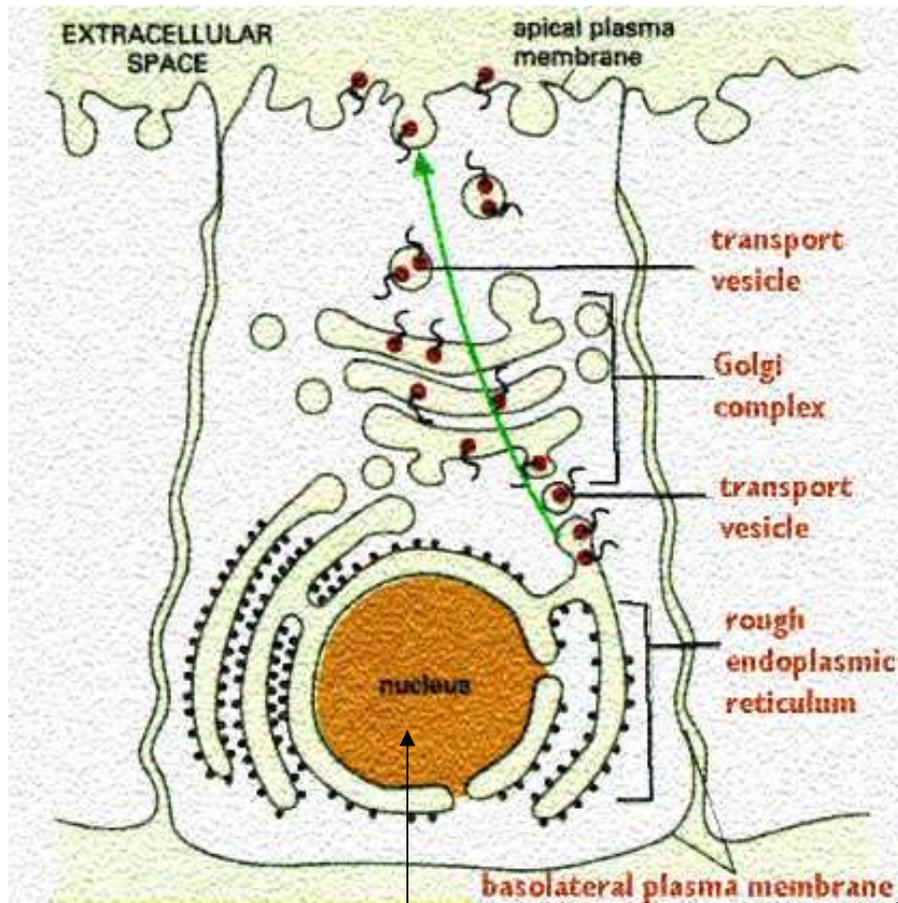


ULBI 101
Biologie Cellulaire L1

Le Système Membranaire Interne

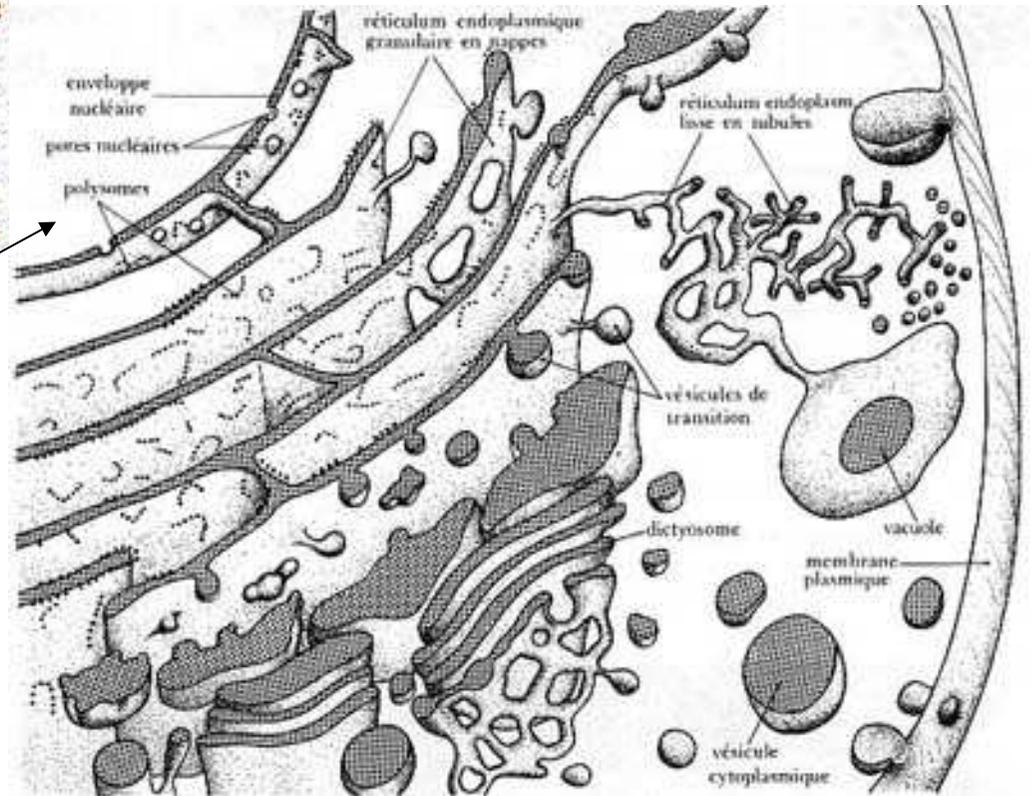
De la nécessité d'un SMI

- Le volume augmente comme le cube de la dimension linéaire, alors que la surface n'est augmentée que du carré ...
- Une **augmentation des surfaces membranaires sans une augmentation démesurée du volume** cellulaire.
- La compartimentation est un moyen de partager et organiser le travail cellulaire.
- La profusion complexe de **membranes internes** est un trait caractéristique de toutes les cellules eucaryotes.



Vue générale du SMI d'une cellule animale ou végétale. Noter le continuum entre le noyau et la membrane plasmique.

NOYAU



Un système est un ensemble de (P60) constituants associés fonctionnellement

- Le SMI est composé du **Réticulum Endoplasmique (RE)**, de **l'Appareil de Golgi** et de **Vésicules Endoplasmiques (VE)**
- Synthèse, maturation (modifications post-traductionnelles), tri, emballage et adressage des **protéines membranaires et sécrétées.**
- Synthèse des **membranes.**

5- Définition des organites et des fonctions associées

Concepts de compartimentation cellulaire et de ségrégation des fonctions

SMI => Système de membranes internes



Noyau

Réticulum endoplasmique

Appareil de golgi

Vésicules, endosomes, lysosomes, vacuoles

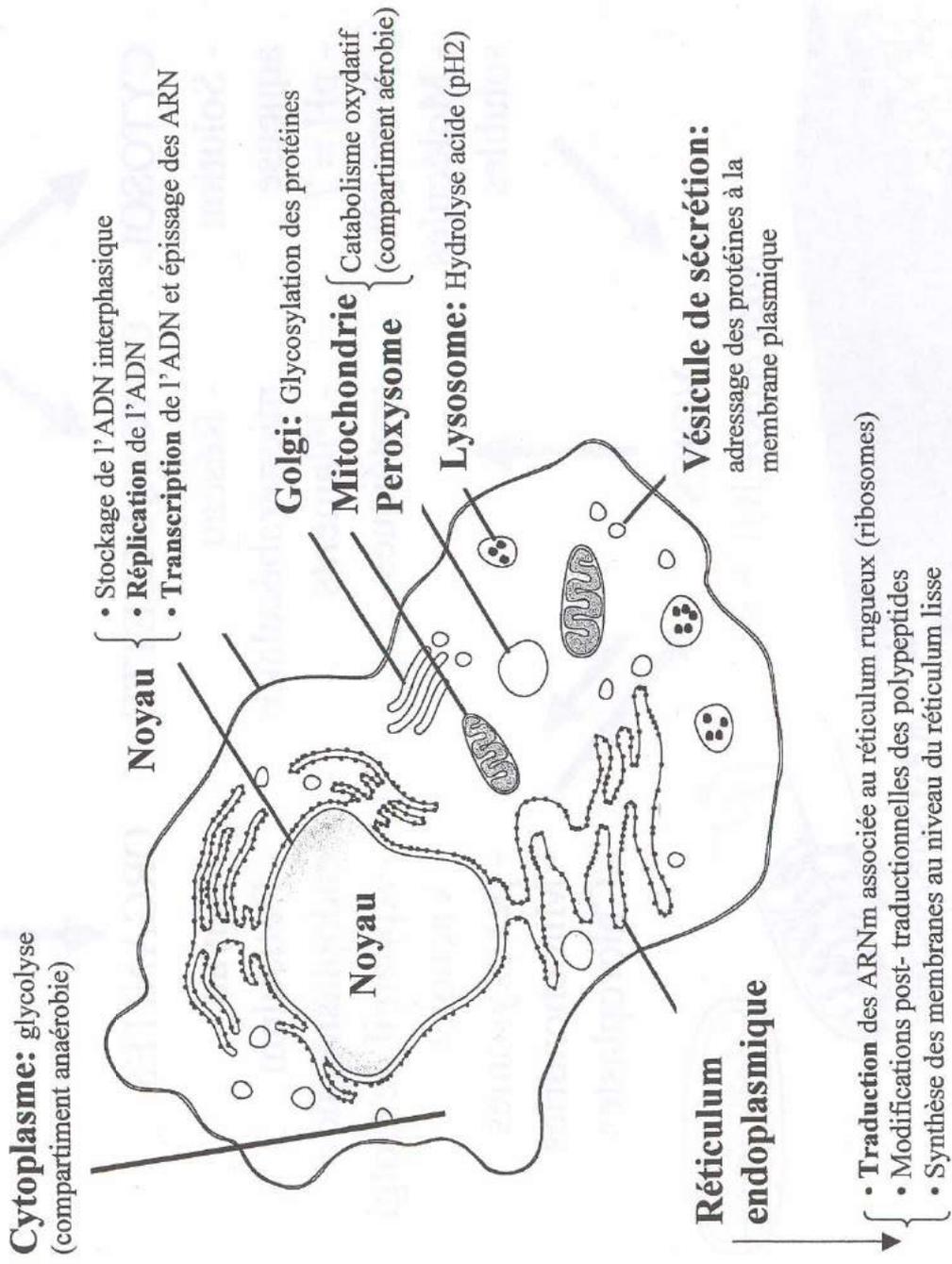
+ Mitochondries / Chloroplastes



⇒ Ségrégation des fonctions et des voies métaboliques

⇒ **Description des fonctions pour chaque organite**

Compartmentation et exemples de ségrégation de fonctions cellulaires (cellule animale)



