

Les membranes

I. Introduction

Les bactéries peuvent présenter jusqu'à trois types de membranes : la membrane plasmique, la membrane externe (fonction protectrice) et des membranes internes (exemple des thylakoïdes).

Un protocole classique pour les étudier nécessite d'abord de détruire la paroi. On peut employer des lysozymes (bien qu'il faille rester conscients qu'il ne sera pas efficace sur les Archées), et rajouter de l'EDTA pour les Gracilicutes (afin d'atteindre la paroi en perturbant la membrane externe).

Les Firmicutes donneront ainsi des protoplastes, les Gracilicutes des sphéroplastes.

Par choc osmotique (ou lyse sonique pour les Mollicutes), on casse les membranes et on les analyse par centrifugation isopycnique sur gradient de saccharose. Le résultat obtenu est le suivant :

La bande la moins dense correspond à la membrane plasmique, et la bande la plus lourde à la membrane externe. Quant à la zone intermédiaire, il s'agit des zones de Boyer, où les deux membranes rentrent quasiment en jonction.

La membrane plasmique est donc moins dense que la membrane externe. Mais comment expliquer cette différence ? Il faut, pour cela, se pencher sur leur composition respective :

II. Composition

a) Généralités

Les membranes sont des bicouches lipidiques, principalement composées de phospholipides ; mais cette définition est loin de refléter la réalité, comme le montre le tableau suivant :

	Membrane plasmique	Membrane externe
Phospholipides	40	60
Lipopolysaccharides	0	40
Protéines	60	40

Tableau 1 : composition des membranes d' *Escherichia coli*

La membrane externe contient moins de protéines, mais des lipopolysaccharides, qu'elle est la seule à intégrer dans ses constituants. Ces éléments ont une densité supérieure aux phospholipides, ce qui nous donne un élément de réponse.

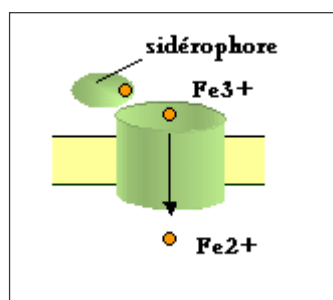
Les protéines membranaires sont constituées d'acides aminés polaires, ce qui permet leur inclusion dans la membrane.

Le type de ces protéines va également varier suivant la membrane :

Les membranes plasmiques possèdent des perméases, des pompes ioniques, des systèmes de transduction d'énergie, de nombreuses enzymes et récepteurs. Tandis que les membranes

externes ont des porines en barils β (OmpA, OmpC, OmpF), des porines spécifiques, des canaux récepteurs des sidérophores, des lipopolysaccharides, quelques lipases et protéases.

Les barils β sont en général des homotrimères, de 16 segments transmembranaires.



Les sidérophores sont des éléments extra-membranaires, qui vont fixer le fer Fe^{3+} (ce sont des dérivés d'hydroxamate ou encore des chélateurs). Puis, le fer va être véhiculé sous forme de Fe^{2+} à travers un canal.

Le système marche comme un système à ouverture/fermeture : en présence de Fe^{3+} , l'élément transmembranaire s'ouvre. Sinon, il est fermé.

Voir également le chapitre sur les transporteurs membranaires pour plus de détails.

Les porines sont des polymères formant un canal à travers la membrane externe (exemple : 16 STM). Certains phages comme le phage λ s'y fixent.

b) Position des protéines

Les protéines peuvent prendre 7 positions spatiales différentes chez une bactérie à membrane externe et membrane plasmique. C'est ce que représente la figure ci-dessous :

III. Les transporteurs membranaires

Il existe plusieurs types de transports : **passifs** ou **actifs**. Ces transports peuvent être **facilités** par des protéines ou non (**diffusion libre ou passive**).

En guise d'introduction, un petit tableau récapitulatif :

	Transport actif	Transport passif
Diffusion passive	Impossible !	Diffusion par simple gradient de concentration
Diffusion facilitée	Transporteurs ATPasiques, co - transporteurs, perméases	Canaux ioniques, porines

Tableau 2 : les différents types de transporteurs membranaires

a) La diffusion passive

Elle dépend uniquement du gradient de concentration de la molécule. Cela concerne l'eau, les gaz (O_2 , CO_2), les ions ne peuvent pénétrer de cette manière. Ce type de diffusion est libre, aucune protéine ne la facilite.

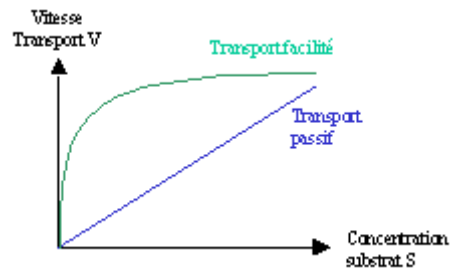
b) La diffusion facilitée

Dans le cas du transport passif facilité par protéines, nous avons affaire à des canaux et des perméases. Les ions peuvent ainsi traverser la membrane via ces structures, certaines petites molécules carbonées et aussi l'eau (aquaporines).

Si le système ne consomme pas d'énergie pour faciliter la diffusion, nous avons une **diffusion passive facilitée**. Si au contraire, il y a consommation d'énergie ou utilisation de la force d'un gradient chimique, nous avons une **diffusion active facilitée** ou **transport actif**.

