($\Delta G > 0$), c'est-à-dire endergonique pour lequel le soluté se déplace contre son gradient électrochimique. Ce phénomène, non spontané, est permis grâce à une réaction exergonique ($\Delta G < 0$), lors d'un couplage énergétique (figure 1).

• Les transports actifs primaires

Dans le cas d'un transport actif primaire, l'énergie de la réaction peut provenir :

- de l'hydrolyse de l'ATP en ADP + Pi, avec un ΔG° de $-30 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$. C'est le cas des différentes pompes ATPasiques qui ont un ou deux site(s) de liaison aux solutés et un site capable d'hydrolyser l'ATP et de phosphoryler la pompe (pompe H^+ , pompe Ca^{2+} , pompe Na^+/K^+ , etc.) ;
- de l'énergie liée, lors d'une réaction d'oxydoréduction, $\text{OxA} + \text{RédB} \rightarrow \text{RédA} + \text{OxB}$ avec un ΔG° fonction de la différence de potentiel d'oxydoréduction ΔE° entre les couples A et B : $\Delta G^\circ = -nF \cdot \Delta E^\circ$. C'est le cas des chaînes d'oxydoréduction mitochondriales, chloroplastiques ainsi que celles de la membrane interne des bactéries.

• Les transports actifs secondaires

Lors d'un transport actif secondaire, le soluté se déplace contre son gradient électrochimique en utilisant l'énergie contenue dans un gradient ionique (H^+ protomotrice ou Na^+ motrice). Dans ce cas, le gradient ionique créé activement par un transport actif primaire (pompes ATPasiques ou une réaction d'oxydoréduction en chaîne) permet le retour spontané de l'ion moteur ($\Delta G^\circ < 0$). Ce déplacement exergonique entraîne alors le soluté contre son gradient électrochimique ($\Delta G^\circ > 0$).

La protéine permettant le double déplacement est qualifiée de « port ». Si l'ion moteur et le soluté se déplacent dans le même sens ($\text{H}^+/\text{lactose}$ chez les bactéries, $\text{Na}^+/\text{glucose}$ de l'entérocyte), il s'agit d'un symport. À l'inverse, si le soluté se déplace dans le sens opposé de l'ion moteur, il s'agit d'un antiport (Na^+/H^+ des cellules animales).

4. Membrane plasmique et gradients électrochimiques

■ Compositions ioniques intra- et extracellulaires et gradient électrochimique transmembranaire

La composition ionique des milieux intra- et extracellulaire est différente. En particulier, le milieu intracellulaire est un milieu riche en K^+ , tandis que le milieu extracellulaire est riche en Na^+ (tableau 1).

Tableau 1 Composition ionique des milieux intra- et extracellulaire (exemple de la fibre musculaire de Mammifère)

Ions	Milieu intracellulaire (mM)	Milieu extracellulaire (mM)	Potentiel d'équilibre (mV)
K^+	155	4	-96
Na^+	12	145	+ 65
Ca^{2+}	5	2	Non significatif
Cl^-	2	80	-97
Autres	130	50	Non significatif

■ Le potentiel d'équilibre ionique

Pour une espèce ionique, la différence de concentration entre deux milieux liquidiens séparés par une membrane à perméabilité sélective produit une différence de potentiel électrique entre les deux faces de la membrane. Cette différence de potentiel (ddp) transmembranaire constitue le potentiel d'équilibre de l'ion et obéit à la formule (loi de Nernst) :

$$E_{\text{Eq}} = -\frac{RT}{zF} \cdot \ln \left(\frac{[\text{X}]_{\text{i}}}{[\text{X}]_{\text{e}}} \right)$$

(avec : E_{Eq} = potentiel d'équilibre, R = constante des gaz parfaits, T = température absolue, z = valence de l'ion, F = Faraday = $96\,500 \text{ Cb}$).

Le potentiel d'équilibre correspond à la valeur de la ddp pour laquelle les mouvements de l'ion considéré sont identiques dans un sens et dans l'autre. Ainsi, si la membrane plasmique de la fibre musculaire de Mammifère était perméable aux ions K^+ , et imperméable aux autres ions, la ddp transmembranaire serait de :

$$E_{mb} = -0,082 \times 310/96\,500 \times \ln([4]/[155]) = -96\text{ mV}$$

Le signe négatif signifie que, dans ce cas, le côté intracellulaire est négatif par rapport au milieu extracellulaire, lequel est considéré comme référence.

