



# Cours **Galien.**

## ***Biologie Cellulaire 1***

### ***BCL 1***

Fiche de synthèse

## Présentation du cours de Biologie Cellulaire 1

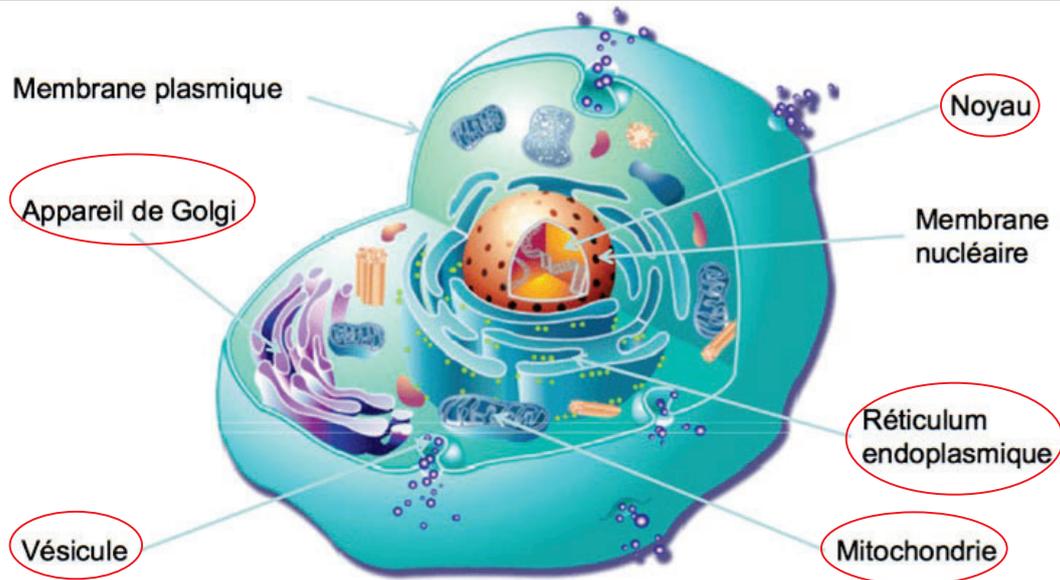
Chapitre 1. Définition de la cellule, du cytoplasme et du cytosol .....	4
I. Représentation schématique d'une cellule (diapo 4) .....	4
II. Définition du cytoplasme (diapo 5) .....	4
III. Définition du cytosol = hyaloplasme (diapo 6) .....	5
IV. Composition et fonctions du cytosol (diapo 9 à 12) .....	5
1. Composition du cytosol moléculaire et ionique (diapos 9 à 11) .....	5
2. Fonctions du cytosol (diapo 12) .....	6
V. Organites intracellulaires (diapo 7 et 8) .....	6
Chapitre 1bis. Les membranes biologiques : structures et fonctions .....	8
I. Structure et composition des membranes biologiques des eucaryotes (diapos 7 à 17) .....	8
1. Les lipides membranaires (diapo 10 à 17) .....	9
II. Structure et propriétés <span style="background-color: #ADD8E6;">des</span> principaux constituants des membranes biologiques (diapos 18 à 35) .....	11
1. Les 3 classes de lipides membranaires .....	11
2. Les protéines membranaires : intrinsèques et extrinsèques (diapos 35 à 40) .....	14
3. Les glucides membranaires (diapos 41 à 43) .....	15
III - Principales fonctions physiologiques des membranes (diapos 3 à 6) .....	15
1. Le transport passif : sans dépense d'énergie (ATP) (diapos 44 à 61) .....	16
2. Transport actif .....	21
Chapitre 2bis. Les mitochondries : Description structurale et fonctionnelle .....	25
I – Généralités sur les mitochondries (diapos 1,4).....	25
1. Morphologique (diapos 7,8 et 10) .....	25
2. Localisation (diapo 9).....	25
II – Caractéristiques de la double membrane des mitochondries.....	26
1. Membrane externe (diapos 10 à 12).....	26
2. Espace inter membranaire = chambre externe (diapo 13) .....	26
3. Membrane interne (diapos 14,15) .....	27
4. Matrice mitochondriale = chambre interne (diapo 16) .....	27
5. Renouvellement des mitochondries (diapos 17, 18) .....	27
6. Fractionnement des mitochondries : technique d'étude .....	28

III - Génome mitochondrial (diapos 20,21).....	28
1. Importation dans la mitochondrie (diapos 22 à 25) .....	28
IV - Fonction des mitochondries (diapo 32).....	29
1. Production d'énergie (diapos 33 à 43) .....	30
2. Provenance des donneurs d'électrons (diapos 44, 45).....	32
3. Autres fonctions .....	33
V - Origine des mitochondries (diapos 54, 55) .....	34
VI – Maladies d'origine mitochondriale (diapos 56 à 58) .....	34
Chapitre 2 Le réticulum endoplasmique .....	35
I – Définitions (diapos 3,4 et 7) .....	35
1. Le Réticulum Endoplasmique Granuleux et le Réticulum Endoplasmique Lisse .....	35
II – Les fonctions du réticulum endoplasmique.....	36
1. Les fonctions du Réticulum Endoplasmique Granuleux (REG) (diapos 6, 9) .....	36
2. Les fonctions du Réticulum Endoplasmique Lisse (REL) (diapos 12 à 14) .....	36
III - Réticulum sarcoplasmique (diapo 15) .....	37
IV – Les microsomes (diapo 16).....	37
Chapitre 3. Les ribosomes et la synthèse protéique.....	38
I – Définition du ribosome (diapos 3 à 5) .....	38
II- Structure du ribosome .....	38
III - Fonctions du ribosome (diapos 6, 8 et 10) .....	39
Chapitre 4. L'appareil de Golgi.....	45
I / II – Définition et structure de l'appareil de Golgi (diapos 3 à 6) .....	45
III – Transports au sein de l'appareil de Golgi (diapo 7,8 et 10).....	46
IV – Les fonctions de l'appareil de Golgi (diapos 11,12) .....	47
Chapitre 5. Modifications post-traductionnelles dans le réticulum endoplasmique et l'appareil de Golgi	48
I – La Glycosylation (diapos 3 à 7 et 12) .....	48
II – Modifications dans l'appareil de Golgi (diapos 10, 11 et 13) .....	50
Chapitre 6. Vésicules et endosomes.....	51
I – Définition et structures (diapo 3) .....	51
II – Quelques éléments fonctionnels des vésicules .....	51
1. Mécanisme de formation des vésicules Cop I et Cop II (diapos 4, 5).....	51
2. Formation des vésicules à clathrine (diapos 6, 7).....	52

3. Sécrétion constitutive et régulée (diapo 8) .....	52
4. Fusion et polarité (diapo 9).....	52
III - Les vésicules d'endocytose (diapos 13 à 16) .....	54
IV - Les lysosomes et peroxysomes (diapo 17) .....	54
V - L'endosome (diapo 18) .....	55
VI - La phagocytose (diapo 19, 20) .....	55
VII - La transcytose (diapo 21).....	56
VIII – L'autophagie (diapo 22) .....	56
Chapitre 7. Le noyau cellulaire .....	57
I - Structure du noyau (diapos 3, 5 et 6).....	57
1. Définition .....	57
2. La membrane nucléaire (diapos 8,9).....	59
3. Les pores nucléaires (diapos 10 à 13).....	60
4. Importine et exportine (diapos 14-16).....	61
II - La chromatine (diapos 17 à 19) .....	62
1. Niveaux de compactage de la chromatine .....	62
2. Structure du chromosome (diapos 21,22, 26 et 27) .....	62
3. La chromatine à l'interphase (diapos 20, 23 et 25) .....	63
4. Territoires chromosomiques (diapos 26, 27) .....	63
5. Le nucléole (diapos 28, 29) .....	63
Chapitre 8. La mitose .....	64
I - Définition de la mitose (diapos 3, 5, 7 et 8).....	64
III – Les phases de la mitose .....	65
1. La prophase (diapo 11).....	65
2. La prométaphase et la métaphase (diapo 12) .....	65
1. L'anaphase (diapo 13).....	66
2. La télophase (diapo 14) .....	66
3. La cytotérière (diapo 15).....	66

## Chapitre 1. Définition de la cellule, du cytoplasme et du cytosol

### I. Représentation schématique d'une cellule (diapo 4)



- **Unité structurale, fonctionnelle et reproductrice** constituant tout ou partie d'un être vivant, à l'exception des virus
- Organismes multicellulaires : cellules autonomes mais coordonnées les unes aux autres
- **Théorie cellulaire** : La structure fondamentale des cellules et l'homéostasie du milieu intérieur (= milieu de compo physico-chimique régulé et propice au développement des cellules) sont communes à tous les êtres vivants
- La cellule eucaryote est délimitée par la **membrane plasmique** (non hermétique, surface d'échanges) et contient de nombreux **organites intracellulaires** également délimités par une membrane (ex : noyau, réticulum endoplasmique (RE), Golgi, vésicules, mitochondries etc.)

