# 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 facilitants 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 controlées ou non par récepteurs, et cytoses compensatoires maintenant l'équilibre membranaire. Les membranes apparaissent ainsi comme des structures dynamiques, centrales pour les échanges et l'organisation cellulaire.

## PLAN

Introduction

I. Les membranes, des mosaïques moléculaires fluides
   A. Le modèle de Singer et Nicolson
   B. Origine et conséquences de la fluidité membranaire
   C. Cellules et organites : chacun sa membrane

II. Les membranes permettent des échanges de matière entre deux compartiments
   A. Des échanges passifs selon le gradient électrochimique
   B. Des échanges actifs contre le gradient électrochimique

C. Des échanges de masses via le trafic vésiculaire

# TABLE DES ILLUSTRATIONS

Fig. 1 : Résultats de l'expérience de Gorter & Grendel (d'après Gorter & Grendel, 1924)
Fig. 3 : Technique et clichés de cryodécapage (©Dunod, Biologie cellulaire, 2005)
Fig. 4 : Profils d'hydropathie de quelques protéines (avec rest.uniprot.org et web.expasy.org)
Fig. 5 : Membrane plasmique avec radeau lipidique (A = intracell ; ©wikipedia)
Fig. 6 : Les lipides membranaires
Fig. 7 : Observation de cellule endothéliale au MET
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 : Modèle de transporteur type perméase (©Dunod, Biologie cellulaire, 2005)
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)

Dessin 1 : Exemples de lipides membranaires
Dessin 2 : Schéma structural simplifié de membrane plasmique
Dessin 3 : Le principe de la technique FRAP (©Lorén et al., 2015)
Dessin 4 : Mouvements des lipides membranaires (©Dunod, BCPST-tout-en-un)
Dessin 5 : Importance du cholestérol dans la fluidité des membranes (©Dunod, Biologie cellulaire, 2005)
Dessin 6 : Expérience de Hodgkin et Keynes, 1955 (©Dunod)
Dessin 7 : Mécanisme de la pompe $Na^+/K^+$-ATPase (©Dunod, Biologie cellulaire, 2005)
Dessin 8 : Schéma des échanges de solutés chez un entérocyte (©Dunod, Biologie cellulaire, 2005)
Dessin 9 : Mécanisme de l'exocytose régulée
Dessin 10 : Les types d'endocytose (©Mayor & Pagano, 2007)

# LEXIQUE

| | | |
|---|---|---|
| Membrane plasmique | Flippase | Symport |
| Barrière sélective | Les radeaux lipidiques | Antiport |
| Feuillet extracellulaire | Lipide saturé | Slgt |
| 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 | | |

