

BC2 – Membranes et échanges membranaires

Les membranes biologiques constituent des frontières sélectives organisant les compartiments cellulaires. Selon le modèle de Singer et Nicholson, elles se composent d'une bicouche lipidique fluide dans laquelle s'insèrent des protéines distribuées de manière asymétrique horizontale et verticale. Cette mosaïque est stabilisée par des interactions faibles, permettant aux lipides et à de nombreuses protéines de diffuser latéralement. La fluidité membranaire, mise en évidence par FRAP, repose sur différents mouvements lipidiques : rotations, oscillations, diffusion latérale rapide et, plus rarement, basculement transversal catalysé par des flippases. Des microdomaines plus ordonnés, les radeaux lipidiques, regroupent des protéines clés de la signalisation. La fluidité dépend de la température, de la composition lipidique et du cholestérol, qui agit comme régulateur.

Les membranes diffèrent entre organismes et organites : lipides éther chez les archées, phospholipides classiques chez bactéries et eucaryotes, plasmalemme doté d'un glycocalyx, endomembranes issues d'une histoire liée à l'endosymbiose.

Elles permettent des échanges passifs selon le gradient électrochimique, combinant gradient de concentration et potentiel membranaire. Les passages spontanés peuvent se faire par diffusion simple, via des canaux ioniques ou des transporteurs facilitateurs saturables. La spontanéité d'un transfert ne présage pas de sa cinétique.

Les transports actifs permettent au contraire des échanges non spontanés. Dans le transport actif primaire, comme avec la pompe Na^+/K^+ , l'hydrolyse de l'ATP compense le $\Delta rG'$ positif associé au déplacement d'ions. Le transport actif secondaire utilise l'énergie d'un gradient existant : dans l'entérocyte, le symport SGLT importe glucose et Na^+ grâce au gradient créé par la Na^+/K^+ -ATPase, tandis qu'un antiport comme Na^+/H^+ contribue à la régulation du pH.

Enfin, les échanges de masse reposent sur le trafic vésiculaire : exocytose contrôlée ou non par les SNARE, endocytose contrôlée ou non par récepteurs, et cytopexies compensatoires maintenant l'équilibre membranaire. Les membranes apparaissent ainsi comme des structures dynamiques, centrales pour les échanges et l'organisation cellulaire.

LEXIQUE

Membrane plasmique	Flippase	Symport
Barrière sélective	Les radeaux lipidiques	Antiport
Feuillet extracellulaire	Lipide saturé	Sigt
Feuillet cytosolique	Lipide insaturé	Couplage osmo-osmotique
Sphingolipides	Cholestérol	Exocytose
Phosphatidylsérine	Glycocalyx	Snare
Cryofracture	Endomembrane	Endocytose
Cryodécapage	Cardiolipide	Phagocytose
Modèle de Singer et Nicholson	Potentiel électrochimique	Phagosome
Liposome	Enthalpie libre	Phagolysosome
Protéoliposome	Loi de Fick	Pinocytose
SDS-PAGE	Protéine canal	Clathrine
Electrophorèse	Protéine transporteur	Dynamine
Profil d'hydropathie	Canal potassique	Macropinocytose
Protéines à ancre lipidique	GLUT	Cavéoline
Protéines extrinsèques	Pompe Na^+/K^+ -atpase	Transcytose
Protéines intrinsèques	Couplage chimio-osmotique	
FRAP		

Introduction

I. Les membranes, des mosaïques moléculaires fluides

A. Le modèle de Singer et Nicholson

1. La bicouche lipidique incluant des protéines
2. Étudier l'agencement asymétrique de protéines
3. Une mosaïque de molécules structurées par des liaisons faibles

B. Origine et conséquences de la fluidité membranaire

1. Mise en évidence de la fluidité des membranes
2. Les mouvements lipidiques au sein des membranes
3. Les radeaux lipidiques
4. Importance de la fluidité
5. Paramètres affectants la fluidité des membranes

C. Cellules et organites : chacun sa membrane

1. Différences chimiques entre les 3 domaines du vivant
2. Plasmalemma et endomembranes

II. Les membranes permettent des échanges de matière entre deux compartiments

A. Des échanges passifs selon le gradient électrochimique

1. Causes et conséquences du potentiel de repos membranaire
2. Diffusion simple et diffusion facilitée par une protéine canal
3. Diffusion facilitée par un transporteur saturable