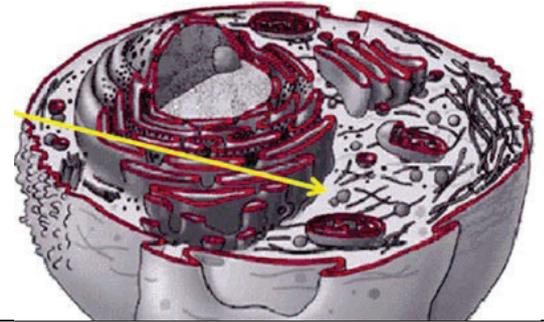
### II. Définition du cytoplasme (diapo 5)

- **Matériel biologique contenu entre la membrane plasmique (= membrane cellulaire) et l'enveloppe nucléaire**
- **Phase liquide**, émulsion colloïdale (=suspension de particules/molécules dans un liquide)
- Comporte de **nombreux organites** : noyau, ribosomes, mitochondries, des vacuoles (RE, Golgi, vésicules de sécrétion, endosomes, lysosomes, phagosomes etc.) et un cytosquelette (maintient la forme de la cellule et sert d'ancrage aux organites) en suspension dans le **cytosol** (phase liquide)
- Le cytoplasme des **plantes** contient le **plaste**, organe impliqué dans la **photosynthèse**

**CYTOPLASME = CYTOSOL + ORGANITES**

### III. Définition du cytosol = hyaloplasme (diapo 6)

- Phase liquide, translucide où **baignent** les organites  
**CYTOSOL = CYTOPLAMSE - ORGANITES**
- Définition technique : fraction liquide du cytoplasme obtenue après centrifugation et élimination des organites
- Délimité par l'ensemble des membranes de la cellule** (membrane plasmique, membrane nucléaire et membranes des organites)



### IV. Composition et fonctions du cytosol (diapo 9 à 12)

#### 1. Composition du cytosol moléculaire et ionique (diapos 9 à 11)

- Phase **liquide** ou semi-liquide
- Gel colloïdal **4X** plus visqueux que H<sub>2</sub>O
- pH neutre = 7.0 (cellule : 7,4 ; milieu extracellulaire : 7,45)
- 85% d'eau** répartie en :
  - eau liée** aux macromolécules : ADN, protéines
  - eau d'hydratation** : équilibre chimique
  - eau libre** = **30%** du volume du cytosol, pour réactions enzymatiques/transport



Ion	Cytosol (MIC)	Sang (MEC)
K <sup>+</sup>	<b>139</b>	4
Na <sup>+</sup>	12	<b>145</b>
Cl <sup>-</sup>	4	<b>116</b>
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	12	29
X <sup>-</sup> (protéines)	<b>138</b>	9
Mg <sup>2+</sup>	0.8	1.5
Ca <sup>2+</sup>	<b>&lt;0.0002</b>	1.8

*concentrations en mM*

- Ions** : K<sup>+</sup> (+++), Na<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Ca<sup>2+</sup> (**en très faible quantité**)
- Gaz dissous** : O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>
- Molécules de petite ou moyenne taille** : glucides, lipides, acides aminés, nucléotides, autres métabolites
- Macromolécules** : protéines, polysaccharides, glycoprotéines, acides nucléiques
- Concentration protéique très élevée : 200mg/mL : **20 à 30% de V<sub>cytosol</sub>**.
- Nombreuses protéines liées aux membranes (membrane plasmique et organelle)
- Globules lipidiques** et particules de **glycogène** (visibles en ME) : sans membrane donc pas des organites mais constituant du cytosol

Cytosol = MIC

Sang = MEC

- **K<sup>+</sup> = cation principal**
- Protéines (charges négatives)
- Ca<sup>2+</sup> en très faible quantité

- **Na<sup>+</sup> = cation principal**
- Cl<sup>-</sup> = anion principal

## 2. Fonctions du cytosol (diapo 12)

**Réserve de matériaux :** Nécessaire à la construction des édifices macromoléculaires

- Régulation des pH intra et extracellulaire grâce à la grande quantité d'eau et d'ions qui peuvent être mobilisés à travers les membranes en fonction des besoins
- Réserve énergétique grâce à ses vacuoles lipidiques et glycogéniques
- Transit de protéines et macromolécules

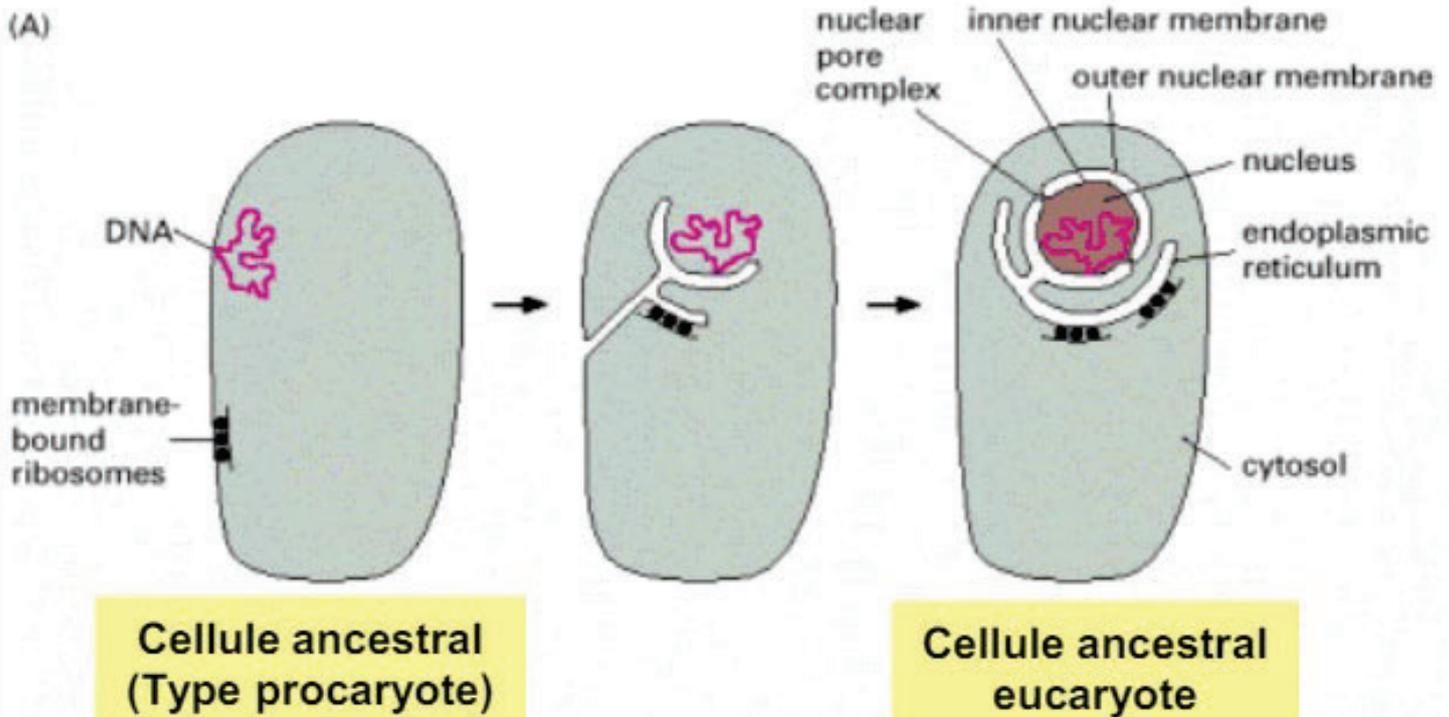
**Carrefour de voies métaboliques**

- Réactions enzymatiques et échanges avec les autres compartiments : anabolisme et catabolisme de glucides, acides aminés, AG et nucléotides

**Transduction du signal**

- Transmission des signaux à partir de la membrane plasmique vers les organites et le noyau