5- Définition des organites et des fonctions associées

5.1 Noyau : ADN et information génétique

- Généralités
- Structure et contenu du noyau
- Enveloppe et pores nucléaires
- Chromatine: Euchromatine et hétérochromatine / Compactage
- Nucléoles et ARNr
- Transcription des gènes et synthèse protéique
 - + Généralités
 - + ARN polymérase et ARNr/ARNt/ARNm
 - + Régulation de l'expression des gènes / facteurs de transcription
 - + Phénomène d'épissage des ARNm
 - + Devenir des ARN dans la cellule
 - + ARNt / Ribosomes / ARNm matures => Synthèse protéique
 - + Traductions dans le cytoplasme et le REG

5.2 Réticulum endoplasmique rugueux et lisse, dictyosomes, vésicules et lysosomes

5.3 Vacuole de la cellule végétale : Origine, structure et fonctions

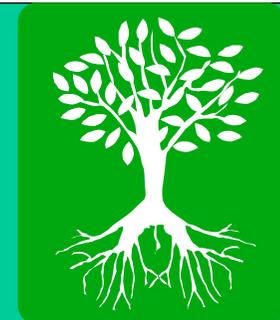
5.4 Mitochondries : Structure et fonctions

5.5 Chloroplastes: Structure et fonctions

5.6 Hyaloplasme et métabolisme primaire

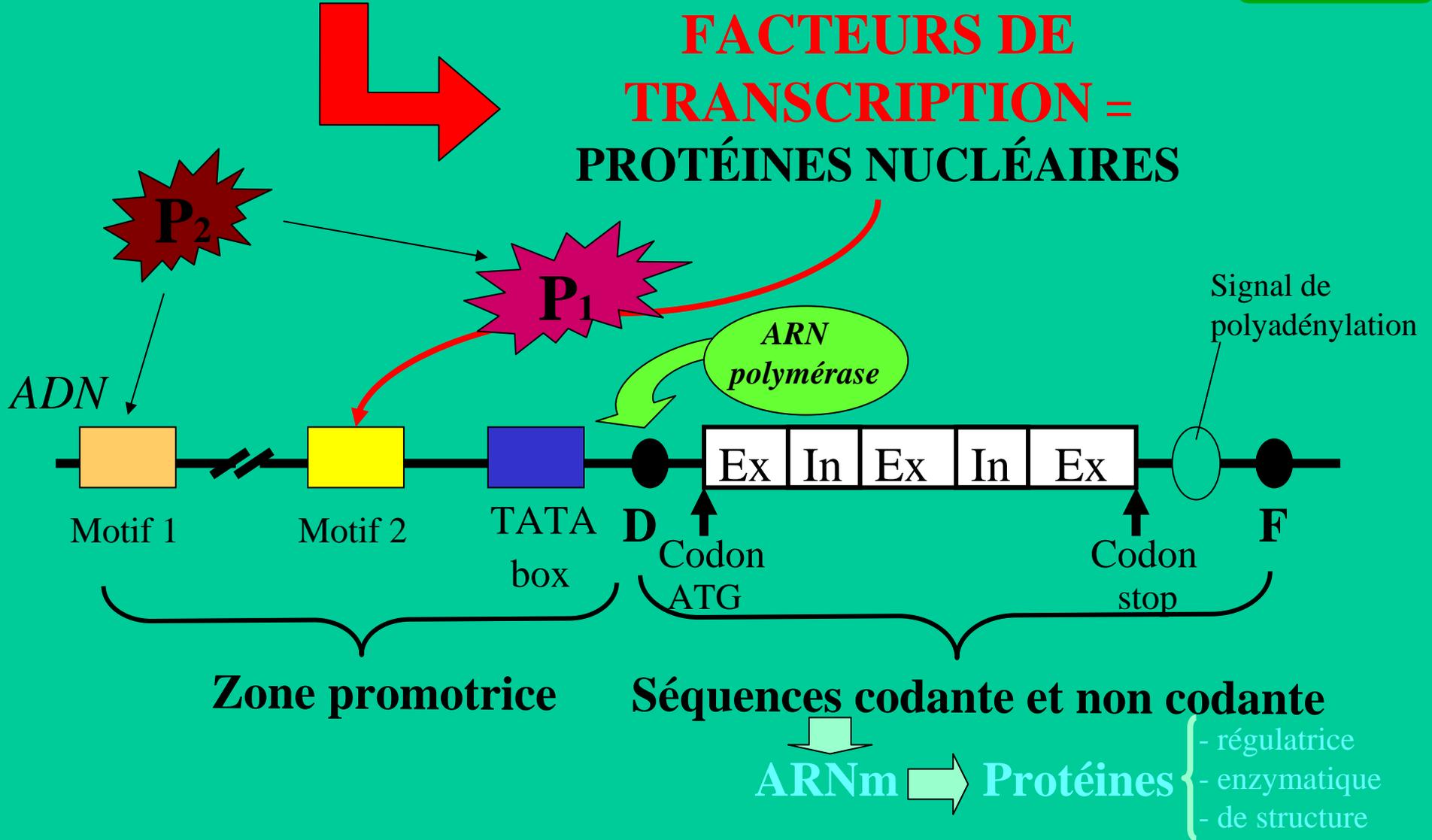
- Glycolyse
- Cycle de Krebs
- Compartimentation cellulaire des voies métaboliques
- Ségrégation des fonctions cellulaires

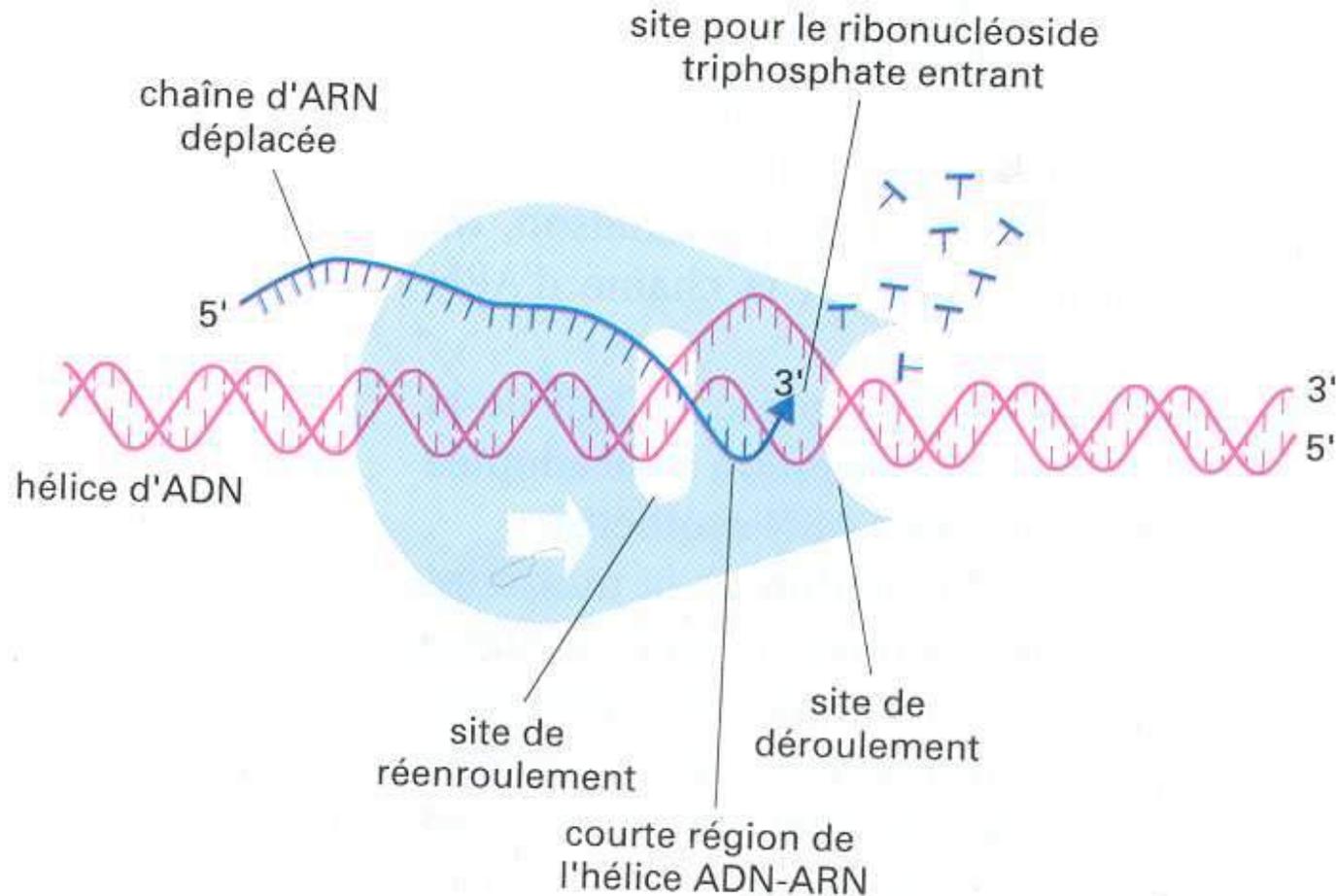
5.1 Noyau : Stockage de l'ADN et expression de l'information génétique (ARN, protéines et de métabolites)