B. Des échanges actifs contre le gradient électrochimique

1. Les transports actifs primaires : les pompes
2. Les transports actifs secondaires : symports et antiports

C. Des échanges de masses via le trafic vésiculaire

1. Les exocytoses
2. Les endocytoses
3. Les transcytoses
4. Trafic vésiculaire et cytosoles compensatoires

ILLUSTRATIONS

Fig. 1 : Résultats de l'expérience de Gorter & Grendel (d'après Gorter & Grendel, 1924).....	3
Fig. 2 : Exemples de lipides membranaires.....	3
Fig. 3 : Technique et clichés de cryodécapage (©Dunod, Biologie cellulaire, 2005).....	3
Fig. 4 : Protocole utilisé pour déterminer la localisation des protéines membranaires (©Dunod, BCPST tout-en-un).....	4
Fig. 5 : Profils d'hydropathie de quelques protéines (avec rest.uniprot.org et web.expasy.org).....	4
Fig. 6 : Les lipides membranaires	5
Fig. 7 : Observation de cellule endothéliale au MET	5
Fig. 8 : Cinétique du transport de quelques molécules et ion à travers une bicouche lipidique (©Dunod, Biologie cellulaire, 2005).....	6
Fig. 9 : Structure du canal potassique KCNK10 (D'après Sauer et al., 2013 ; Senyon 2002)	6
Fig. 10 : Cinétique de diffusion du glucose à travers la membrane plasmique (©Dunod).....	7
Fig. 11 : Mise en évidence de l'export de sodium hors du neurone (©Dunod)	7
Fig. 12 : Mise en évidence des causes de l'efflux de sodium (©Dunod).....	7
Fig. 13 : Endocytose par puit recouvert de clathrine (©Dunod, Biologie cellulaire, 2005)	8

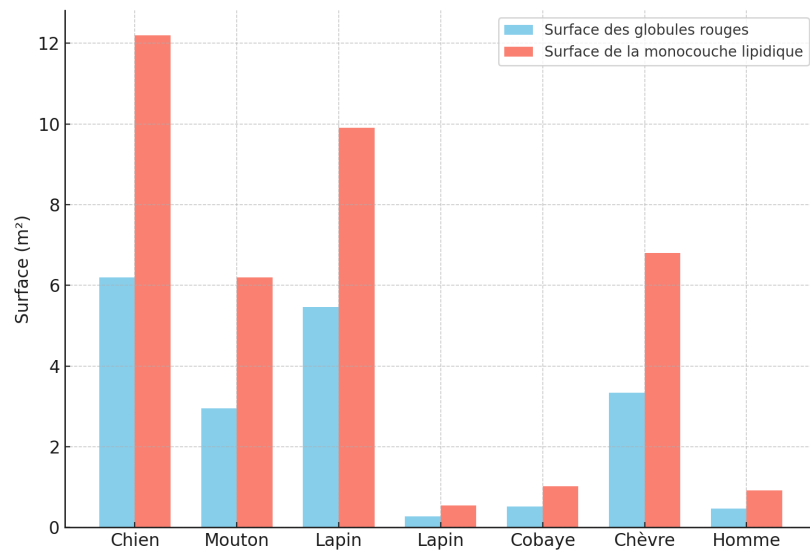


Fig. 1 : Résultats de l'expérience de Gorter & Grendel (d'après Gorter & Grendel, 1924)