## V. Organites intracellulaires (diapo 7 et 8)



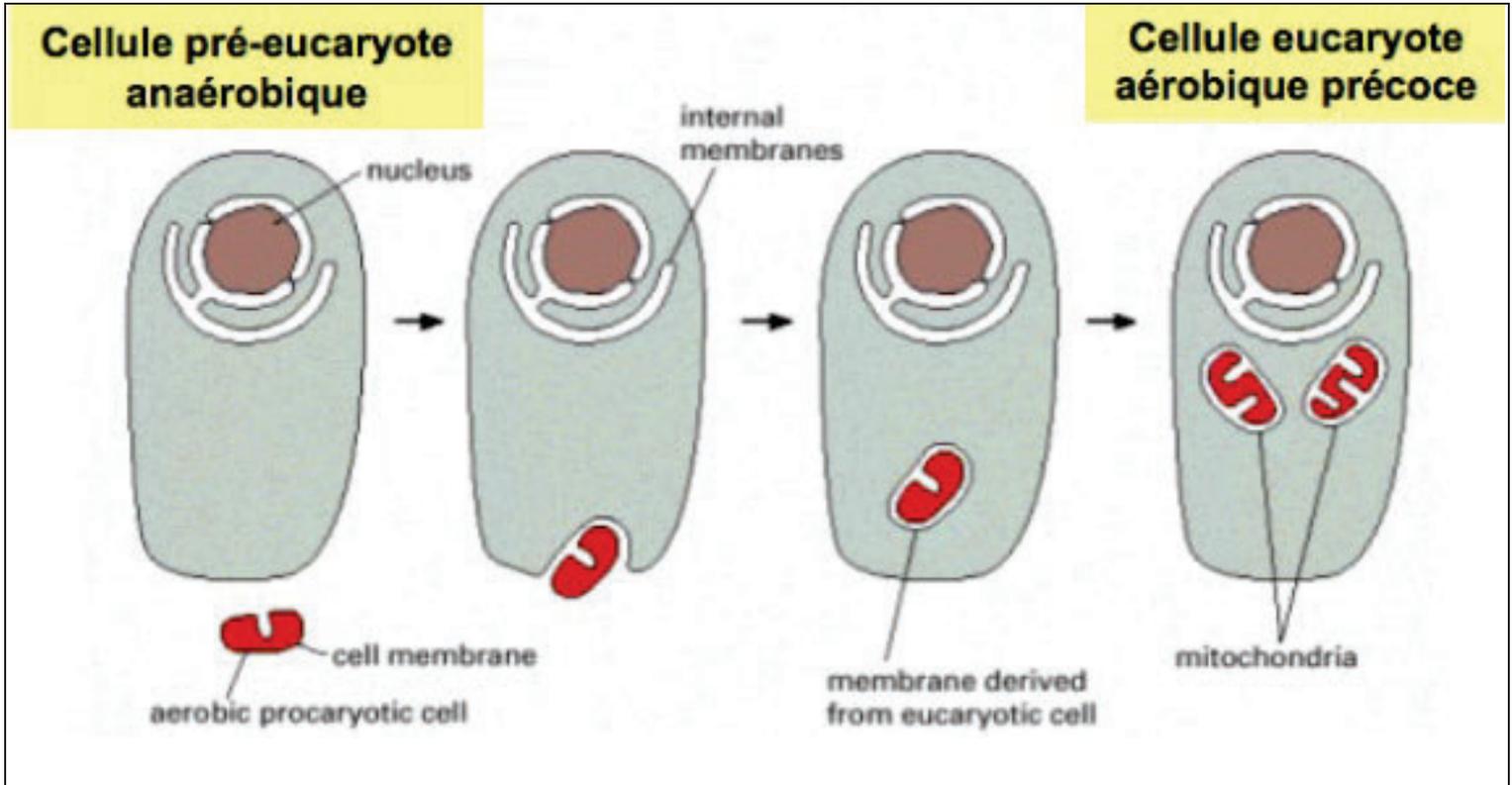
Les cellules **eucaryotes** dérivent d'une cellule ancestrale de type **procaryote**  
 = **ADN génomique (rose) attaché à la membrane plasmique, pas d'organites**

Un réarrangement de la membrane plasmique a provoqué la formation d'une enveloppe autour du noyau (blanc) mais :

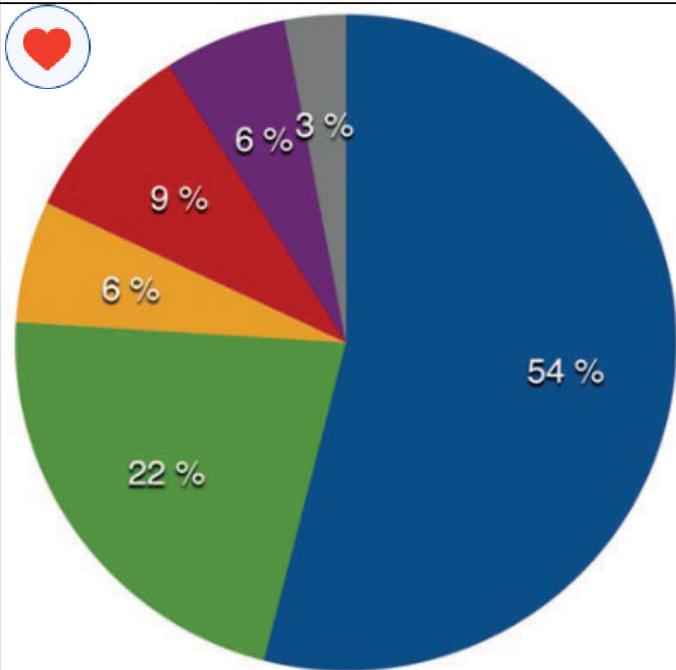
- l'**ADN génomique reste en contact avec le cytosol (gris) durant la division cellulaire**

- la **lumière du RE** est en continuité avec l'**espace entre les membranes interne et externe du noyau (blanc) durant la synthèse protéique**

Lumière (d'un organe ou d'un organite): espace intérieur délimité par des parois



Une cellule pré-eucaryote a réalisé l'**endocytose** d'une bactérie, qui est ensuite devenue une **mitochondrie**.



(hépatocyte=cellule du foie)

Les organites représentent une fraction du volume intracellulaire très variable selon le type et l'activité de la cellule :

Cytosol **54%** (volume majoritaire)

Mitochondries **22%**

REG **9%**

Noyau **6%**

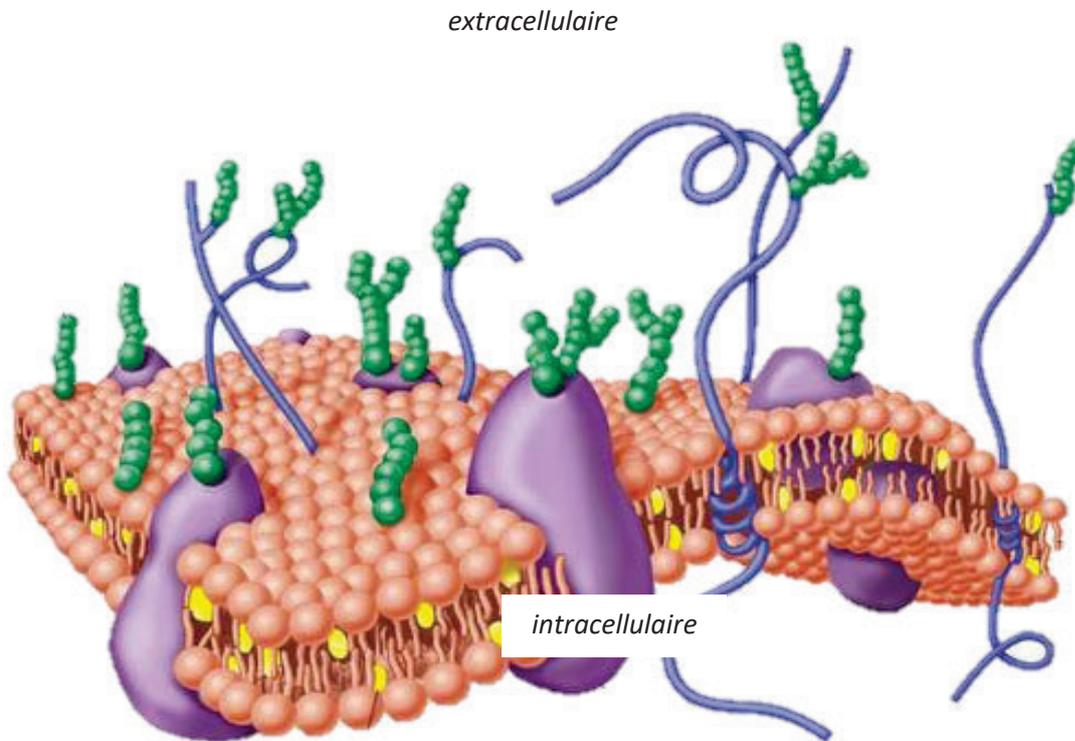
REL + Appareil de Golgi **6%**

Vésicules : peroxyosomes, lysosomes, endosomes  
1% chacun

**Retenir les ordres de grandeur !**



I. Structure et composition des membranes biologiques des eucaryotes (diapos 7 à 17)



- Mosaïque **fluide**, **asymétrique**, de composition très **hétérogène**
- 7 à 8 **nm** d'épaisseur
- Structure en **bicouche lipidique** (deux feuilletts visibles au ME)

**49% Lipides** : phospholipides + cholestérol (squelette des membranes)

**43% Protéines** : récepteurs, transporteurs, enzymes qui déterminent la fonction unique de chaque membrane, situées à la surface et à travers la membrane, attachées plus ou moins aux phospholipides

**8% Glucides** : glycophospholipides et de glycoprotéines

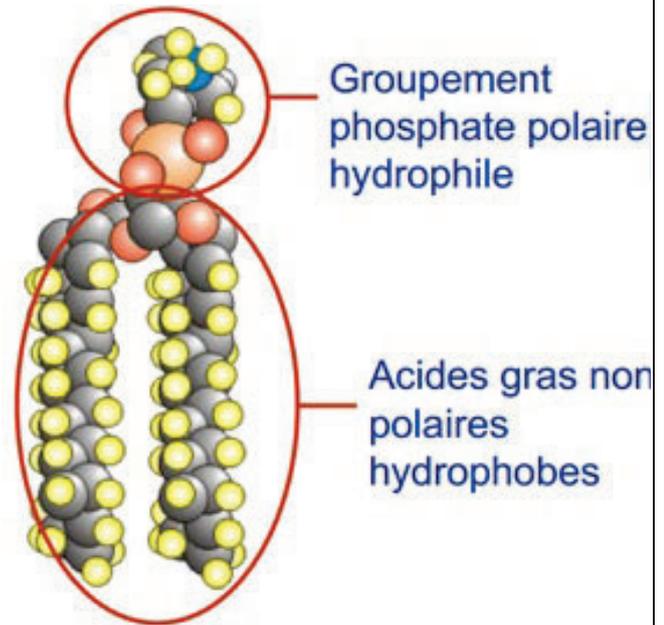
## 1. Les lipides membranaires (diapo 10 à 17)