GÈNES TRANSRÉGULATEURS

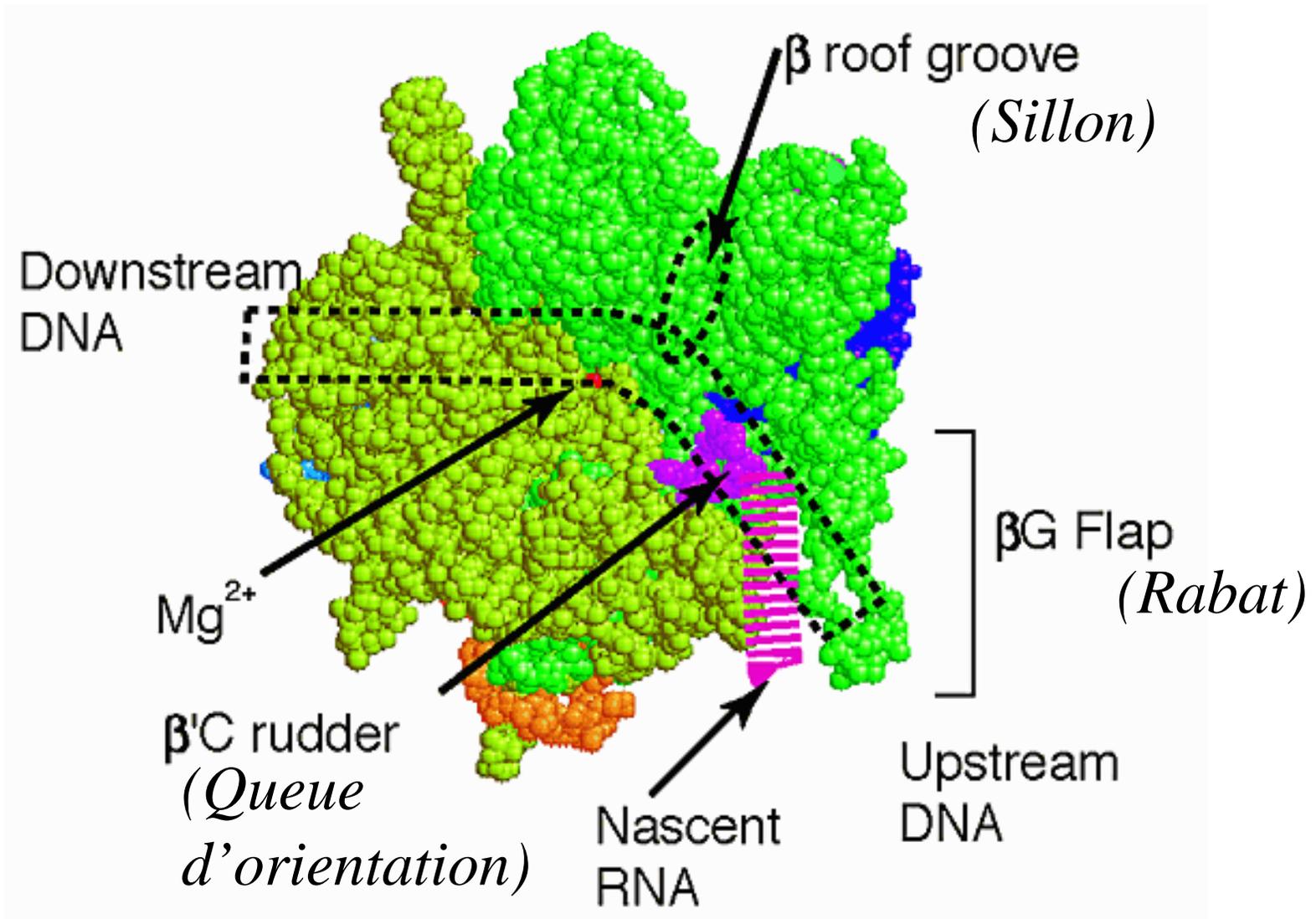
**FACTEURS DE
TRANSCRIPTION =
PROTÉINES NUCLÉAIRES**

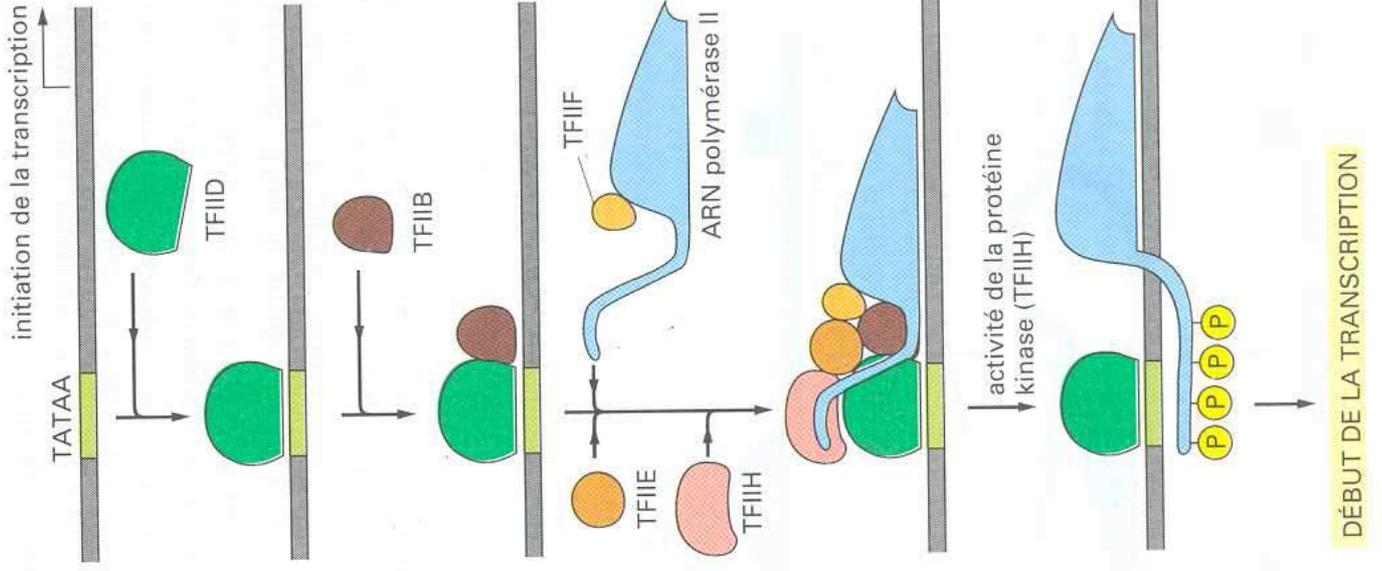
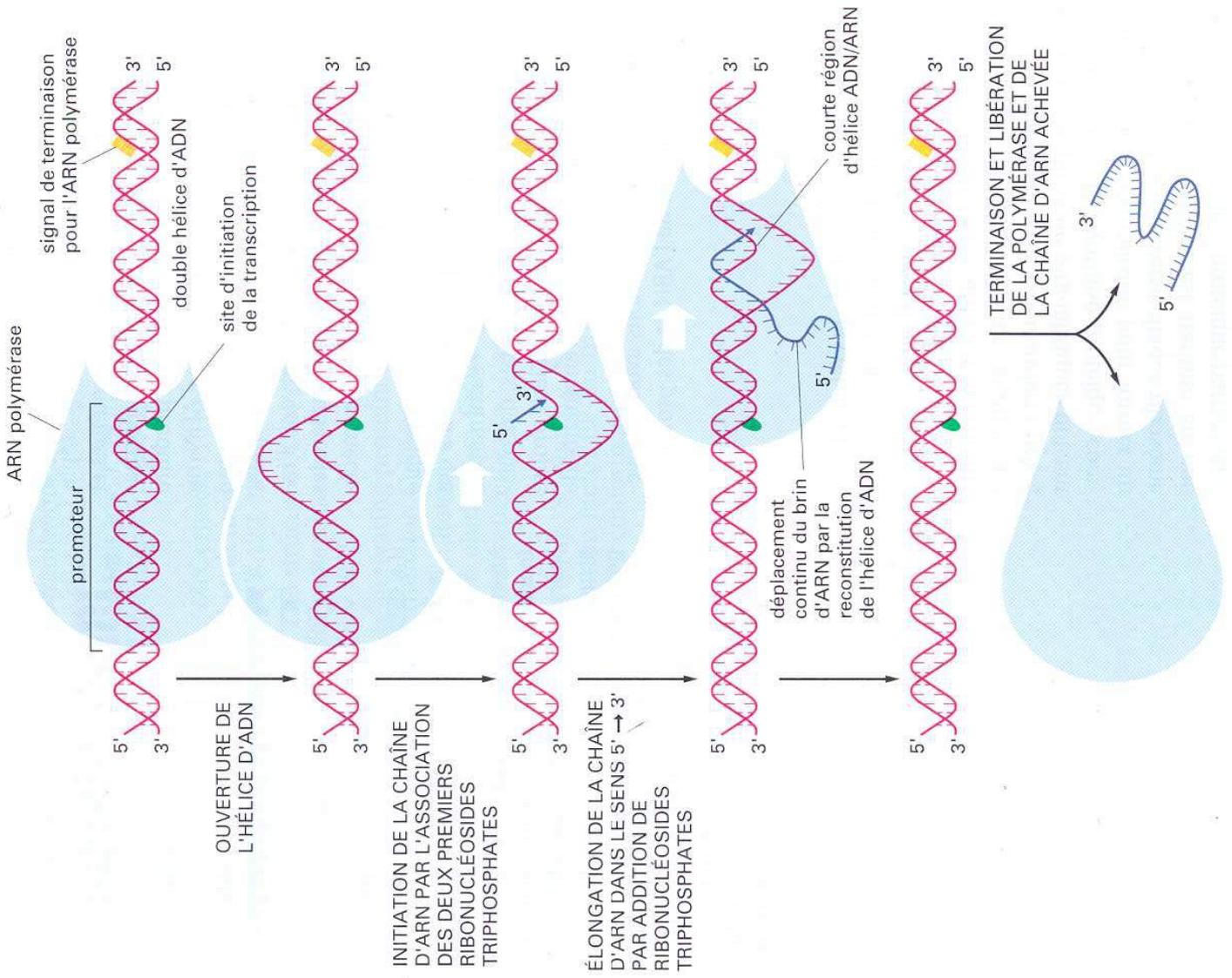