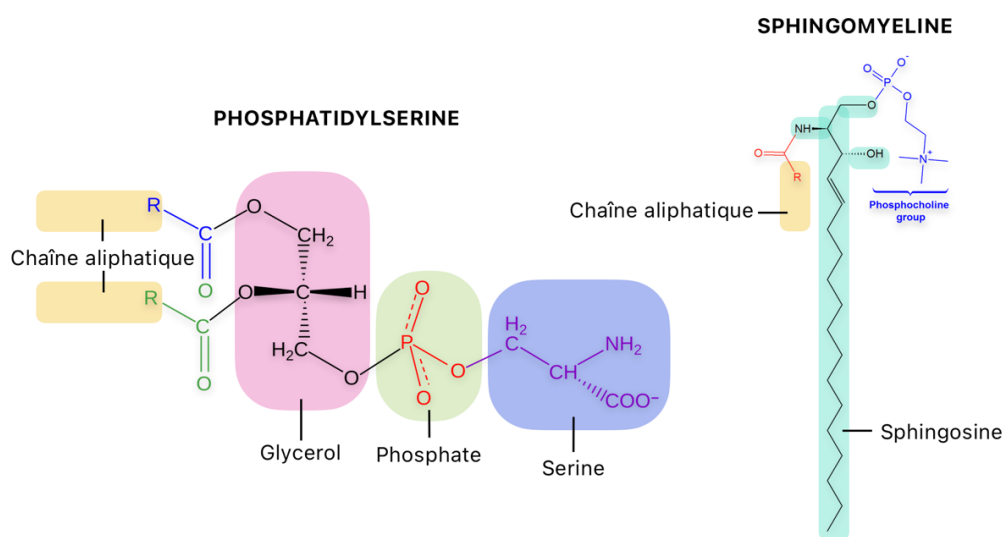


Fig. 2 : Exemples de lipides membranaires

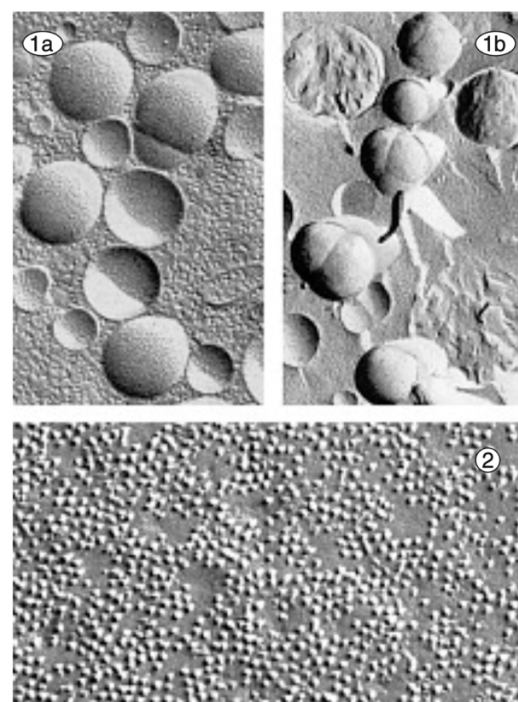
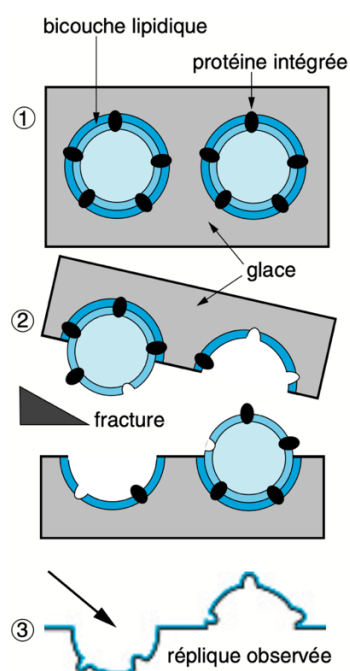


Fig. 3 : Technique et clichés de cryodécapage (©Dunod, Biologie cellulaire, 2005)