Ce même type de calcul réalisé pour les principales espèces ioniques permet de calculer leur potentiel d'équilibre en fonction de leurs concentrations respectives (tableau 1 et figure 1).

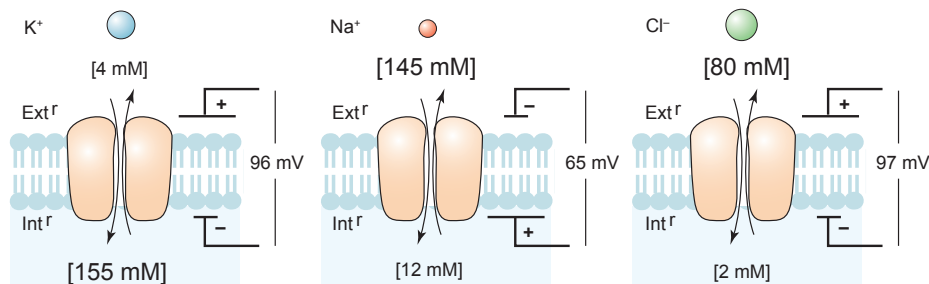


Figure 9 Concentrations ioniques et potentiel d'équilibre des principaux ions d'une fibre musculaire squelettique de Mammifère

■ Les applications de la loi de Nernst à la membrane plasmique

Compte tenu des concentrations ioniques mesurées d'une façon générale dans les cellules par rapport aux milieux extracellulaires, il apparaît que les trois principaux ions K^+ , Na^+ et Cl^- , ne peuvent être à leur potentiel d'équilibre en même temps.

Par ailleurs, la membrane plasmique des cellules est soumise à une différence de potentiel de quelques dizaines de millivolts, le compartiment intracellulaire étant négatif par rapport au compartiment extracellulaire. Il existe donc, au travers de ces membranes, des mouvements d'ions régis à la fois par le rapport des concentrations entre les milieux intra- et extracellulaire et par la différence entre le potentiel d'équilibre de l'ion considéré et cette ddp transmembranaire (figure 10).

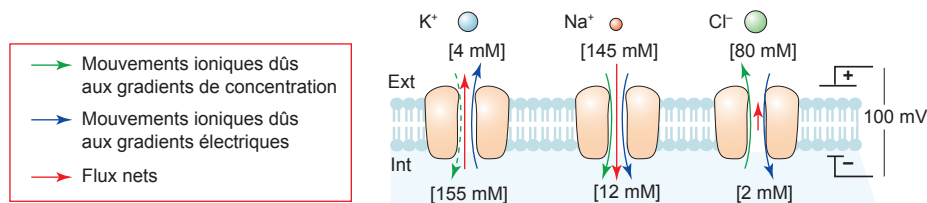


Figure 10 Flux ioniques au travers d'une membrane de fibre musculaire striée de Mammifère, dont la ddp transmembranaire est de 100 mV

5. Le potentiel de repos, un phénomène actif

Les flux ioniques transmembranaires nets, calculés en fonction des gradients électriques et de concentration, devraient tendre à annuler la ddp transmembranaire. Cependant, celle-ci est maintenue à une valeur de plusieurs dizaines de millivolts. Les flux nets passifs sont donc compensés par des flux ioniques de sens opposé, nécessitant de l'énergie. Cette énergie est fournie par une protéine membranaire appelée « pompe Na^+/K^+ », dont l'activité ATPasique permet le changement de conformation et l'entrée active de K^+ vers le compartiment intracellulaire et l'expulsion de Na^+ vers le milieu extracellulaire. Notons que ce mécanisme actif consomme environ 30 % du métabolisme cellulaire et permet le maintien de la ddp transmembranaire qualifiée, peut-être à tort, de potentiel de « repos ».

■ La pompe Na^+/K^+

La pompe Na^+/K^+ est une protéine transmembranaire constituée de deux sous-unités, α et β . La sous-unité α comprend à la fois des sites de liaison au Na^+ et au K^+ , et un site enzymatique d'hydrolyse de l'ATP. Cette pompe est donc une ATPase (figure 11-A).