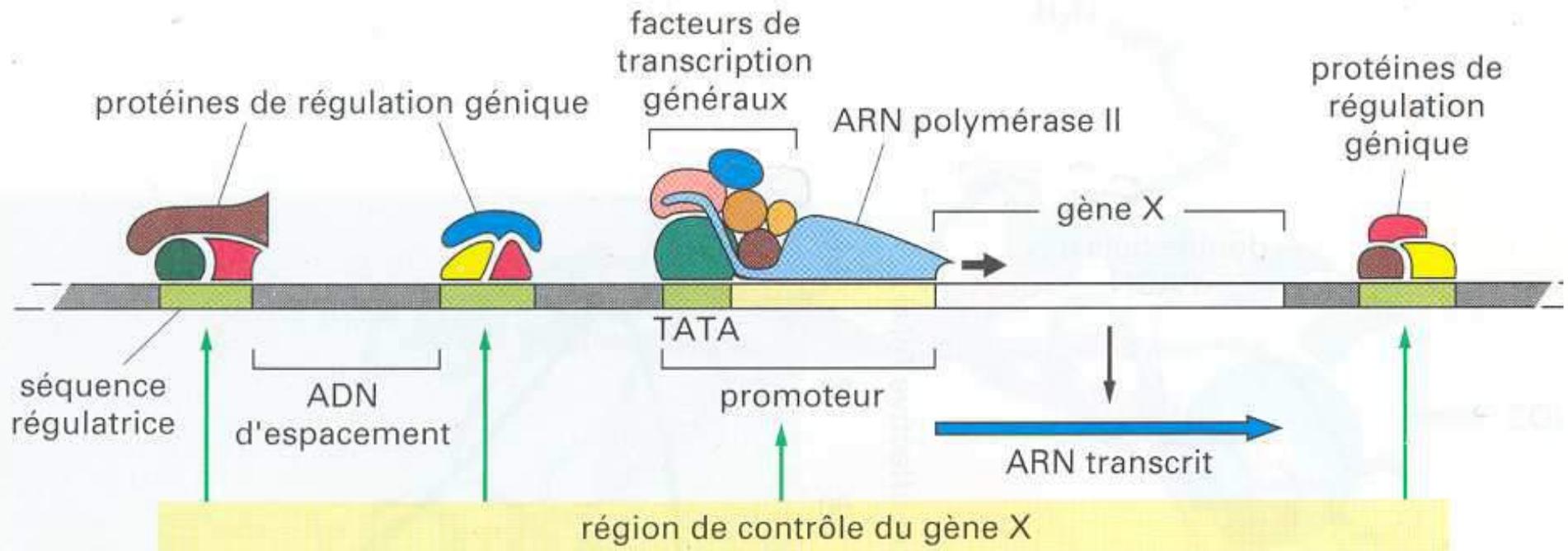


Déroulement et ré-enroulement de l'ADN dirigés par l'ARN polymérase qui se déplace par oscillation (avant-arrière) le long de l'ADN double brin lors de la transcription.

ARN polymérase







L'assemblage des facteurs de transcription généraux est nécessaire à l'initiation de la transcription par l'ARN polymérase II : Liaison de TFIID à la « TATA-box » (motif TATA), phosphorylation de l'ARN Polymérase II (queue polypeptidique de 52 répétitions de YSPTSPS chez les mammifères) par TFIIH (protéine kinase) en présence d'ATP

5.2 Réticulum endoplasmique rugueux et lisse, dictyosomes, vésicules, lysosomes

5.2 Réticulum endoplasmique rugueux et lisse, dictyosomes, vésicules et lysosomes

- Organisation générale et fonctions
- Parcours d'une protéine synthétisée par le RE et maturation
- Formation et fonction d'un lysosome
- Adressage d'une protéine au lysosome

5.3 Vacuole de la cellule végétale : Origine, structure et

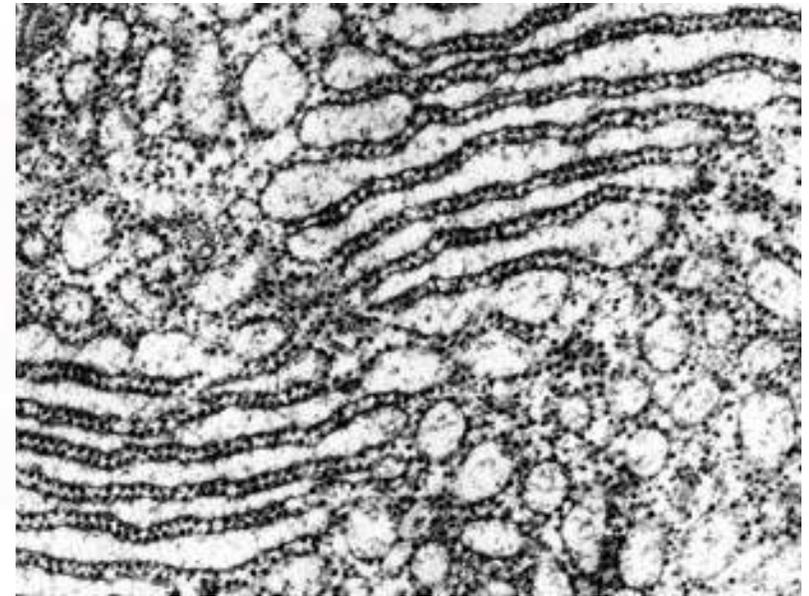
. Fonctions

- Rôles principaux
- Turgescence et plasmolyse
- Protéines tonoplastiques
- Échanges entre le cytoplasme et la vacuole
- Synthèse du saccharose

5.4 Mitochondries : structure et fonctions

5.5 Chloroplastes: Structure et fonctions

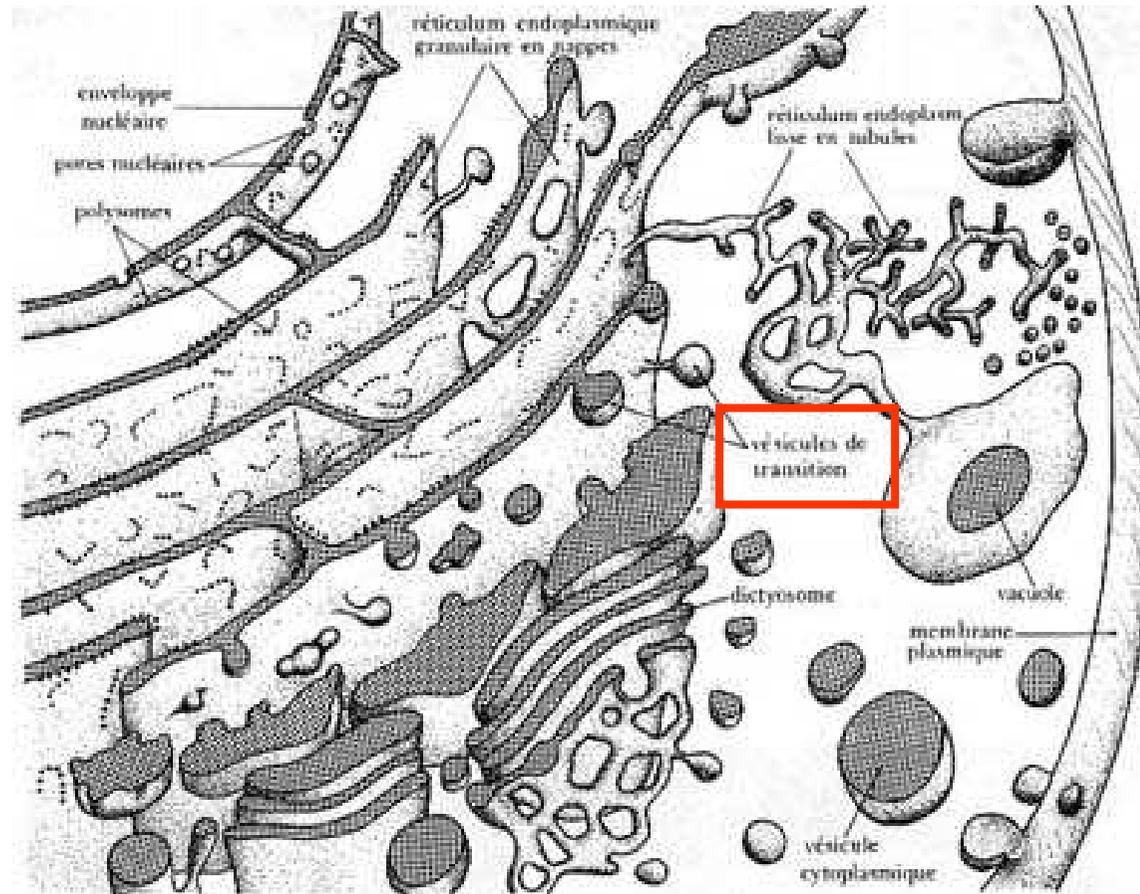
5.6 Hyaloplasme et métabolisme primaire



- o Labyrinthique, le **réticulum endoplasmique** est:
- **Granulaire**, ou Rugeux, **et LAMELLAIRE** avec des ribosomes accolés à la face externe de sa membrane.
 - Le **RER** forme la membrane externe de l'enveloppe nucléaire.
 - **Lisse et TUBULAIRE** sans ribosomes: **REL**.