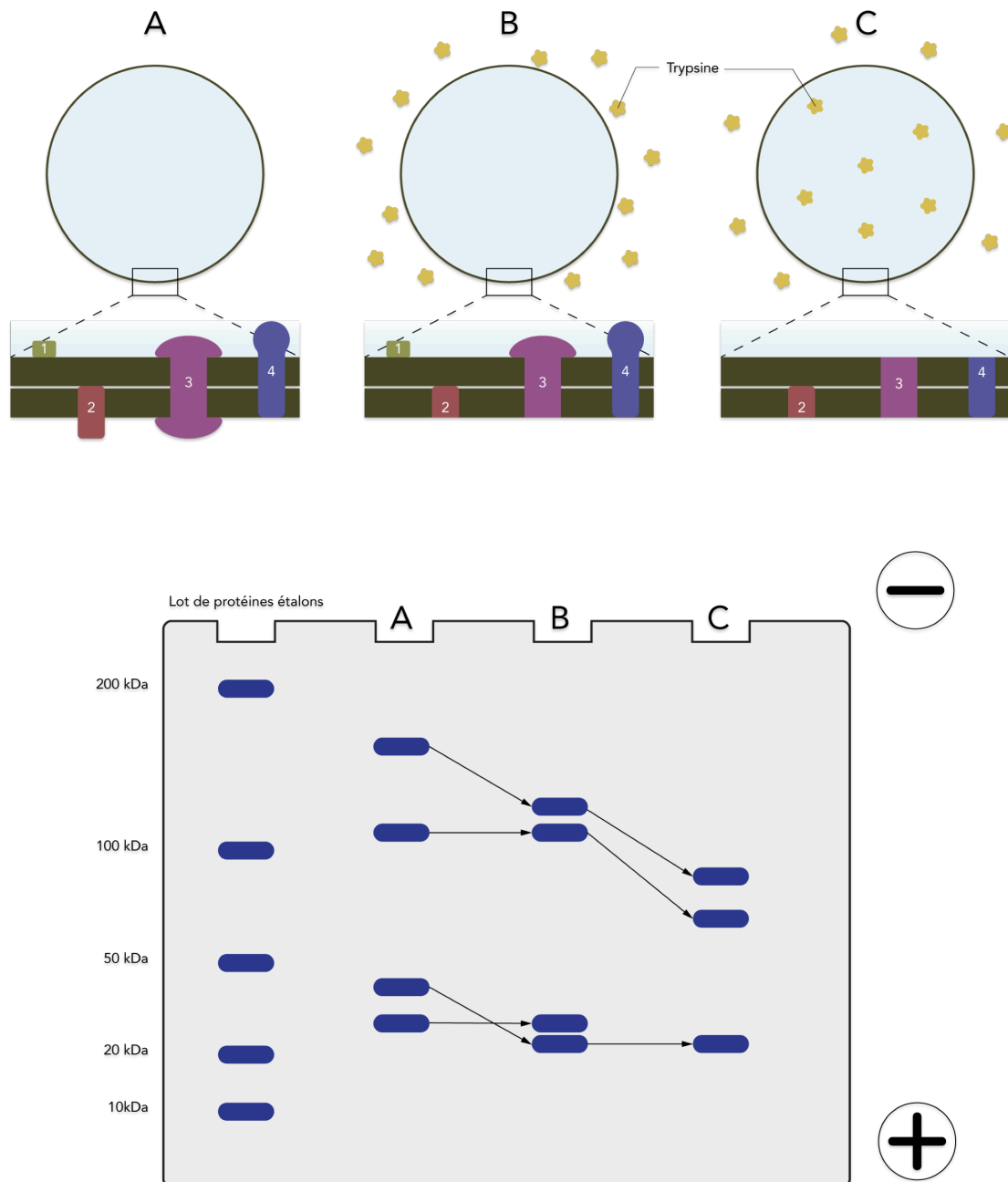


Fig. 4 : Protocole utilisé pour déterminer la localisation des protéines membranaires (D'après Dunod, BCPST tout-en-un)

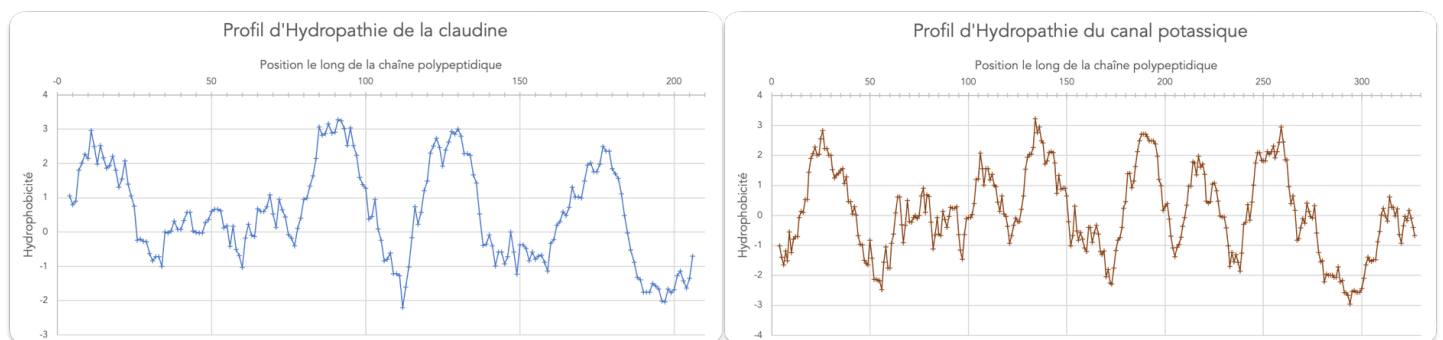


Fig. 5 : Profils d'hydropathie de quelques protéines (avec rest.uniprot.org et web.expasy.org)