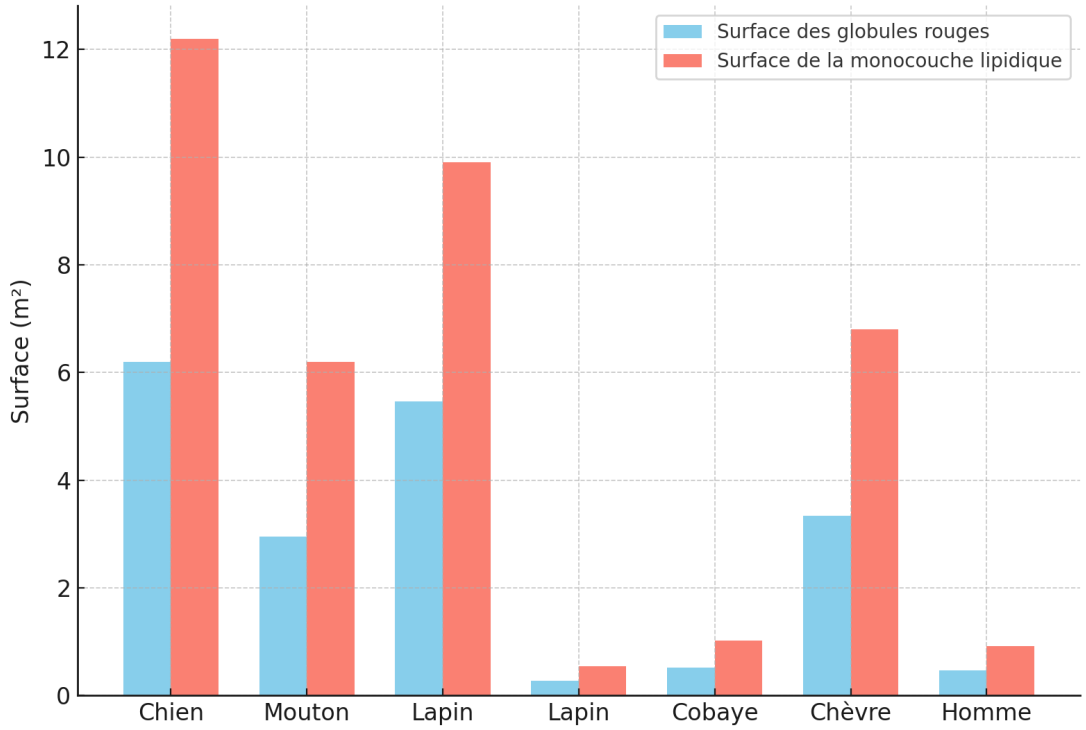



Fig. 1 : Résultats de l'expérience de Gorter & Grendel (d'après Gorter & Grendel, 1924)

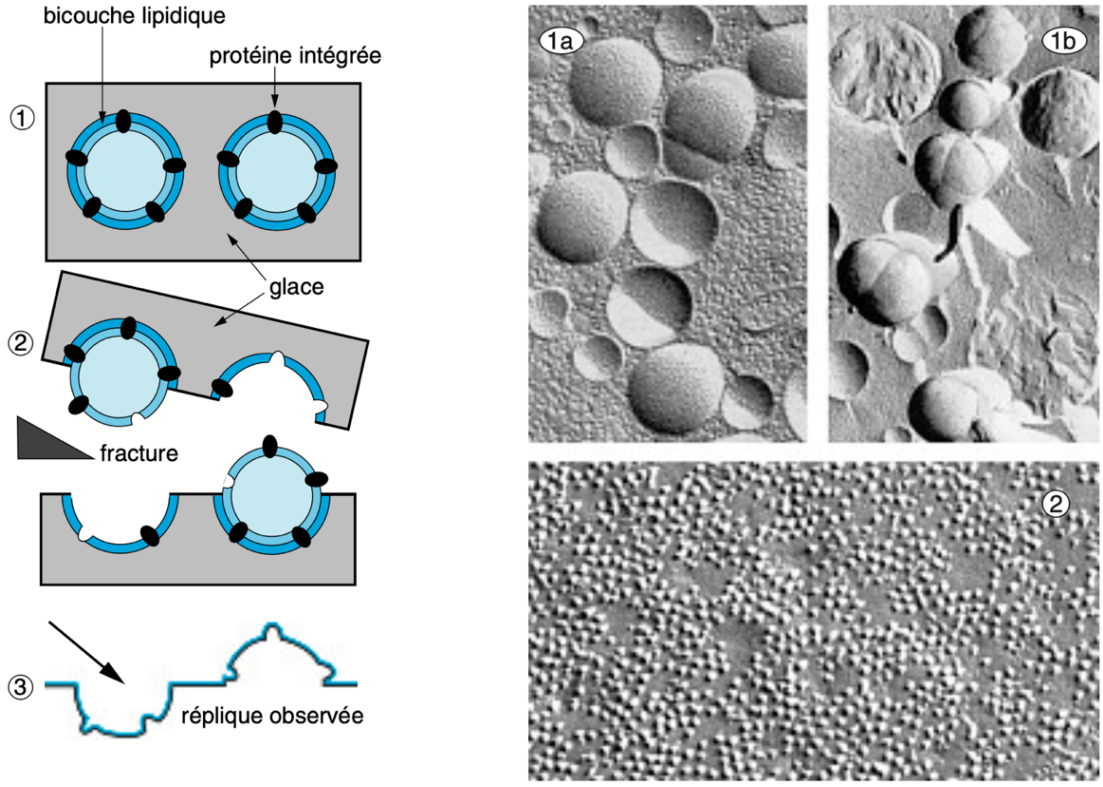



Fig. 2 : Technique et clichés de cryodécapage (©Dunod, Biologie cellulaire, 2005)