Echanges RE/AG

(P60)

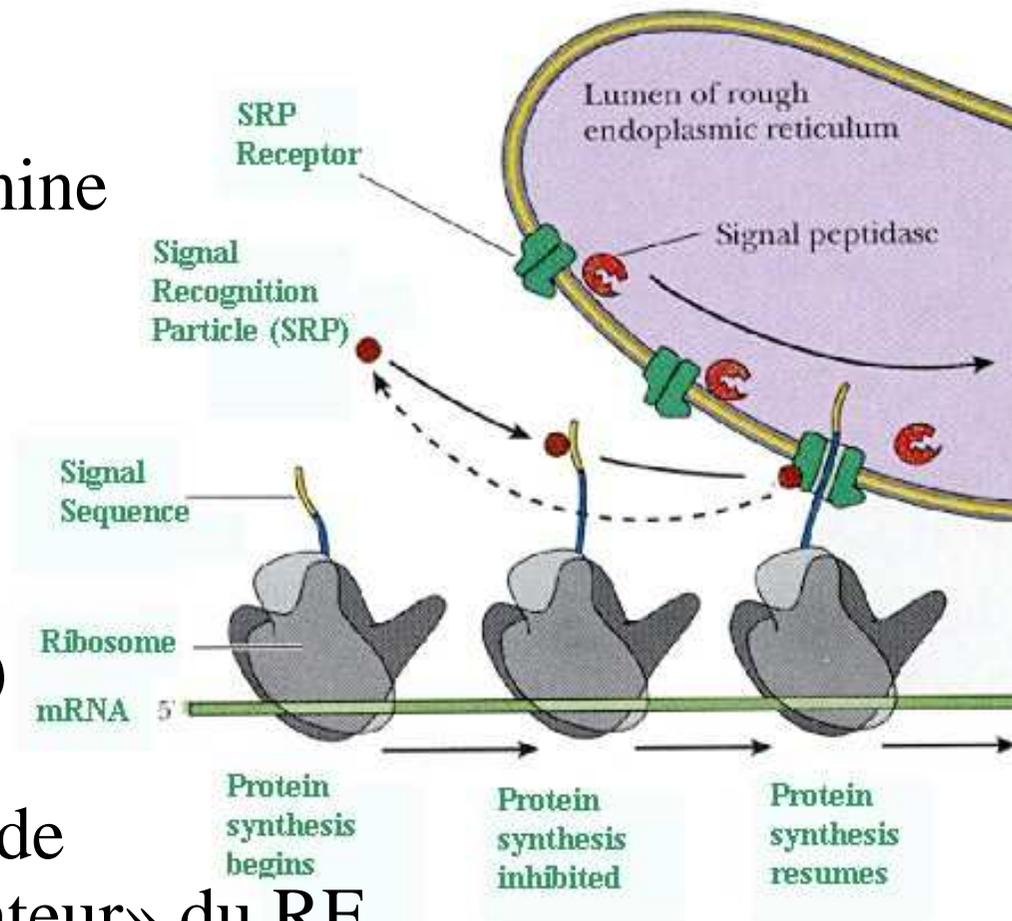


Le réticulum et l'appareil de Golgi communiquent via les **Vésicules de Transition**, assurant un flux de protéines en cours de maturation en provenance du réticulum

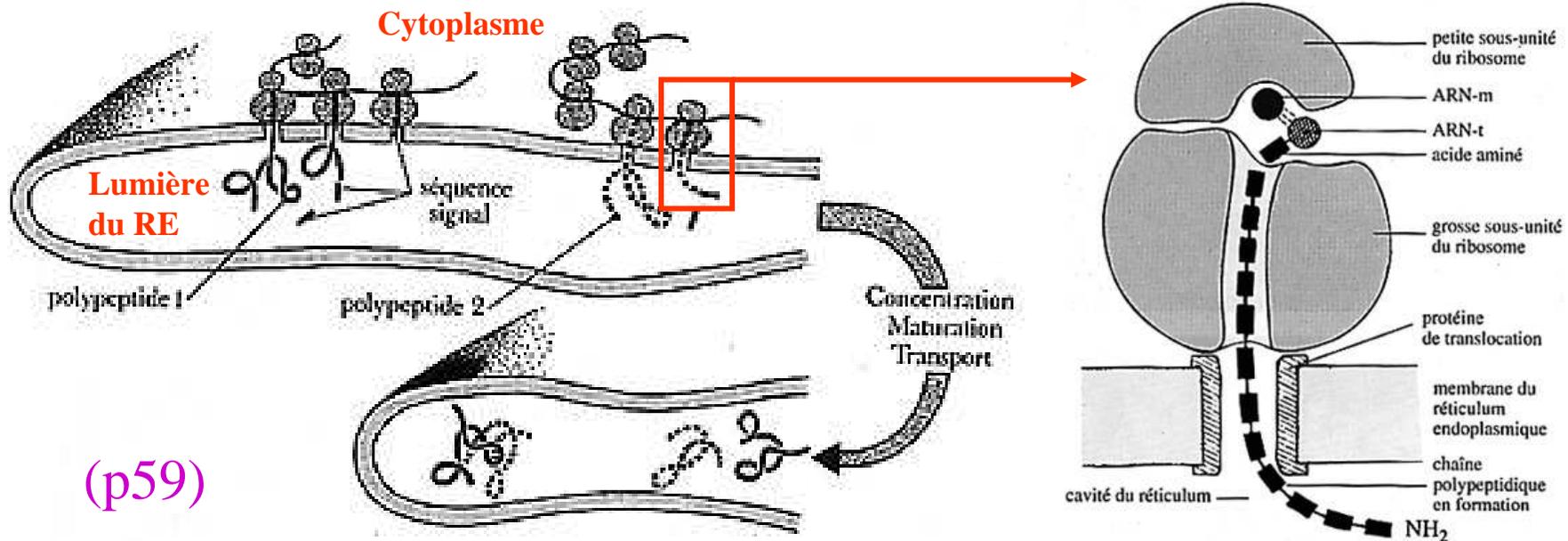
RER (p59)

- Les **ARNm traduits** au niveau du RER fournissent les protéines du SMI, les **protéines membranaires et sécrétées**.

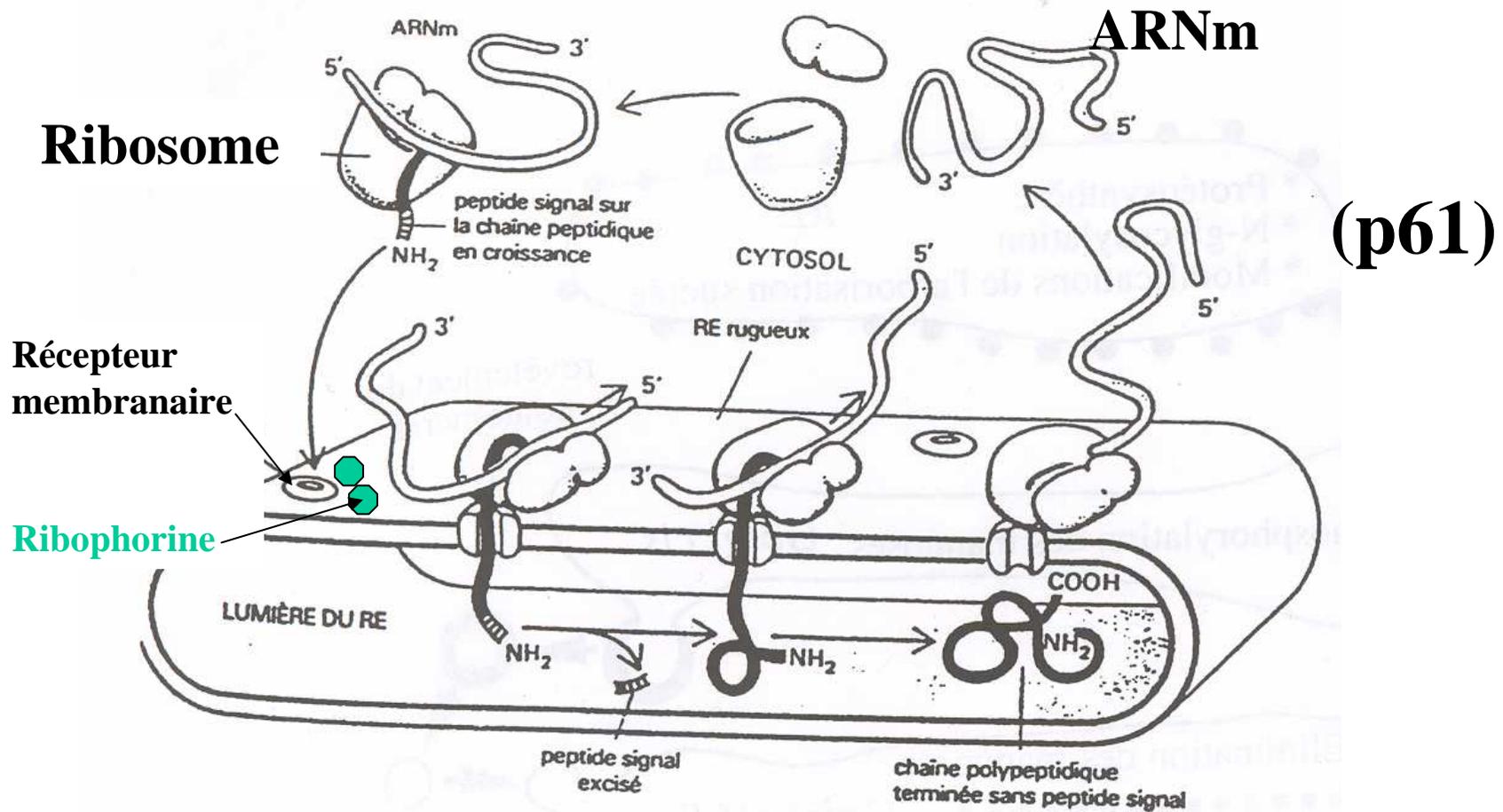
- C'est l'ARNm qui détermine la destinée du polypeptide par la synthèse d'une **courte séquence signal** (15 à 30 aa du côté N-ter)
Reconnue par la **SRP** (Signal Recognition Protein) qui arrime le complexe ARNm/Ribosome/Polypeptide à un Récepteur/ <<translocateur>> du RE.