Ce sont des molécules **amphipathiques**, constituées :

- d'une **tête hydrophile**
- de 2 **queues** composées de 2 chaînes d'**AG hydrophobes**

Cette propriété amphipathique est responsable de la structure en double couche :

- pôle hydrophobe à l'intérieur de la bicouche
- pôle hydrophile à l'extérieur, en contact avec les milieux intra et extra cellulaires

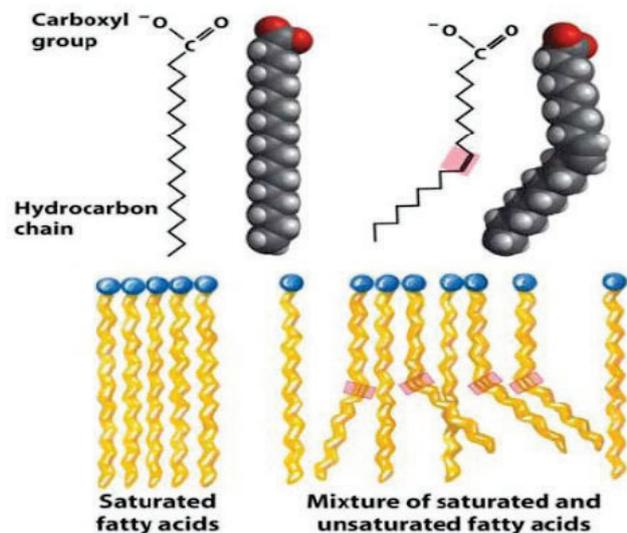


Les **AG** sont les **constituants clés des lipides** :

- **acides carboxyliques** caractérisés par une répétition de groupements méthylènes ( $\text{CH}_2$ ) formant une chaîne carbonée ayant un nombre **pair** de carbones : entre 14 et 24
- A partir de 10 carbones, ils sont insolubles dans l'eau et solides à température ambiante

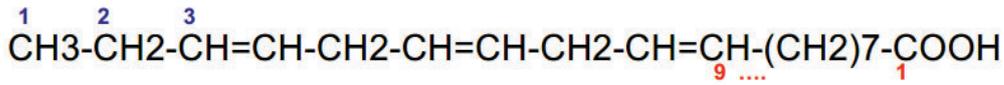
- **AG saturés : linéaires**
- **AG insaturés** : double liaison qui forme un **coude** dans la structure, occupent un volume important dans l'espace et sont moins adhérents entre eux  
=> fluidité membranaire

**La présence d'une double liaison est importante pour le comportement macroscopique des acides gras**



### Nomenclature : (cf BCH3)

- Nom commun qui rappelle son origine : l'acide palmitique provient de l'huile de palme
- Nom systématique en fonction de sa structure (nb de carbones, d'insaturations etc.)
- Exemple : acide alpha-linolénique :



Abréviation = C18 : 3  $\omega$  3 ou C18 : 3  $\Delta$  9

*oméga* : méthyle

*delta* : carboxyle

- 18 atomes de carbone (C18)
- 3 doubles liaisons (:3)
- Première double liaison sur le 3ème carbone ( $\omega$ 3) par rapport à l'extrémité **méthyle**
- Première double liaison sur le 9ème carbone ( $\Delta$ 9) par rapport à l'extrémité **carboxyle**

La cohésion de ces phospholipides membranaires est due :

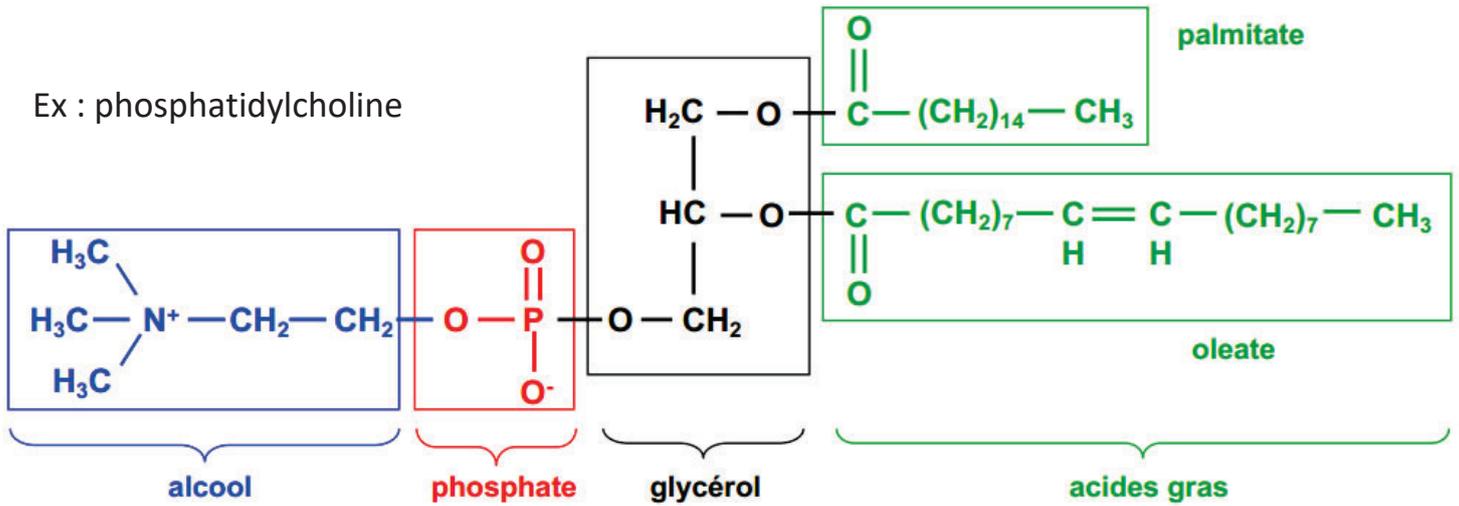
- Aux **liaisons de Van Der Waals** entre les AG (interactions proches)
  - Aux **interactions hydrophobes** entre les AG (l'eau repousse les molécules hydrophobes qui s'entassent les unes sur les autres)
- Doubles liaisons des AG => affaiblissement des interactions entre les chaînes voisines + augmentation de l'espace intermoléculaire => fluidité **biologique** de la membrane
- La présence des AG saturés se traduit par une membrane plus rigide

## II. Structure et propriétés des principaux constituants des membranes biologiques (diapos 18 à 35)

### 1. Les 3 classes de lipides membranaires

#### a) Les glycérophospholipides (diapos 18 à 25 + diapo 31)

Ex : phosphatidylcholine

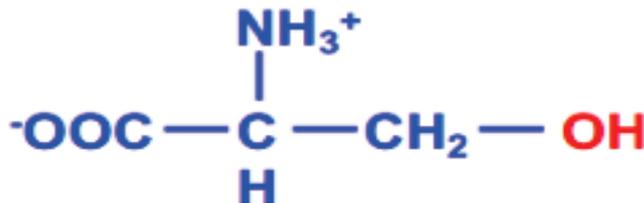


Concernant les alcools :

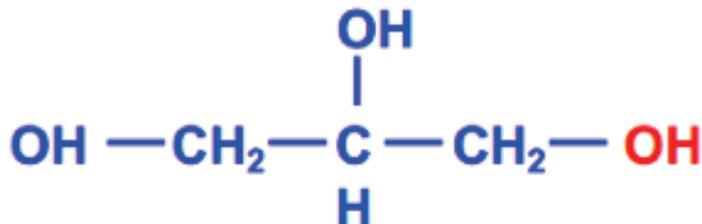
l'éthanolamine



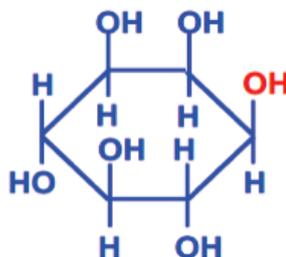
la sérine



le glycérol



l'inositol

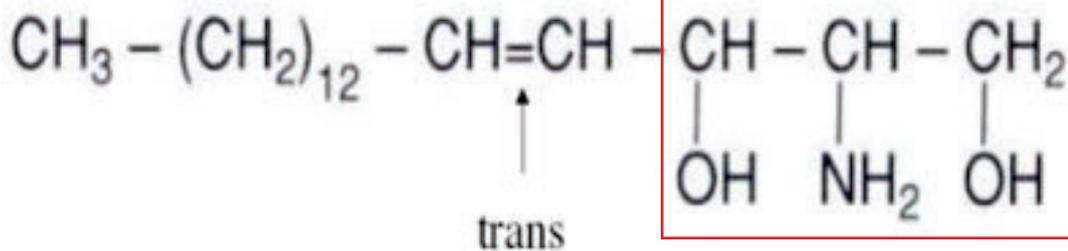


- **Glycérophospholipides** = 2 AG + glycérol + phosphate + alcool
- Portent le nom des groupements alcooliques (**phosphatidyl + nom de l'alcool**)
- Grande diversité des alcools : choline, éthanolamine, sérine, glycérol ou inositol
- Grande diversité des AG : Plus de **900** identifiés dans la nature

La diversité des alcools et des AG va permettre de créer plus d'une centaine de glycérophospholipides !