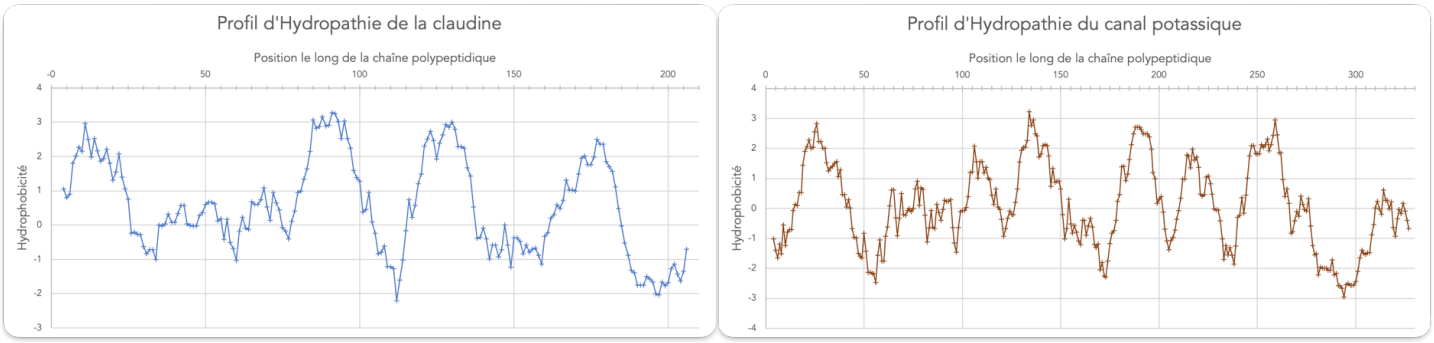



Fig. 3 : Profils d'hydropathie de quelques protéines (avec rest.uniprot.org et web.expasy.org)