Le polypeptide en cours de synthèse au niveau d'un ribosome associé à la face cytoplasmique du RER est « **co-transloqué** » dans la lumière du RER au travers de sa membrane

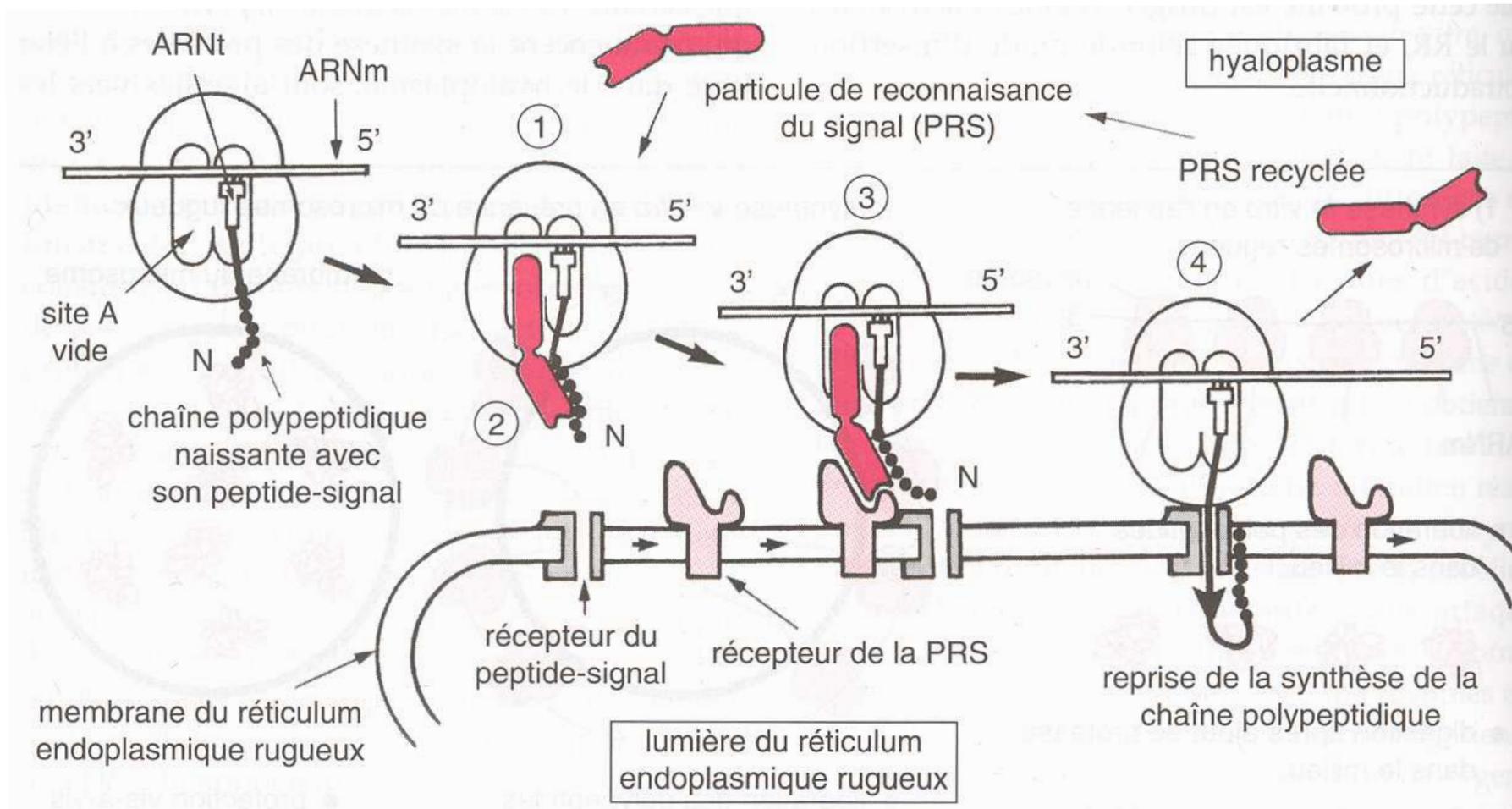


Le peptide signal est clivé dans le RE par une **Peptidase Signal**



Synthèse et ségrégation des protéines dans le RER. La fixation sur le RE des ribosomes passe par 2 étapes :

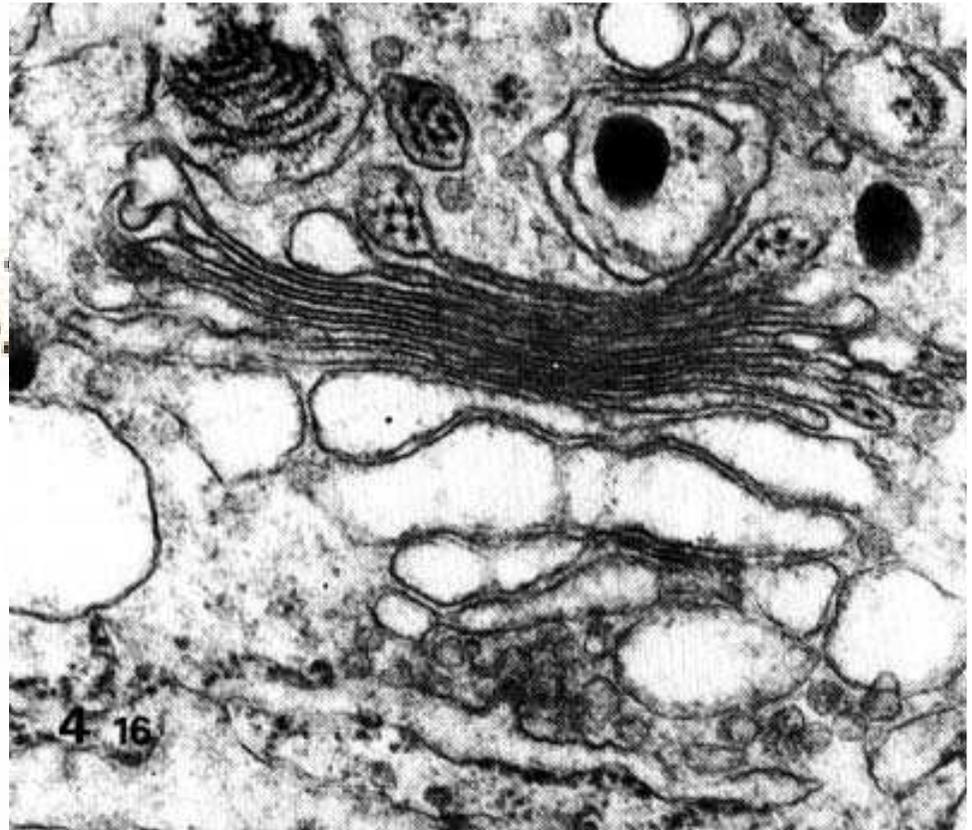
- 1-Interaction affine entre le ribosome et la ribophorine (protéines trans-membranaires du RE).
- 2- Interaction entre le peptide signal N-terminal du peptide en croissance et un récepteur protéique membranaire



Mécanismes d'insertion des protéines dans le RE

Le REL

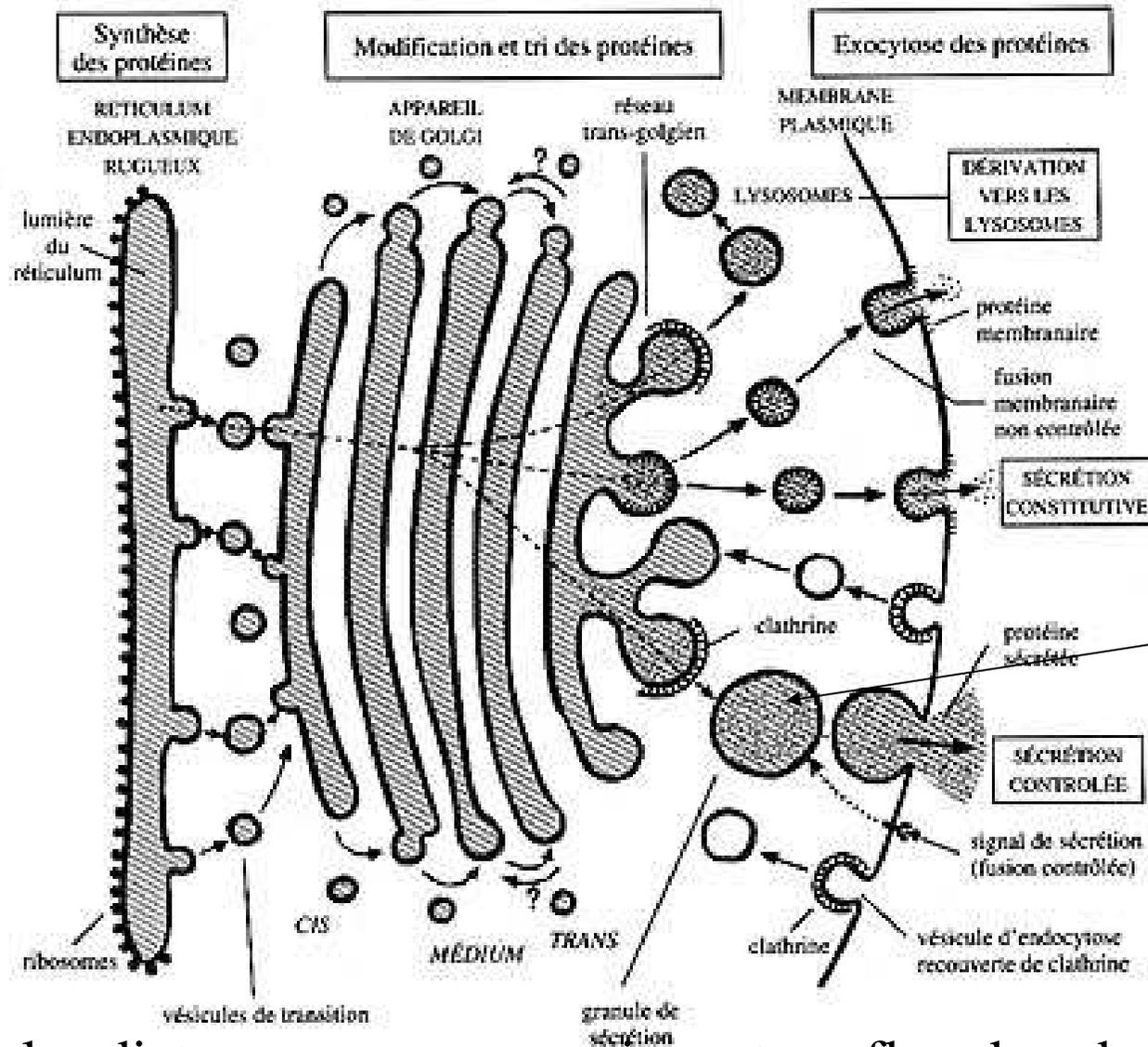
- C'est le lieu de **synthèse des membranes internes** nécessaire à la croissance de la cellule et au renouvellement permanent des constituants de ses membranes.
- Les vésicules du REL **engendre les vacuoles**, remplies d'eau, qui peuvent atteindre une taille énorme chez les végétaux (> 90% du volume cellulaire).