- Les glycérophospholipides présentent une **grande mobilité** : **rotation** de leurs chaînes d'AG (ps), **diffusion latérale** (fréquente) (ms), **bascule** (rare) responsables de la fluidité membranaire

b) Les sphingolipides (diapos 26,27)



- **Sphingolipide** = **sphingosine** (dialcool aminé) + chaîne hydrocarbonée (CH<sub>2</sub>)<sub>12</sub>
- Ils se trouvent toujours à côté des glycérophospholipides

c) Les stéroïdes (diapos 28 à 30 + diapo 32)

- Le **cholestérol** est le **principal constituant stéroïde** des **tissus animaux**, particulièrement **abondant** dans les **membranes plasmiques** des **mammifères**
- Il est absent de la plupart des cellules procaryotes
- Il est **amphipathique** : partie polaire (**HO**) et partie apolaire (cycles + reste de la molécule)
- Dans les cellules végétales, il y a **30 à 50%** de stéroïdes propres aux plantes (≠cholestérol), comme l'**ergostérol**

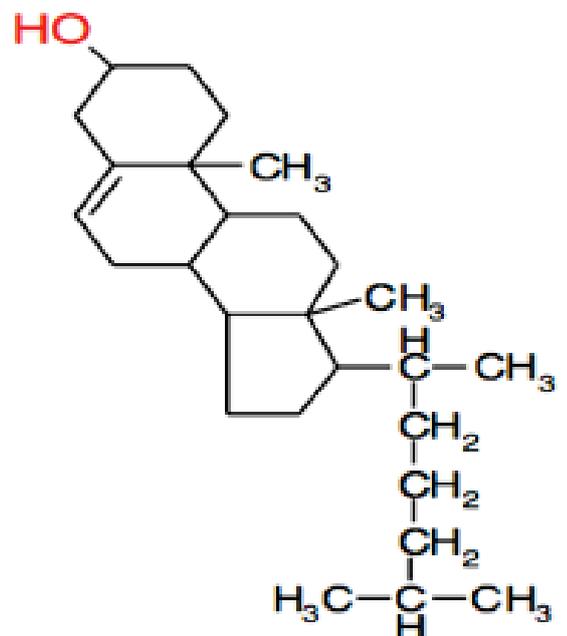
Rôle du cholestérol membranaire :

**S'intercaler** entre les molécules de phospholipides membranaires

=> **Rigidifier** les membranes pour **éviter une trop grande fluidité** membranaire

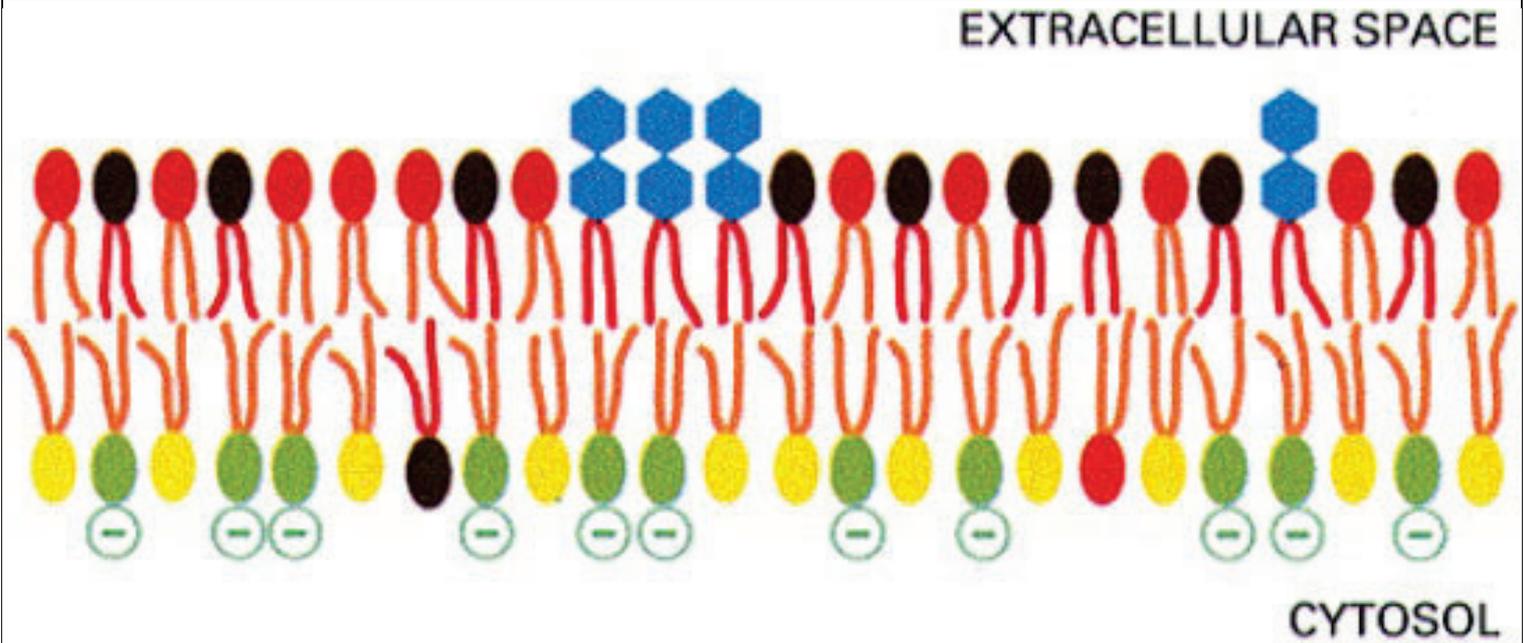
Néanmoins, la fluidité membranaire confère à la membrane des propriétés importantes :

- **Réparation autonome** des membranes
- **Variation de taille** par ajout ou suppression de phospholipides
- **Participe à la division cellulaire** (en scindant la cellule mère en deux cellules filles)



**cholestérol**

d) La distribution des lipides membranaires (diapo 33, 34)



	extérieur	intérieur
<b>Phosphatidylserine</b>	0	100
<b>Phosphatidylethanolamine</b>	10	90
<b>Phosphatidylcholine</b>	90	10
<b>Glycolipides</b>	100	0
<b>Cholestérol</b>	75	25

- **Asymétrie** de la composition lipidique de leur bicouche
- **Variation** de la composition lipidique **en fonction du type cellulaire**

Mémo

« Les alcooliques sereins sont dans les cellules »

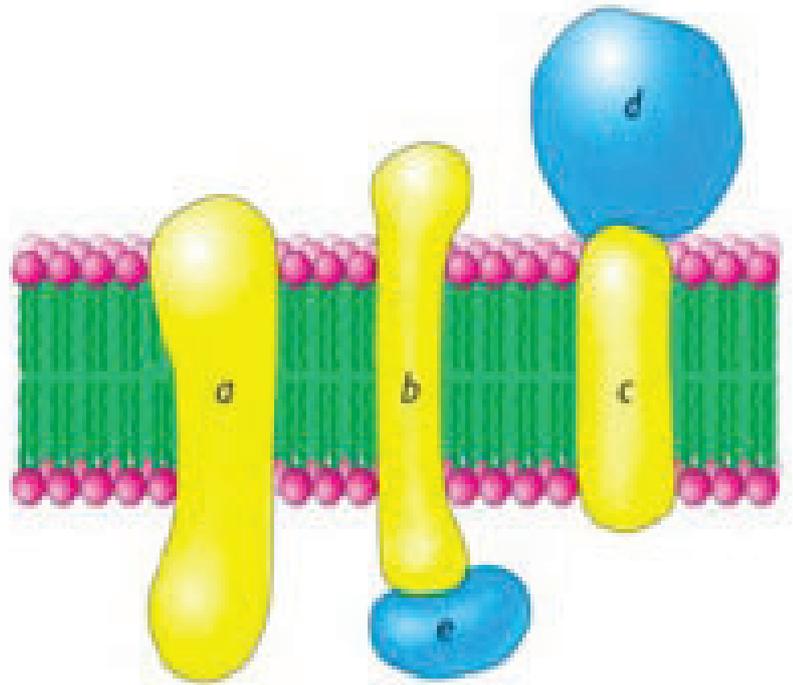
→ serine et éthanolamine sont à l'intérieur de la cellule.