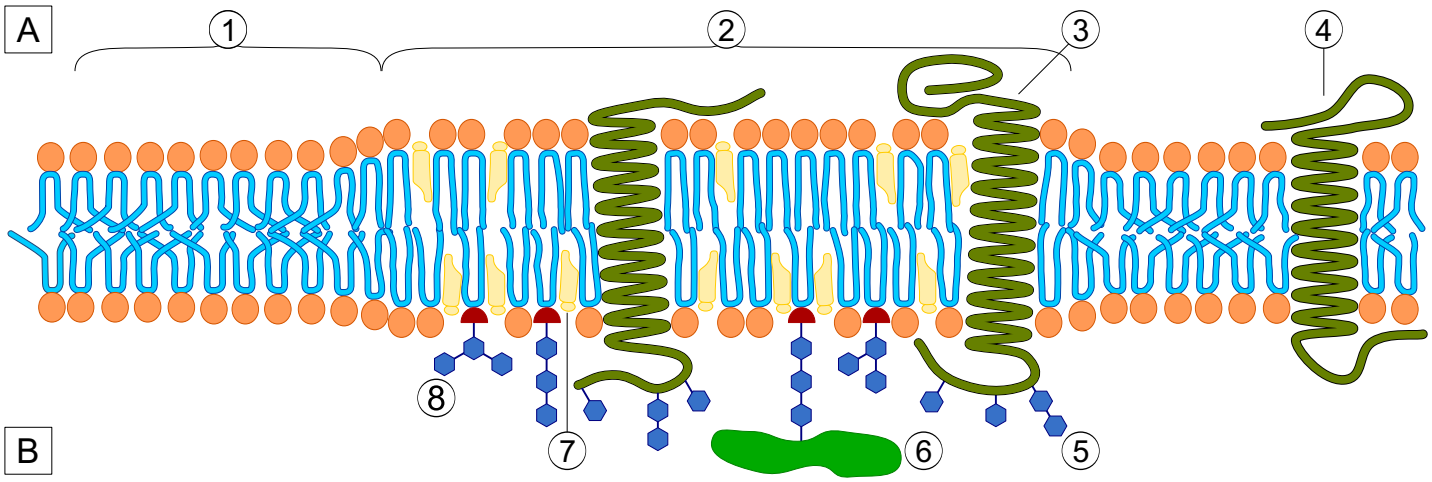



Fig. 4 : Membrane plasmique avec radeau lipidique (A = intracell ; ©wikipedia)

| Archées | Bactéries | Eucaryote |
|---|---|---|
| | | |

*Tableau 1 : Caractéristiques des plasmalemmes des 3 domaines du vivant*

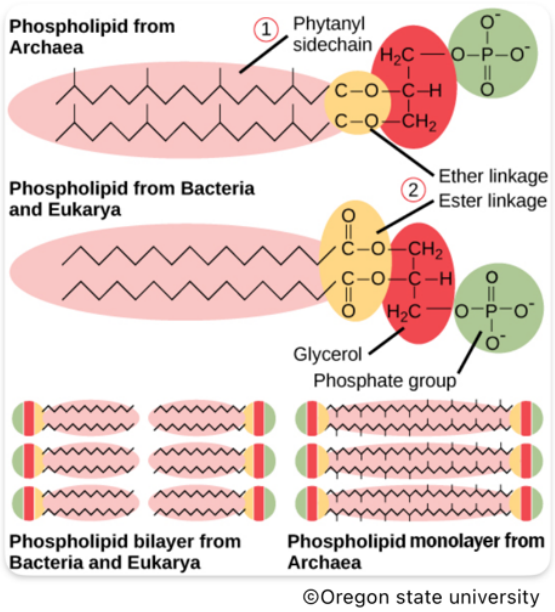



Fig. 5 : Les lipides membranaires

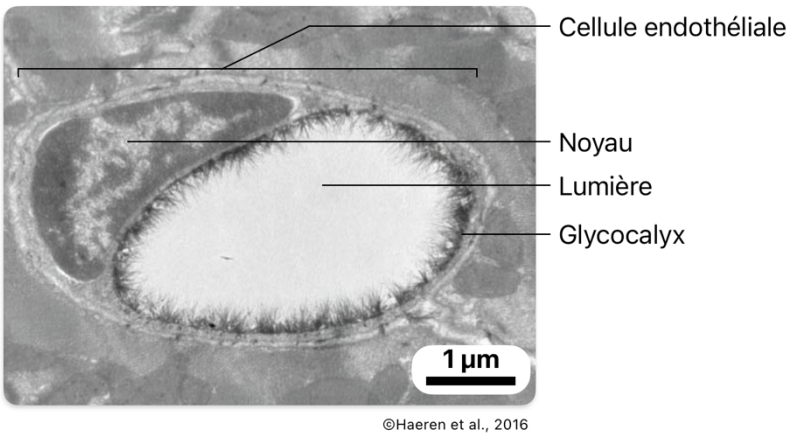



Fig. 6 : Observation de cellule endothéliale au MET

| 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 ($mmol.L^{-1}$) | $\Delta rG'_{int->ext}$ |
|---|---|---|---|
| $Na^+$ | 15 | 145 | 12,5 $kJ.mol^{-1}$ |
| $K^+$ | 140 | 5 | -2,2 $kJ.mol^{-1}$ |