- o Empilements de sacs aplatis et de petites vésicules, le **Dictyosome** est l'unité structurale de l'**Appareil de Golgi**.
- o **Maturation** des polypeptides fabriqués dans le RER et apportés par les **Vésicules de Transition**.
- o **Tri, emballage et adressage** dans des **vésicules cytoplasmiques ou sécrétoires**. (p62)

Vision d'ensemble

(p63)



Importance des endosomes chez la cellule animale

Le RE et les dictyosomes communiquent => flux de substances (ex. Protéines qui vont subir une maturation avant d'être fonctionnelles)

La synthèse d'une protéine trans-membranaire

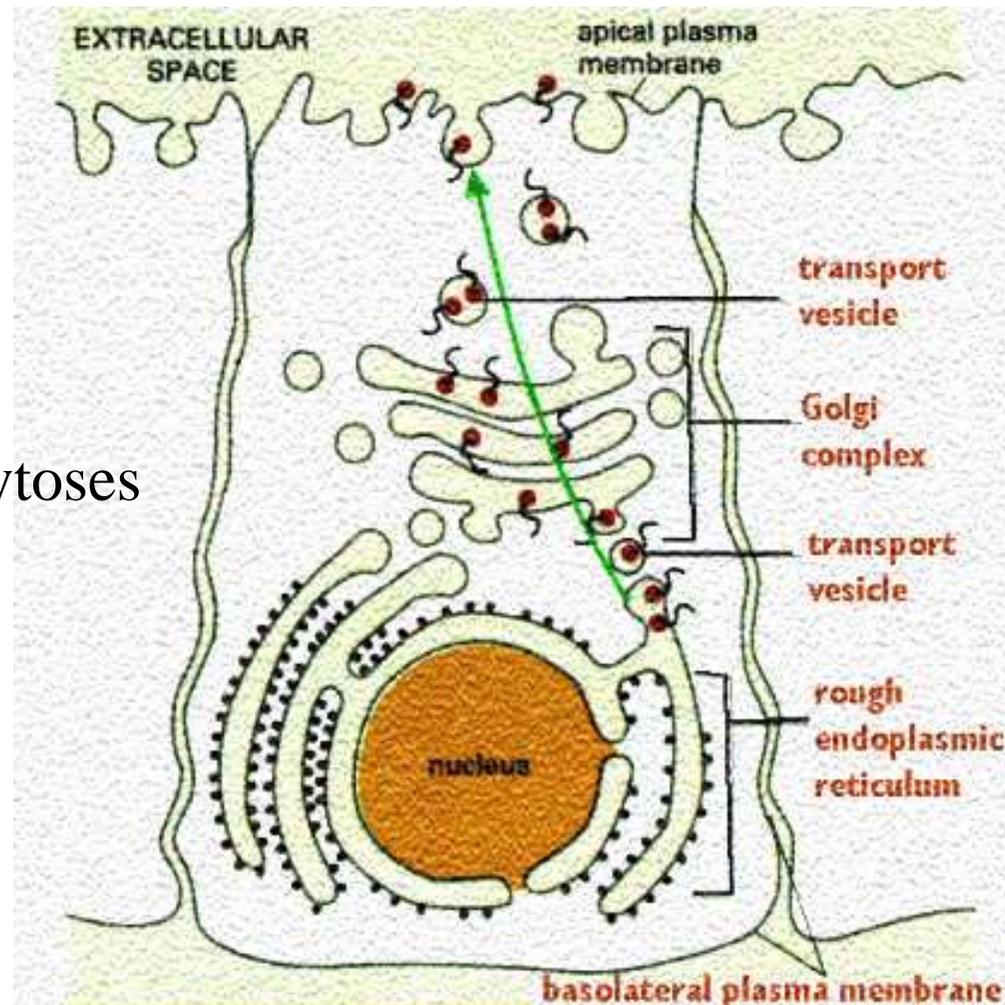
(P60)

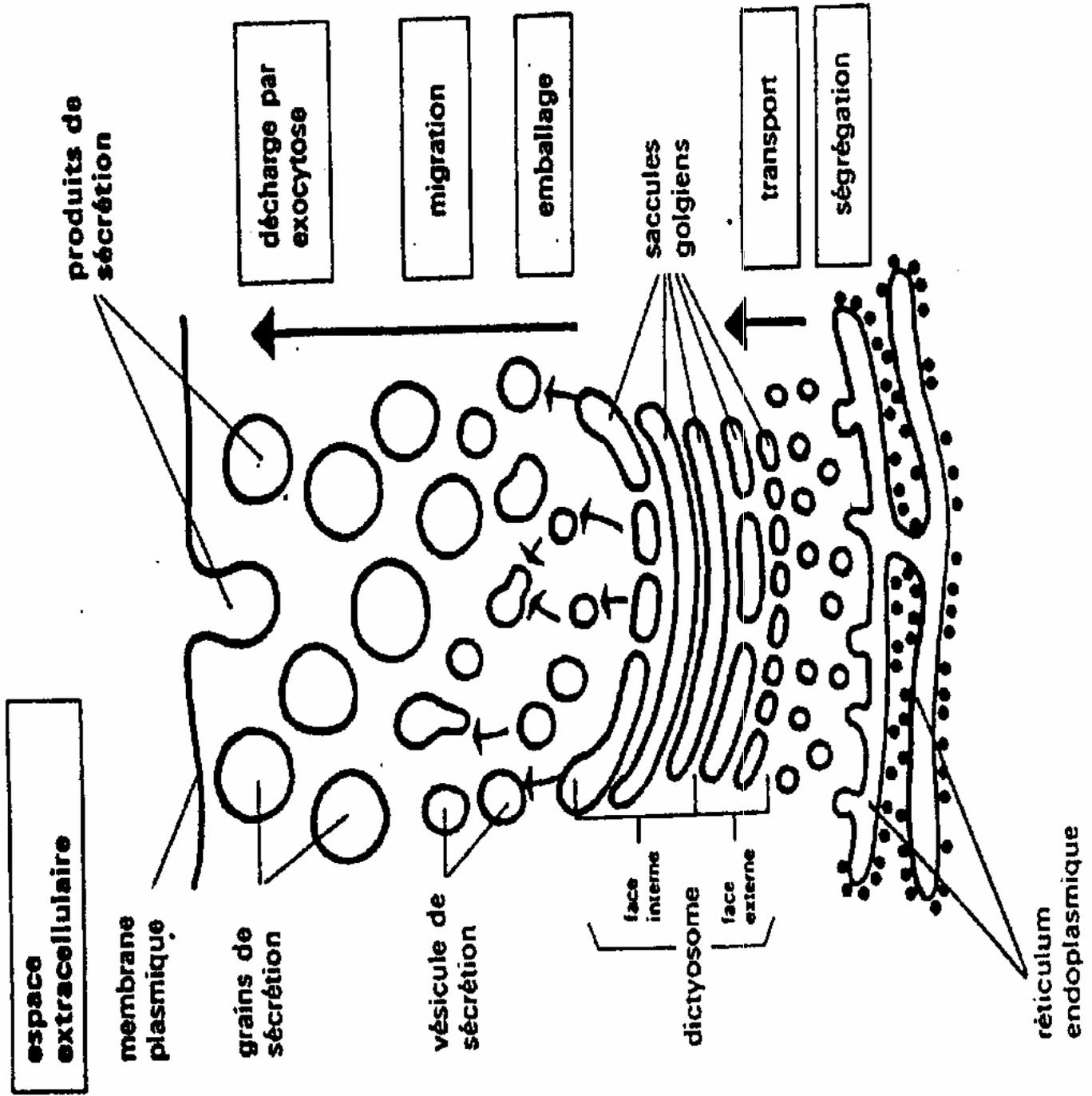
Golgi-Vs

([Film](#))