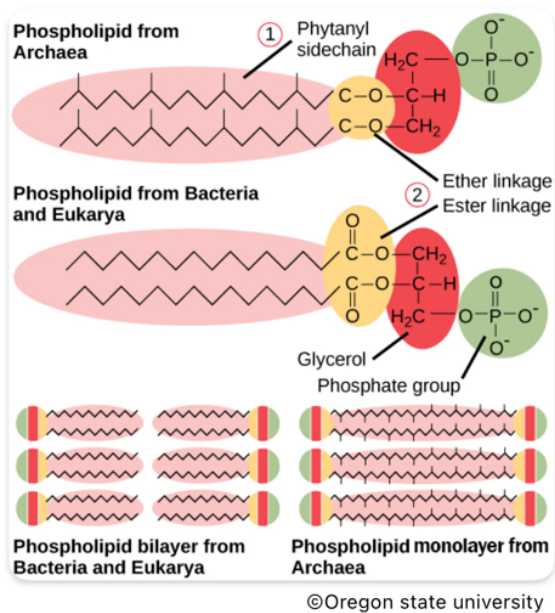


Fig. 6 : Les lipides membranaires

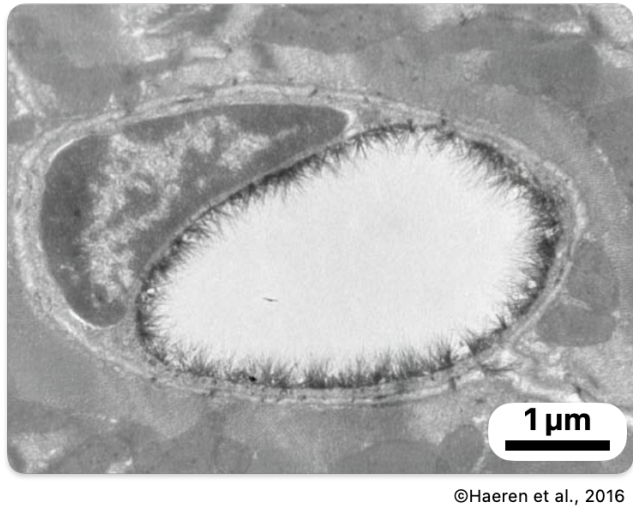


Fig. 7 : Observation de cellule endothéliale au MET

Archées	Bactéries	Eucaryote
Bicouche ou monocouche d'éther d'alcool isoprénique.	Bicouche de phospholipide dépourvu de cholestérol (sauf genre Mycoplasma par ex.)	-Bicouche de phospholipides incluant du cholestérol

Tableau 1 : Caractéristiques des plasmalemme des 3 domaines du vivant

Membranes	Épaisseur (nm)	Structure	Lipides totaux	Protéines totales
Plasmalemme	7,5 *	Tripartite + glycocalyx	42%	58%
Réticulum endoplasmique	5 à 6	Tripartite	30%	70%
Appareil de Golgi	6 à 7	Tripartite	35%	65%
Enveloppe plastidiale	6 **	Tripartite	60%	40%
Thylacoïdes	7 ***	Tripartite	50 % (dont 12 % pigments)	50%
Membrane mitochondriale externe	6	Tripartite	40%	60%
Membrane mitochondriale interne	6 ***	Tripartite	20%	80%
Plasmalemme bactérien	6 ***	Tripartite	30%	70%

Tableau 2 : Caractéristiques de différentes membranes

Ion	Concentration intracellulaire (mmol.L ⁻¹)	Concentration extracellulaire (mmol.L ⁻¹)	ΔrG' _{int->ext}
Na ⁺	15	150	
K ⁺	150	4	