Ou

Toutes les molécules dans lesquelles on retrouve le son « co » sont majoritairement à l'extérieur -> cholestérol, glycolipides, phosphatidylcholine

## 2. Les protéines membranaires : intrinsèques et extrinsèques (diapos 35 à 40)

- **2 classes** de protéines membranaires : **extrinsèques** (périphériques) ou **intrinsèques** (intégrales, transmembranaires) de **rôles différents**
- **50 %** des membranes plasmiques sont faites (en poids) de protéines
- Mobiles : **diffusion latérale** (*démontré par expérience de fusion de cellules de souris et d'humain : obtention d'une cellule hybride avec les 2 types de protéines inter-mêlées*)



### a) Les protéines membranaires intrinsèques (diapos 35 à 38)

- Certaines transmembranaires => **impliquées dans la transmission de signal**
- Portion transmembranaire : structure en **hélice  $\alpha$** , 20 à 25 **acides aminés hydrophobes** (alanine, valine, isoleucine, leucine, méthionine, phénylalanine, tyrosine, tryptophane)
- **Peut traverser la membrane une ou plusieurs fois**

Ex des protéines de l'érythrocyte : glycophorine = 1 hélice  $\alpha$  transmembranaire  
protéine de la bande 3 = 14 hélice  $\alpha$  transmembranaires

### b) Les protéines membranaires extrinsèques (diapo 39)

- **Ne traversent pas la membrane** ( $\neq$  protéines intrinsèques)
- Associées à la membrane par :
  - Des **interactions électrostatiques**
  - Des **ancrages lipidiques** (prénylation, acylation, ancre **GPI** (**G**lycosyl, **P**hosphatidyl **I**nositol))

### 3. Les glucides membranaires (diapos 41 à 43)

- **Toujours liés** aux **protéines** (glycoprotéines) et aux **lipides** (glycolipides) membranaires
- Toujours dans la **moitié externe** de la couche lipidique (jamais du côté cytosolique)
- Appartiennent au **glycocalyx** : zone péri-cellulaire riche en glucides, rôle important dans les processus de **reconnaissance cellulaire**, de **protection** contre les agressions mécaniques (flux sanguin), chimiques (acidité gastrique), enzymatiques (protéases)

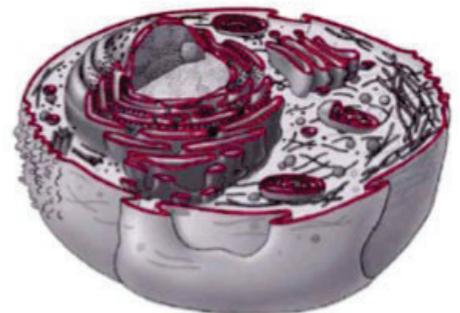
La nature des glucides membranaires (N-acétyl galactosamine=Gal Nac, galactose=Gal...) détermine les **antigènes** des groupes sanguins

Groupe	Antigène	Anticorps
A	A (glucide Gal NAc)	anti-B
B	B (glucide Gal)	anti-A
AB	A et B	Pas d'anticorps : <b>receveur universel</b>
O	Pas d'antigène : <b>donneur universel</b>	anti-A et anti-B

### III - Principales fonctions physiologiques des membranes (diapos 3 à 6)

Les membranes sont indispensables à la vie :

- Maintien d'un milieu interne **différent** du milieu extracellulaire (compartimentation ≠ procaryotes, frontière, séparation de l'extérieur et l'intérieur de la cellule)
- **Perméabilité très sélective**
- Constituants principaux : **lipides**, les **protéines** et les **glucides**
- **Echanges d'informations** avec d'autres cellules (récepteurs hormonaux, jonctions gap)
- Régulation du **transport** des ions, protéines, sucres, graisses, etc.
- **Mouvements cellulaires** (pseudopodes, endocytose, exocytose)
- Phénomènes de **reconnaissance** (antigènes de surface)
- Régulation du **métabolisme** (transduction intracellulaire des signaux extracellulaires)
- Procure un site pour les **réactions chimiques** ne pouvant pas se produire dans un environnement aqueux
- Surface totale (membrane organites) = **10 fois** membrane plasmique



## Le transport membranaire (diapos 44 à 74)

- **Fonction primordiale** des membranes
  - Les bicouches lipidiques constituent une **barrière** à la diffusion des ions et des molécules polaires qui ont une masse moléculaire > **150 Da**
- > Le passage de substances à travers la membrane peut donc se faire :

### 1. Le transport passif : sans dépense d'énergie (ATP) (diapos 44 à 61)

#### a. Diffusion simple : (Diapos 47 à 48)

- Selon le gradient des **concentrations fortes vers les concentrations faibles** jusqu'à équilibre
- Possible si la molécule est soluble dans la membrane phospholipidique (*ie hydrophobe et petite*) : molécules gazeuses (O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, benzène), molécules hydrophobes (stéroïdes, l'urée, glycérol).

« La vitesse de diffusion d'une molécule est proportionnelle à son gradient et son hydrophobicité, inversement proportionnelle à sa taille »

#### b. Diffusion facilitée : (Diapos 49 à 55)

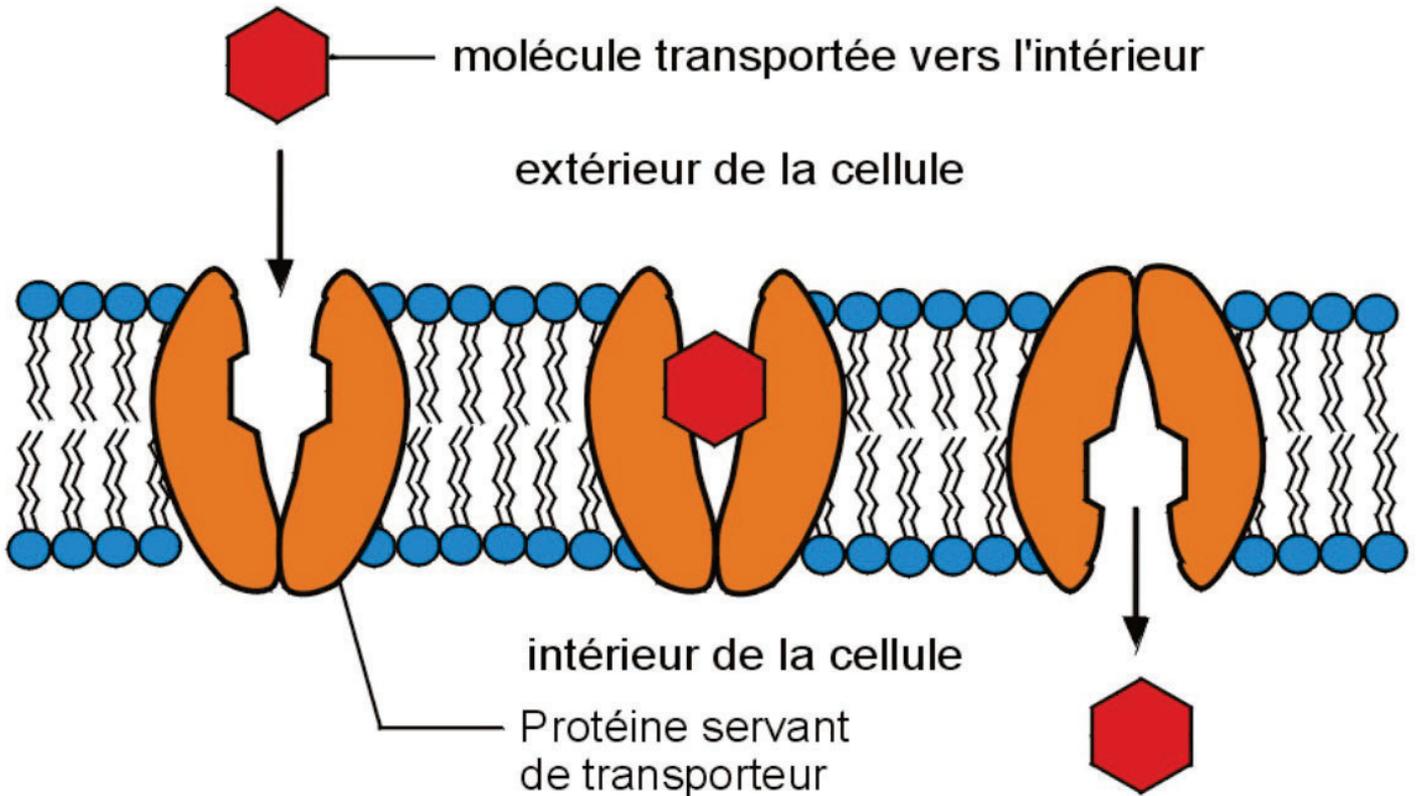
- a. **Grosses molécules non liposolubles** (sucres, ions, AA etc.)
- b. La molécule **ne traverse pas directement la membrane** (≠ diffusion simple)  
-> passage par une **protéine transmembranaire** : **protéines porteuses (perméases)** ou **protéines tunnels (conductines)**, dépendant du gradient

Différents exemples de diffusion facilitée :

- Protéines porteuses
- Protéines tunnels

### 1. Protéines porteuses = perméases = transporteurs

S'associent aux molécules à transporter et **changent de conformation** pour les déplacer dans la membrane