La diffusion facilitée favorise le transport selon une équation michaëlienne :

$$V = \frac{V_{\max} [S]}{K_m + [S]}$$



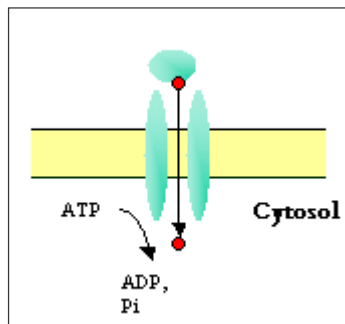
Ce type de transporteurs ne semblent pas très importants chez les procaryotes, en raison de la faible concentration des nutriments dans leur milieu extérieur.

Le mouvement des molécules est lié au gradient de concentration. Le flux est réversible si le gradient s'inverse. Sur le plan moléculaire, un canal protéique peut avoir différents aspects :

c) Le transport actif

Elles sont de deux type : les transporteurs actifs primaires (symport ou antiport) et secondaires (perméases ATPasiques). Son but est de transporter des solutés malgré un gradient de concentration contraire.

Les transporteurs ATPasiques



Les transports ABC (ATP Binding Cassette Transporters) présents chez les 3 grands super-règnes du Vivant, utilisent le système suivant :

L'hydrolyse de l'ATP donne l'énergie suffisante pour permettre le transfert du soluté. Des protéines fixatrices situées dans le péricytoplasme, en face externe (bactéries gram+), libres ou attachées aux lipides de la membrane vont fixer des solutés et interagir avec un transporteur. *Escherichia coli* va ainsi capter des sucres (arabinose, maltose, galactose, ribose ...) et acides aminés (glutamate, histidine, leucine ...). Les protéines fixatrices de solutés sont aussi impliquées ans le chimiotactisme.

Les molécules doivent aussi franchir la membrane externe chez les bactéries gram-, pour cela elles passent via des porines (transport passif) ou des transporteurs spécialisés (sidérophores).

Les transporteurs par gradients chimiques

L'autre type de transport actif utilise la force proton-motrice ou les gradients de concentration. Chez *E. coli*, la perméase du lactose, par exemple, utilise en symport le flux de protons contenus dans l'espace péricytoplasmique.

Le gradient de protons peut également entraîner l'exclusion du sodium par un système antiport, ce qui permettra d'utiliser un gradient de Na^+ en symport pour incorporer un substrat dans le cytoplasme :

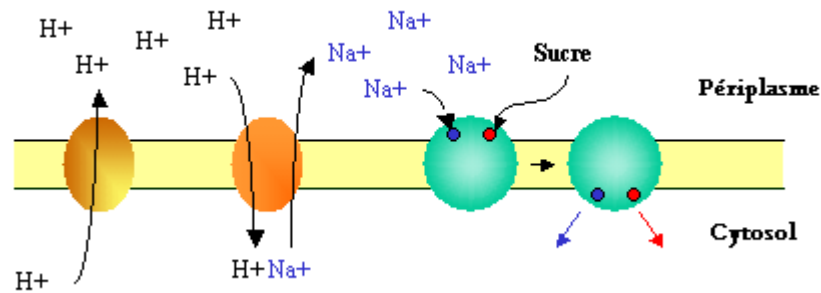


Figure 4 : transport d'un sucre par gradient de sodium. Pompe à protons en jaunâtre, transporteur antiport H^+/Na^+ en orangé, transporteur symport $\text{Na}^+/\text{sucres}$ (mécanisme ping-pong) en vert.

La translocation de groupe

Ce processus permet de transférer une molécule en passant par une étape de modification chimique. On utilise alors l'énergie du métabolisme pour effectuer cette opération. Le système le plus connu est celui du PTS (système de phosphotransférase des sucres).

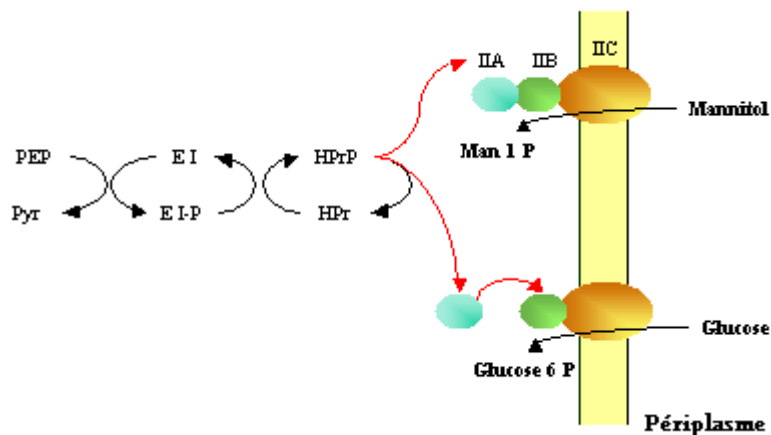


Figure 5 : la translocation de groupe par le système PTS chez *E. coli* et *Salmonella typhimurium*.

II_A est liée à II_B dans le transporteur à mannitol. Le phosphate est transféré à II_A puis II_B avant d'arriver sur II_C qui le transfère au mannitol. Chez le transporteur à glucose, II_A est séparé de II_B .

Les bactéries aérobies n'ont pas de système PTS. *Escherichia*, *Salmonella*, *Staphylococcus* et certaines anaérobies facultatives et obligatoires (comme *Clostridium*) en possèdent.

Ces systèmes sont utilisés dans le transport des sucres (mannitol, glucose, fructose, sucrose, N-acetylglucosamine, cellobiose ...).