Tableau 3 : Concentration intra- et extracellulaire de Na⁺ et K⁺

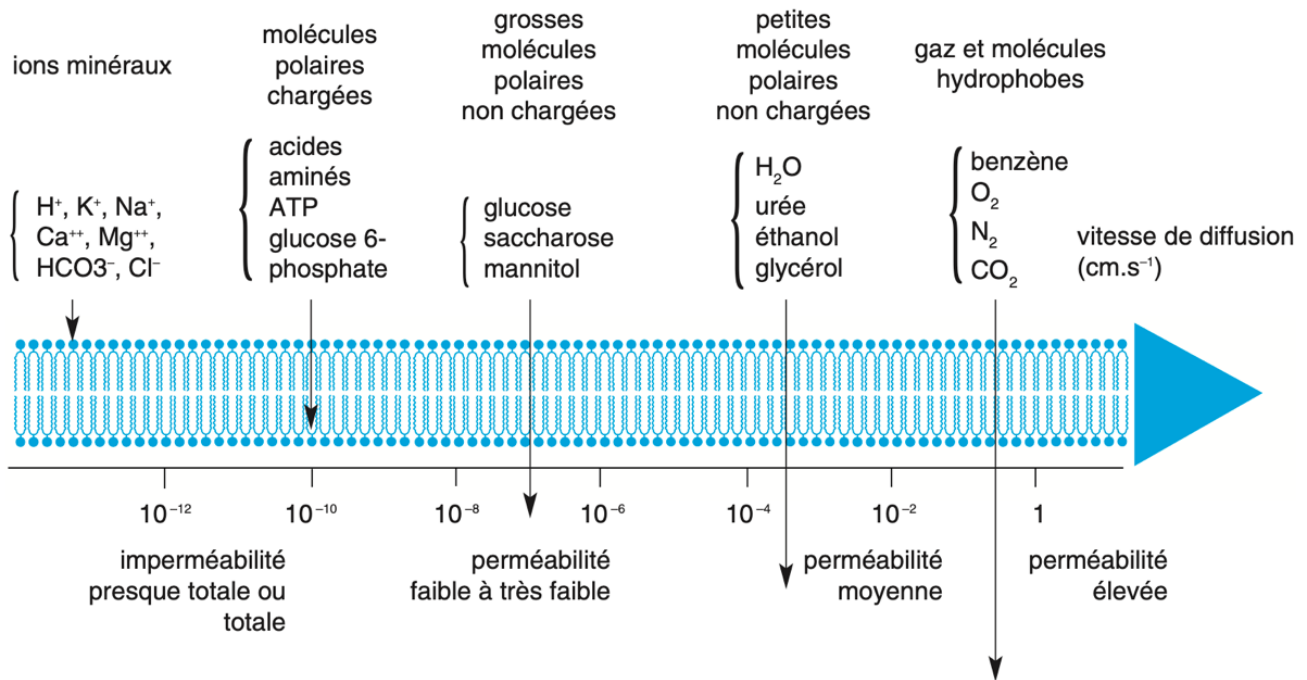


Fig. 8 : Cinétique du transport de quelques molécules et ion à travers une bicouche lipidique (©Dunod, Biologie cellulaire, 2005)

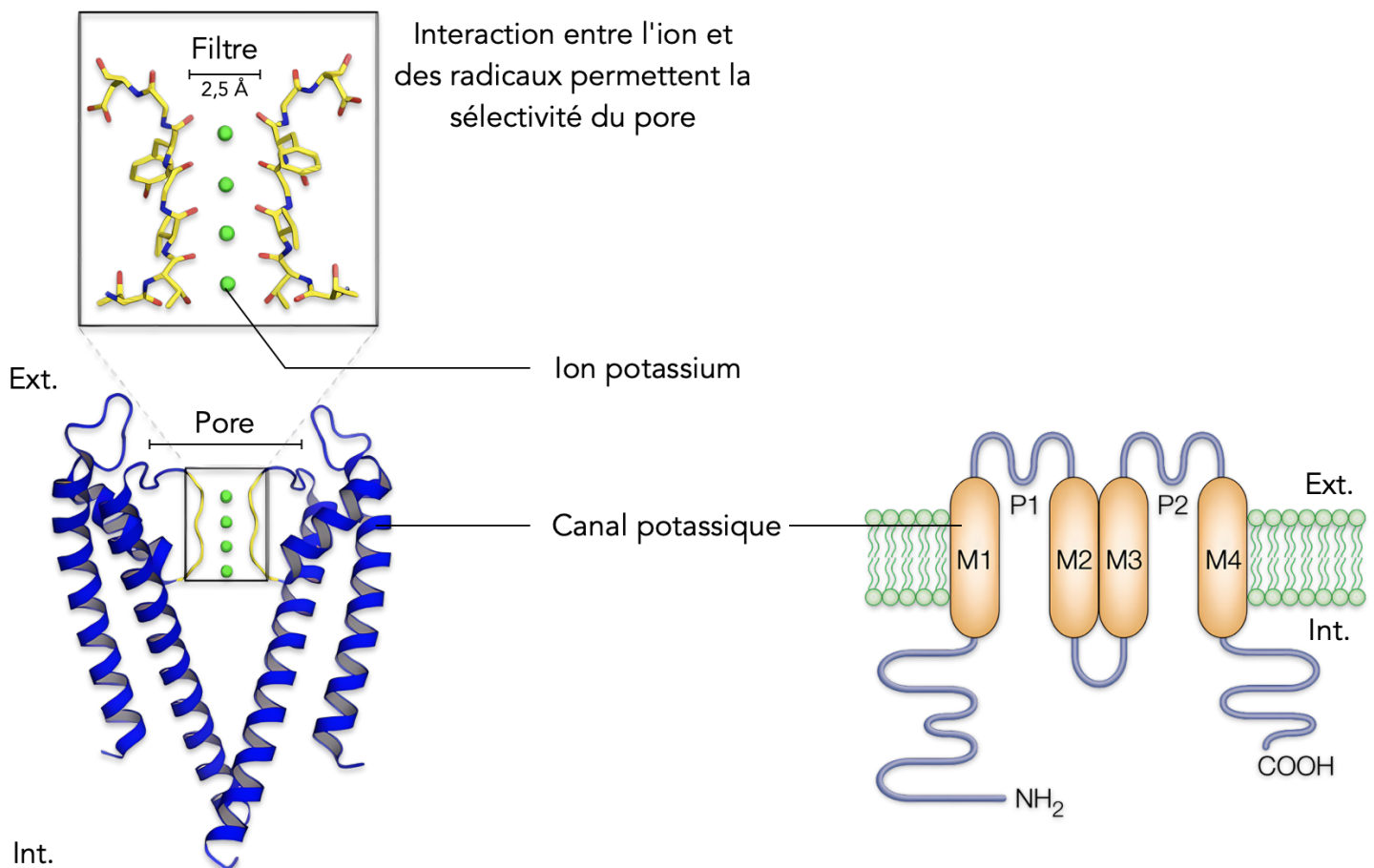


Fig. 9 : Structure du canal potassique KCNK10 (D'après Sauer et al., 2013 ; Senyon 2002)