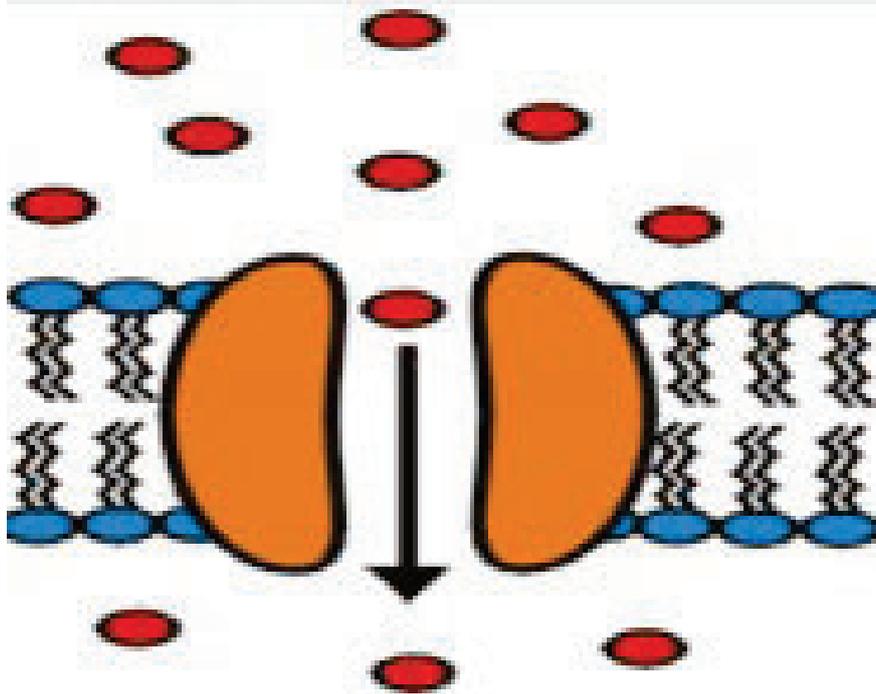


#### Ex: La perméase au glucose (GLUT-1)

- Assure la diffusion facilitée du glc
- C'est un **uniporteur** : = transporte une seule substance dans un sens
- 4 étapes :
  - **Fixation** du glucose sur le site extracellulaire
  - **Changement de conformation** du transporteur
  - **Libération** du glucose dans le cytosol
  - Retour du transporteur à sa **conformation de départ**

## 2. Protéines tunnels = conductines = canaux

Forment des **pores** dans la membrane : ne changent pas de conformation



### Ex: Les canaux ioniques

- Le passage des ions est **très rapide** :  $10^6$  ions/s
- **Très sélectifs** : ne laissent passer qu'un ou quelques ions
- Passage **sans dépense d'énergie**, dicté par un **gradient électrochimique** de l'ion (dépend de la polarité de l'ion)
- Transporteurs **uniport**
- Partagent une structure identique : Formés d'une association entre plusieurs sous unités formant la lumière du canal

### Canalopathies (musculaire, cardiaque, cérébrale) :

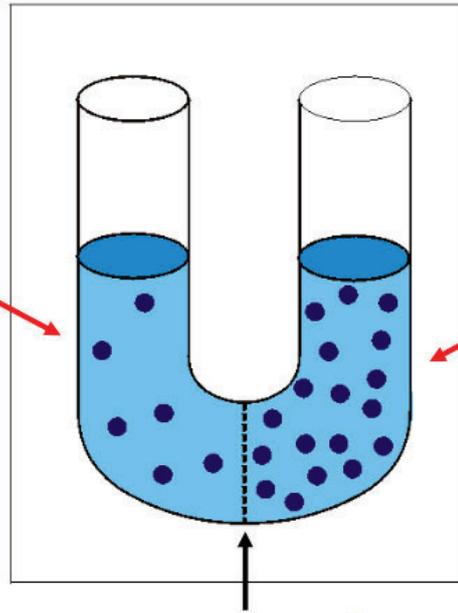
Maladies génétiques induites par **des mutations de gènes codants pour les canaux ioniques** → troubles de la contraction musculaire, du rythme cardiaque, épilepsies, maladies neurodégénératives (Parkinson, Alzheimer) etc.



	<b>Diffusion passif</b>	<b>Diffusion facilitée</b>
<b>Nécessite une protéine spécifique</b>	-	+
<b>Vitesse de diffusion</b>	+/-	+/+
<b>Influence de l'hydrophobicité</b>	+	-
<b>Spécificité</b>	-	+
<b>Exemples des molécules transportées</b>	<b>O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, hormones stéroïdes, substances chimiques</b>	<b>Glucose et acides aminés; ions et eau</b>

c. Osmose: (Diapos 56 à 61)

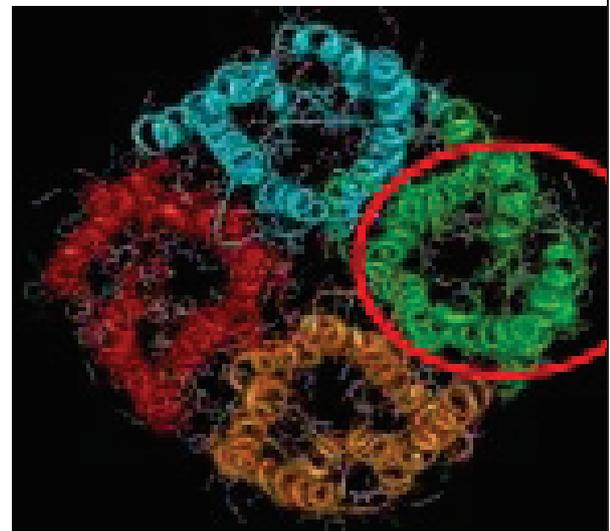
Coté dilué =  
**hypotonique**



Coté plus concentré  
= **hypertonique**

**Membrane semi-perméable : perméable à l'eau mais pas au soluté**

- Passage passif de l'eau uniquement si les solutions sont séparées par une **membrane semi-perméable** (perméable à l'eau mais pas aux solutés)
- Déplacement des molécules d'eau **d'un milieu hypotonique** (peu concentré en solutés) **vers un milieu hypertonique** (très concentré en solutés) jusqu'à ce que les milieux soient isotoniques (mêmes concentrations).
- Les **électrolytes** (ex :  $\text{Na}^+ \text{Cl}^-$ ) ont un **pouvoir osmotique** (= osmolarité) **plus important** que les **non-électrolytes** (glc)
- Passage lent de l'eau à travers la membrane de phospholipides
- Passage rapide** via les **aquaporines**
  - **canaux membranaires spécifiques aux molécules d'eau**
  - **tétramères** indépendants 4 monomères identiques capables chacun de transporter l'eau individuellement)
  - petit diamètre (**0,2 nm**) -> **passage sélectif**
  - **Mutation des 2 allèles de l'aquaporine 2** -> **surexpression** au niveau de l'épithélium rénal -> **diabète insipide** (excrétion de 8-10L urine très diluée/jour)

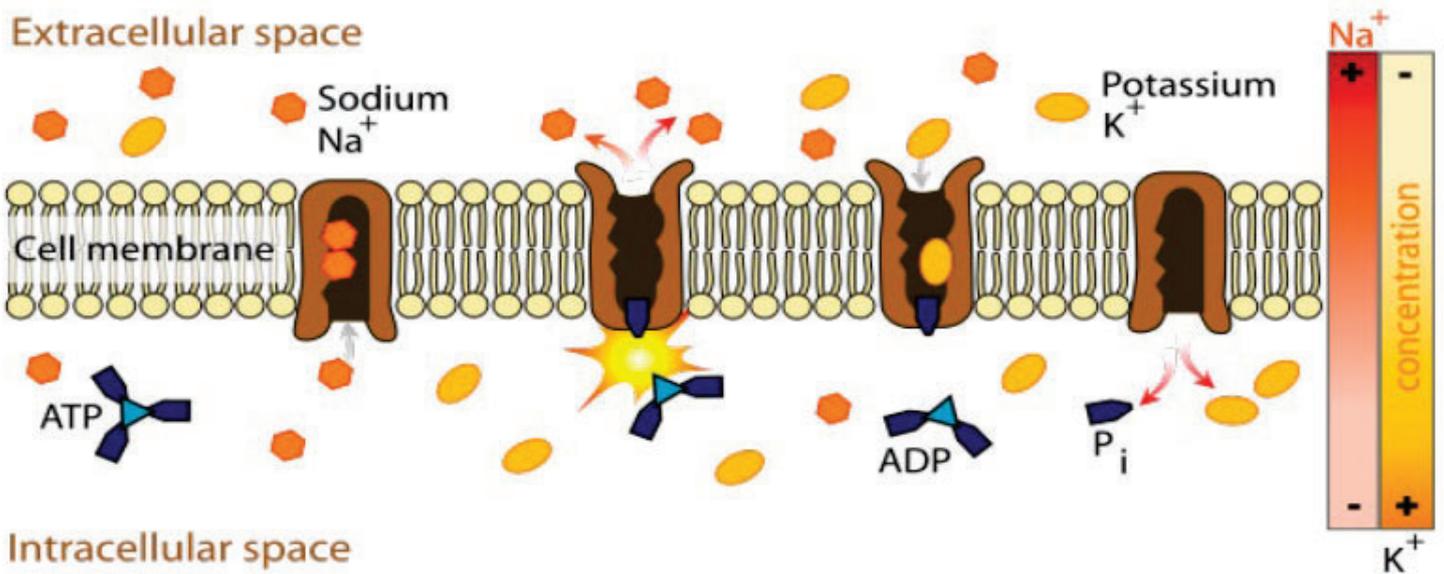


## 2. Transport actif

a. Le transport actif couplé à une hydrolyse de l'ATP = transport actif primaire (diapos 62 à 74)