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

**ΔE selon [$Na^+$]**

**ΔE selon [$K^+$]**

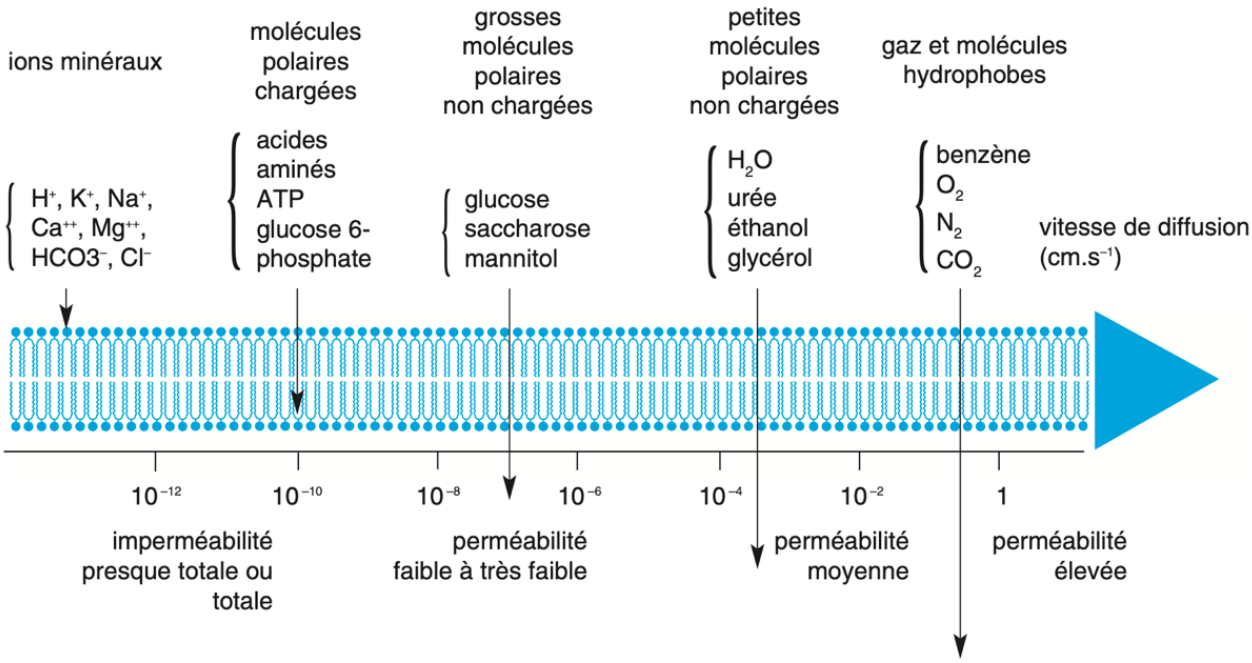



Fig. 7 : Cinétique du transport de quelques molécules et ion à travers une bicouche lipidique (©Dunod, Biologie cellulaire, 2005)