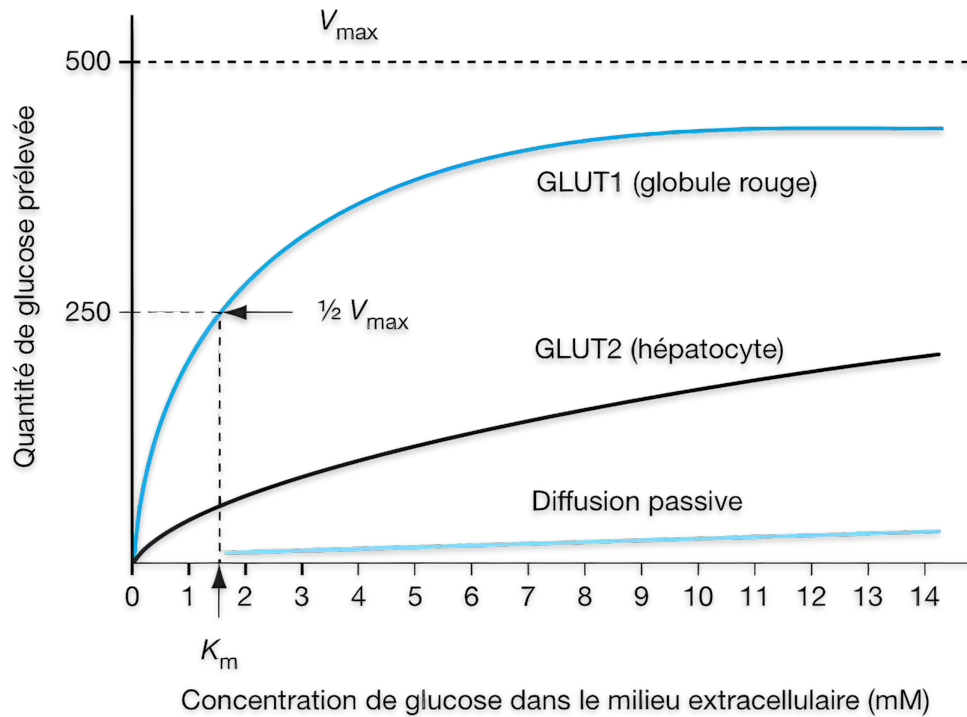


Fig. 10 : Cinétique de diffusion du glucose à travers la membrane plasmique (©Dunod)

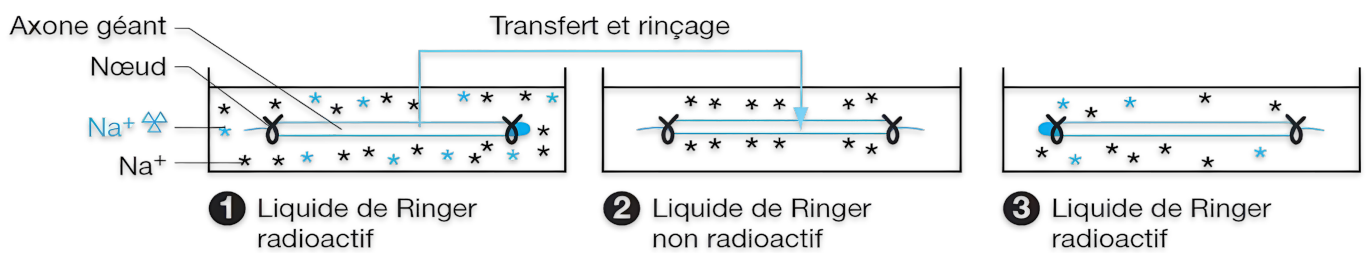


Fig. 11 : Mise en évidence de l'export de sodium hors du neurone (©Dunod)