- Nécessaire pour que la cellule puisse conserver un milieu intérieur différent du milieu extérieur
- Ressemble à la diffusion facilitée car nécessite la présence d'un **transporteur transmembranaire** mais besoin d'énergie (**hydrolyse de l'ATP**, lumière, réactions d'oxydoréduction etc.) pour transporter des molécules à l'**encontre du gradient de concentration** : du (-) au (+) concentré
- Nécessité de protéines transmembranaires **ATPases**, qui ont un ou plusieurs sites de liaison pour l'ATP (situées sur la face cytosolique de la membrane)

### Ex1: La pompe Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup> ATPase



- Utilise l'énergie de la dégradation de l'ATP en **ADP + Pi**  
Transporte Na<sup>+</sup> et K<sup>+</sup> **contre** leur gradient de concentration
- **Sortie de 3 Na<sup>+</sup> et entrée de 2 K<sup>+</sup>**
- Consomme **25%** de l'ATP cellulaire !!
- Le maintien de ce gradient permet :
  - la propagation des signaux électriques dans le nerf et le muscle
  - la réalisation du transport actif d'autres molécules (transport actif II<sup>re</sup>)
  - l'ajustement de l'équilibre osmotique (entre les molécules organiques et le gradient ionique)

## Ex2: Transporteurs ABC

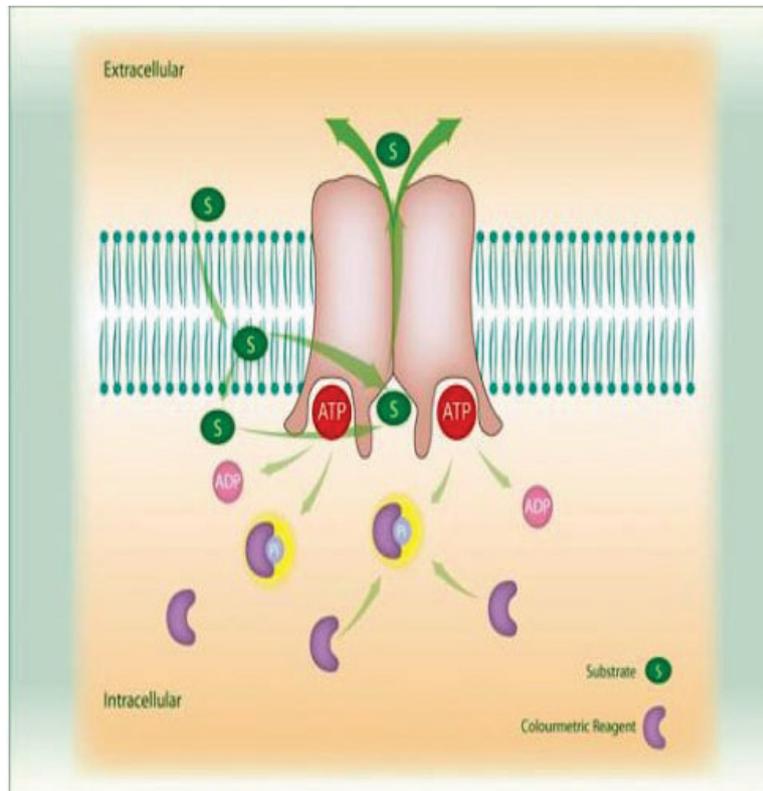
### Fonction de détoxification des xénobiotiques

- **La plus vaste famille** de transporteurs membranaires (50)
- **2 domaines hydrophobes** constituant le site de **reconnaissance de substrat**
- **2 sites de liaisons** avec l'ATP
- **Import** et **export** d'une grande variété de substrats : ions, xénobiotiques (substances étrangères à l'organisme : médicaments, pesticides etc.)
- Retrouvés dans tous les organismes vivants
- Surtout exprimés dans le **foie**, les **intestins** et les **reins** (organes de détoxification)

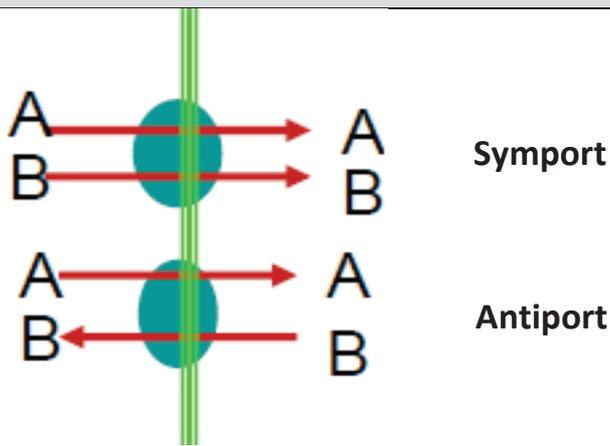
### Altération des transporteurs ABC : responsable de maladies

Ex: Dans les cellules tumorales chimiorésistantes :

**Surexpression de MDR1** -> élimination excessive de médicament de chimiothérapie hors de la cellule.

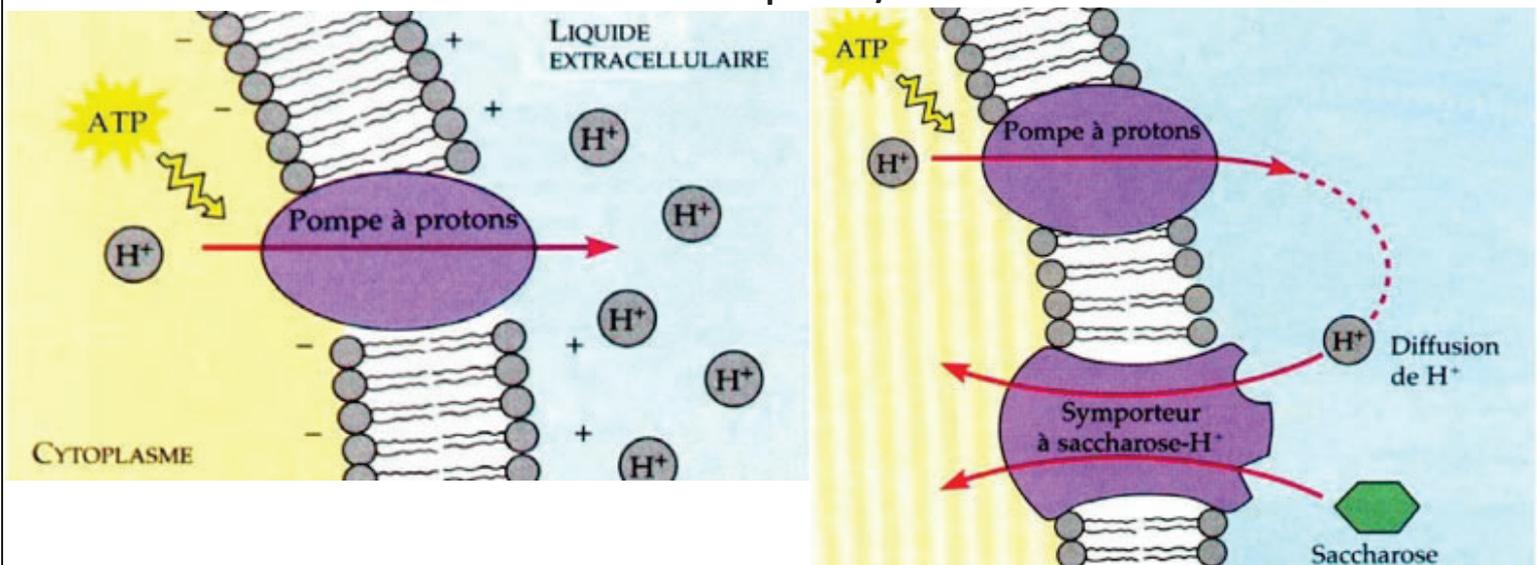


b. Le transport actif secondaire ou co-transport (Diapos 70 à 74)



- Transport actif mû par un gradient d'ions : les **co-transporteurs**
- Transport simultané de 2 ions différents :
  - Dans la même direction = **symport**
  - Dans des directions opposées = **antiport**
- Le transport d'un soluté B dans le sens énergétiquement défavorable (contre le gradient) peut se faire grâce à l'énergie du transport d'un autre soluté A dans son sens énergétiquement favorable (dans le sens de son gradient)

Ex: Co-transport  $H^+$ /Saccharose



1. Transport **actif** de  $H^+$  par la pompe à protons (ATP) du milieu intracellulaire vers le milieu extracellulaire
2. Formation d'un gradient de concentration et d'un gradient électrique de part et d'autre de la membrane
3. Co-transport des ions  $H^+$  ( dans le sens de son gradient) avec le saccharose (contre son gradient) vers le milieu intracellulaire (symport)



	Transport actif	Co-transport
Nécessite une protéine spécifique	Oui	Oui
Soluté transporté contre son gradient	Oui	Oui
Couplé à une hydrolyse d'ATP	Oui	Non
Permis par le déplacement d'un ion co-transporté dans le sens de son gradient	Non	Oui
Exemples des molécules transportées	Ions, petites molécules hydrophiles, lipides	Glucose, acides aminés et saccharose

**Etude d'un transporteur :**

- **Solubiliser** et **purifier** le transporteur à étudier
  - **Incorporer** dans une **membrane artificielle** (ex : liposome) pour mimer ce qui se passe *in vivo*
- > Etude des mouvements de molécules transportées à travers la membrane