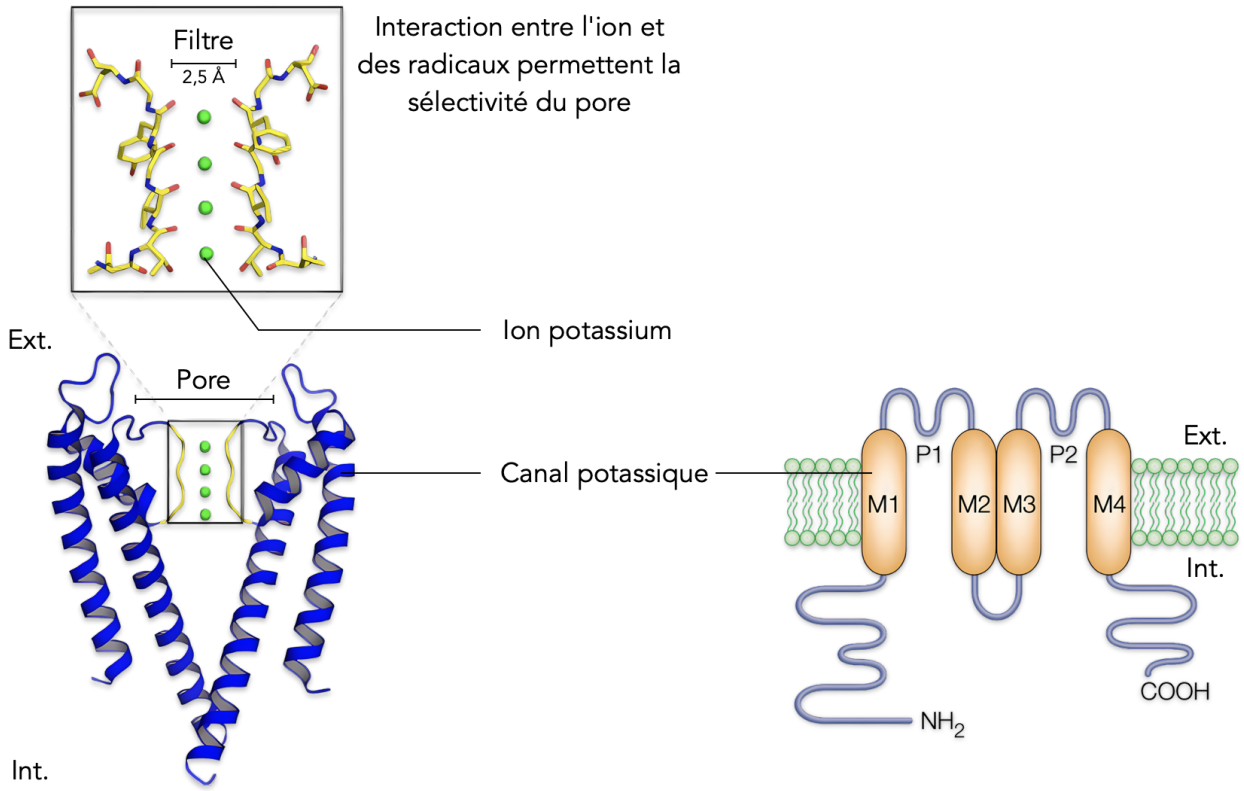



Fig. 8 : Structure du canal potassique KCNK10 (D'après Sauer et al., 2013 ; Senyon 2002)

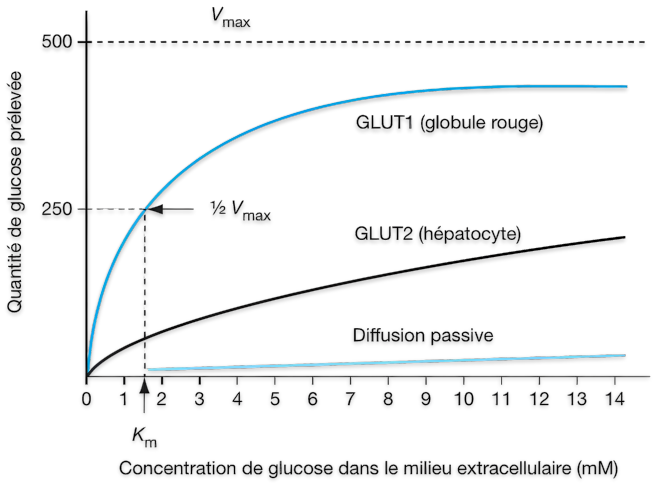



Fig. 9 : Cinétique de diffusion du glucose à travers la membrane plasmique (©Dunod)

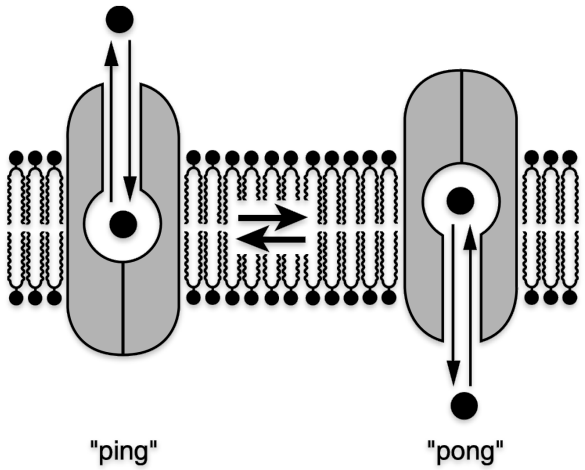



Fig. 10 : Modèle de transporteur type perméase (©Dunod, Biologie cellulaire, 2005)