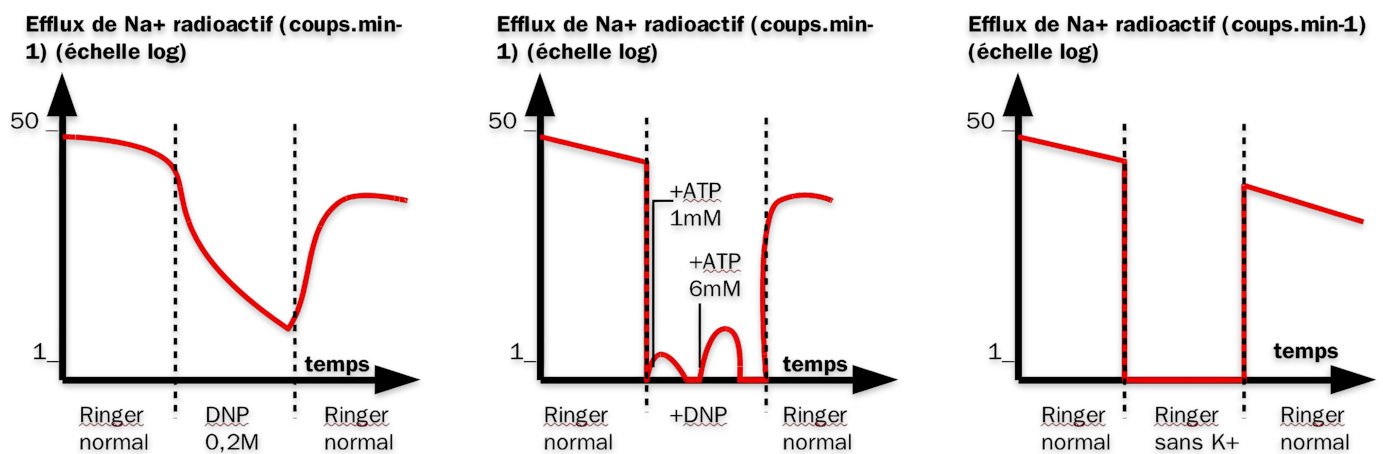


Fig. 12 : Mise en évidence des causes de l'efflux de sodium (©Dunod)

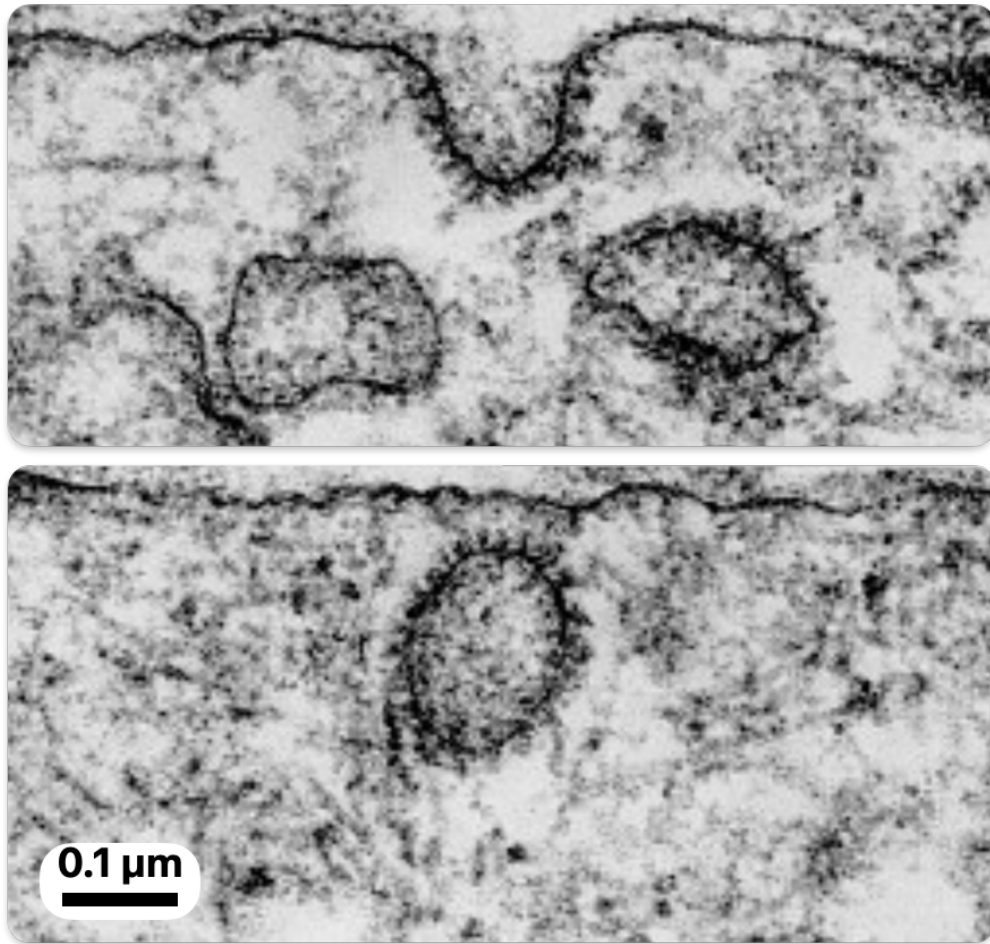


Fig. 13 : Endocytose par puit recouvert de clathrine (©Dunod, Biologie cellulaire, 2005)