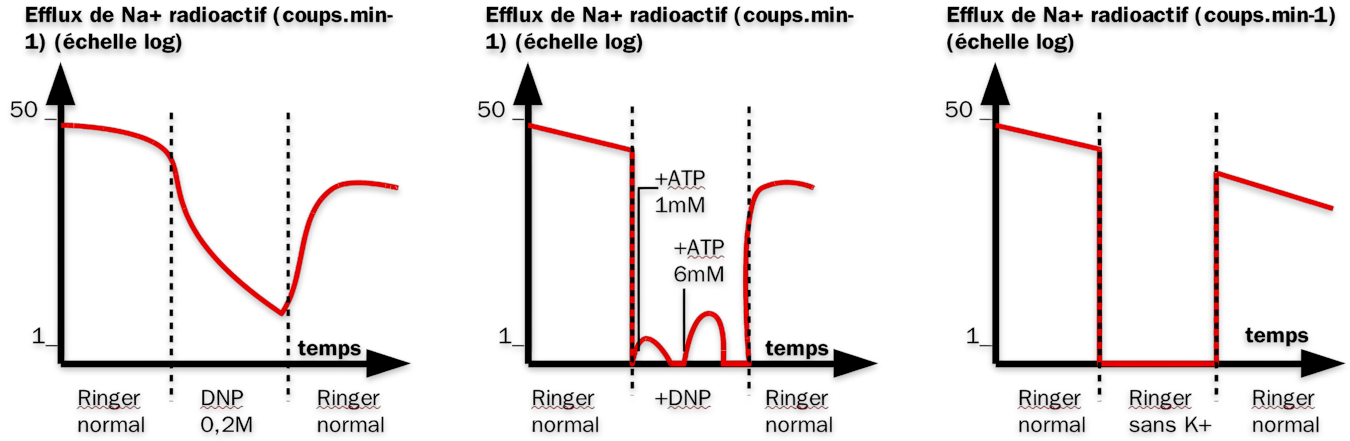



Fig. 11 : Mise en évidence des causes de l'efflux de sodium (©Dunod)

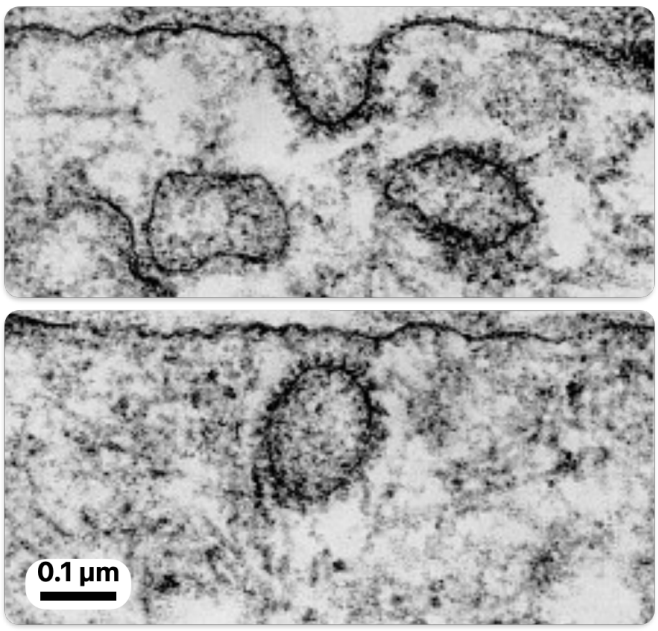



Fig. 12 : Endocytose par puit recouvert de clathrine (©Dunod, Biologie cellulaire, 2005)