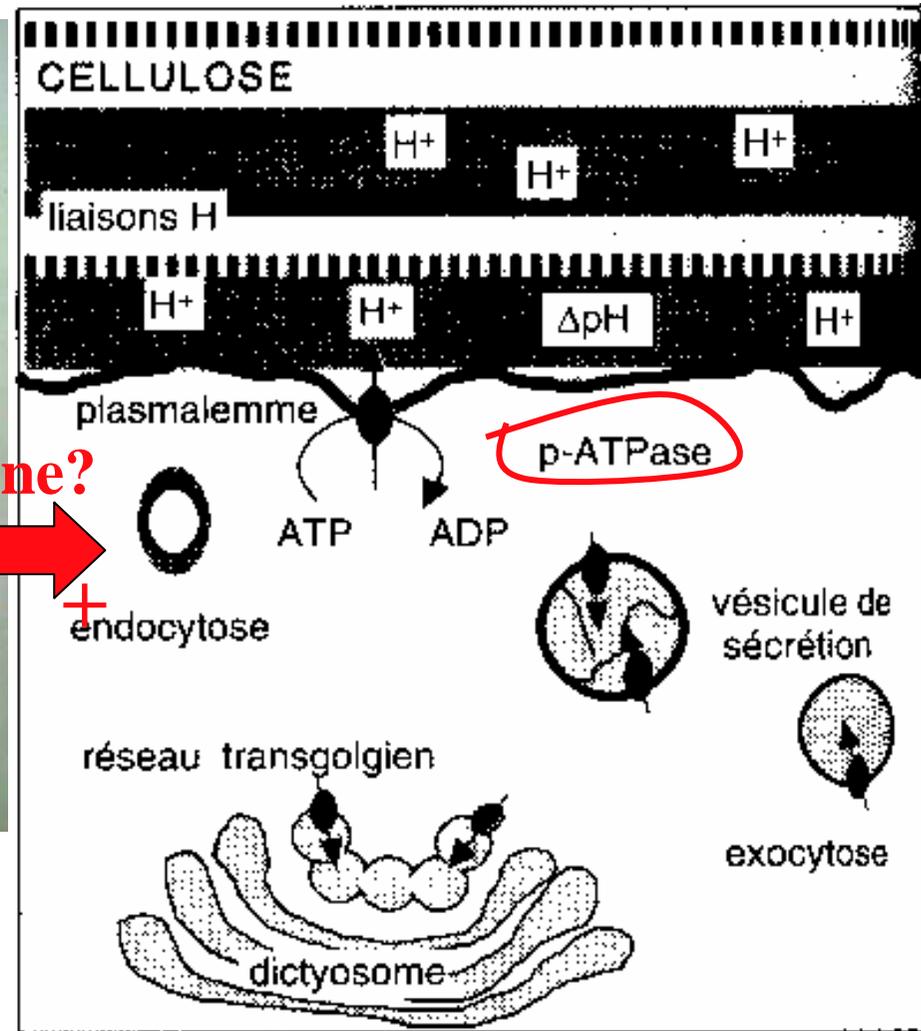
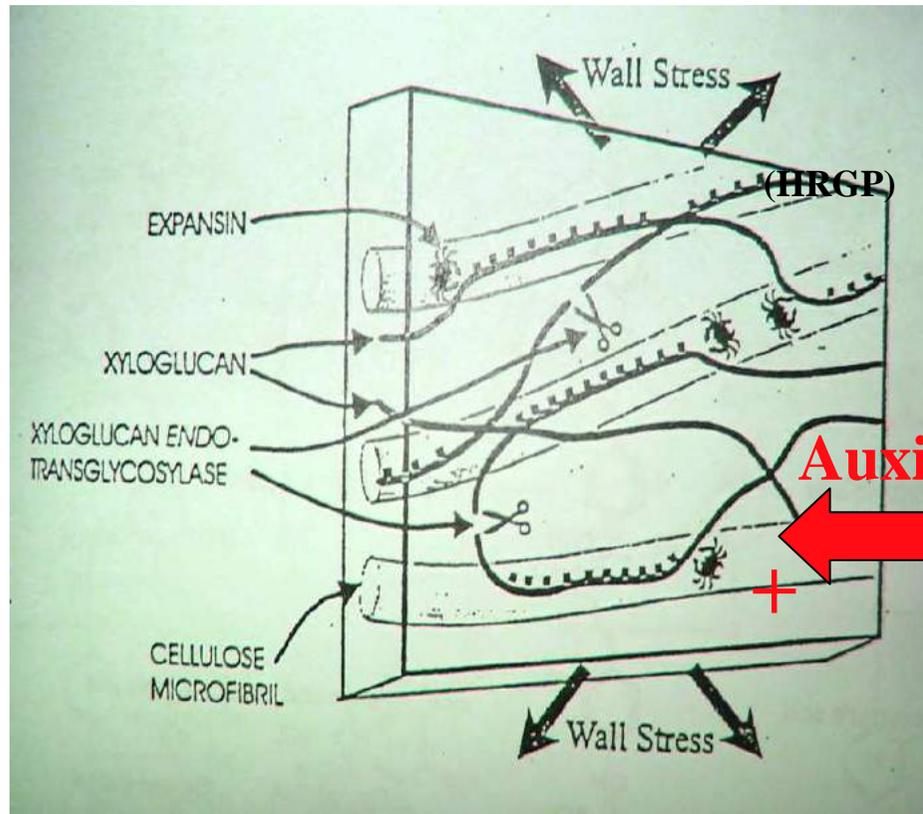
Vésicules exocytoses

([Film](#))





Structure et fonctionnement de la paroi



Modèle proposé par Reiter et al., 1998

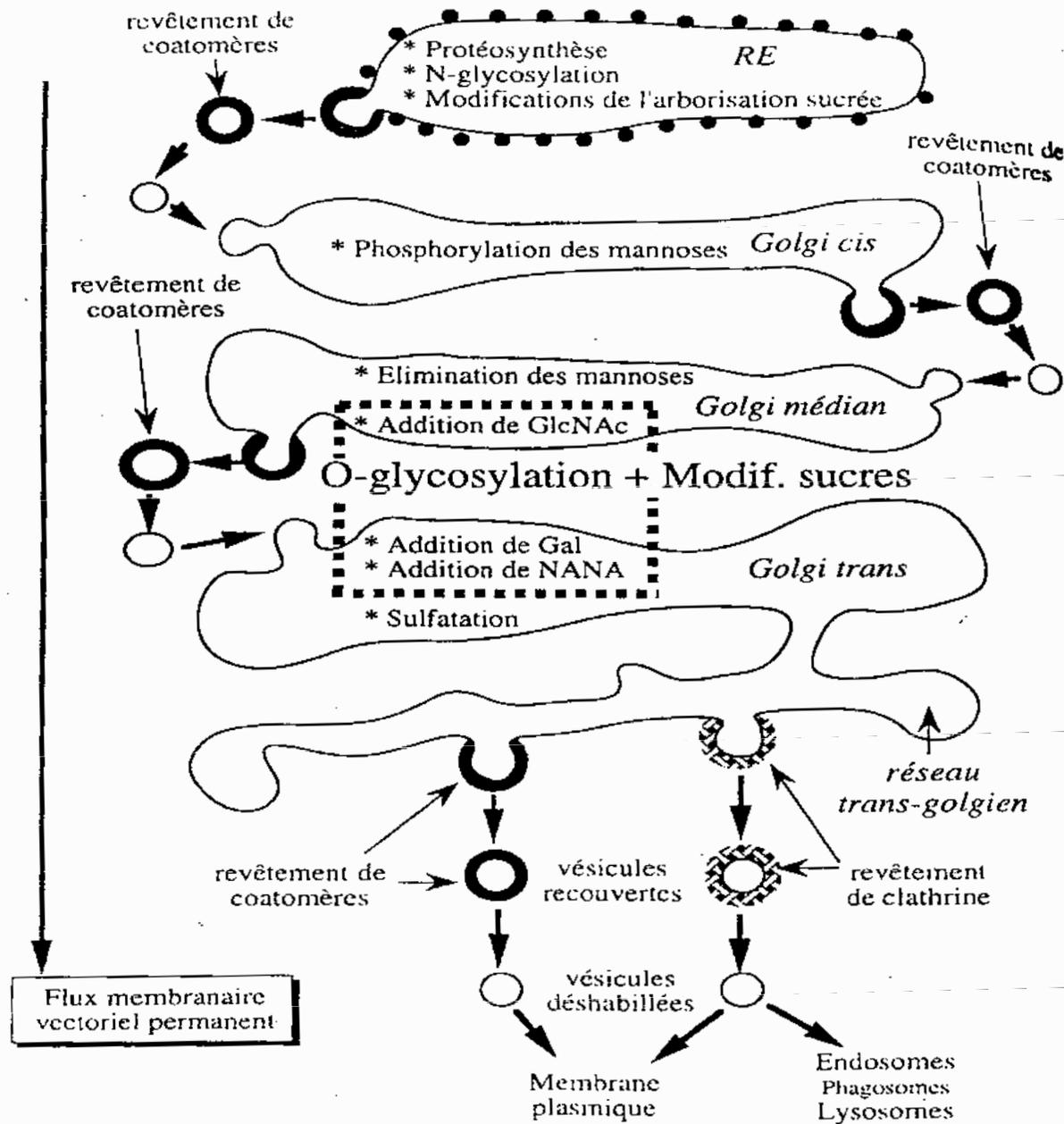
Relâchement de la trame de paroi

P-ATPases : acidification du compartiment paroi => augmentation des activités glycanases, et des transférases. Diminution des liaisons covalentes, rupture des liaisons ioniques et déplacement du Ca⁺⁺ (relâche la cohésion pectique)

Dans le RER, les polypeptides sont « maturés » par des enzymes (P61)

- Un ensemble de **modifications post-traductionnelles** impliquant les fonctions libres des acides aminés:
 - Amidation: $\text{COOH} / \text{CO-NH}_2 \Rightarrow \text{OCNH}$
 - Phosphorylation
 - Glycosylation
 - Synthèse des lipides
 - Protéolyse
 - Autres fonctions (voir schéma suivant)
- Les polypeptides trans-membranaires qui **restent associés** à la membrane du RE formeront les **protéines trans-membranaires**
- Ceux qui en sont **détachés** par clivage de leur partie membranaire (protéase) donneront des **protéines sécrétées**

p62

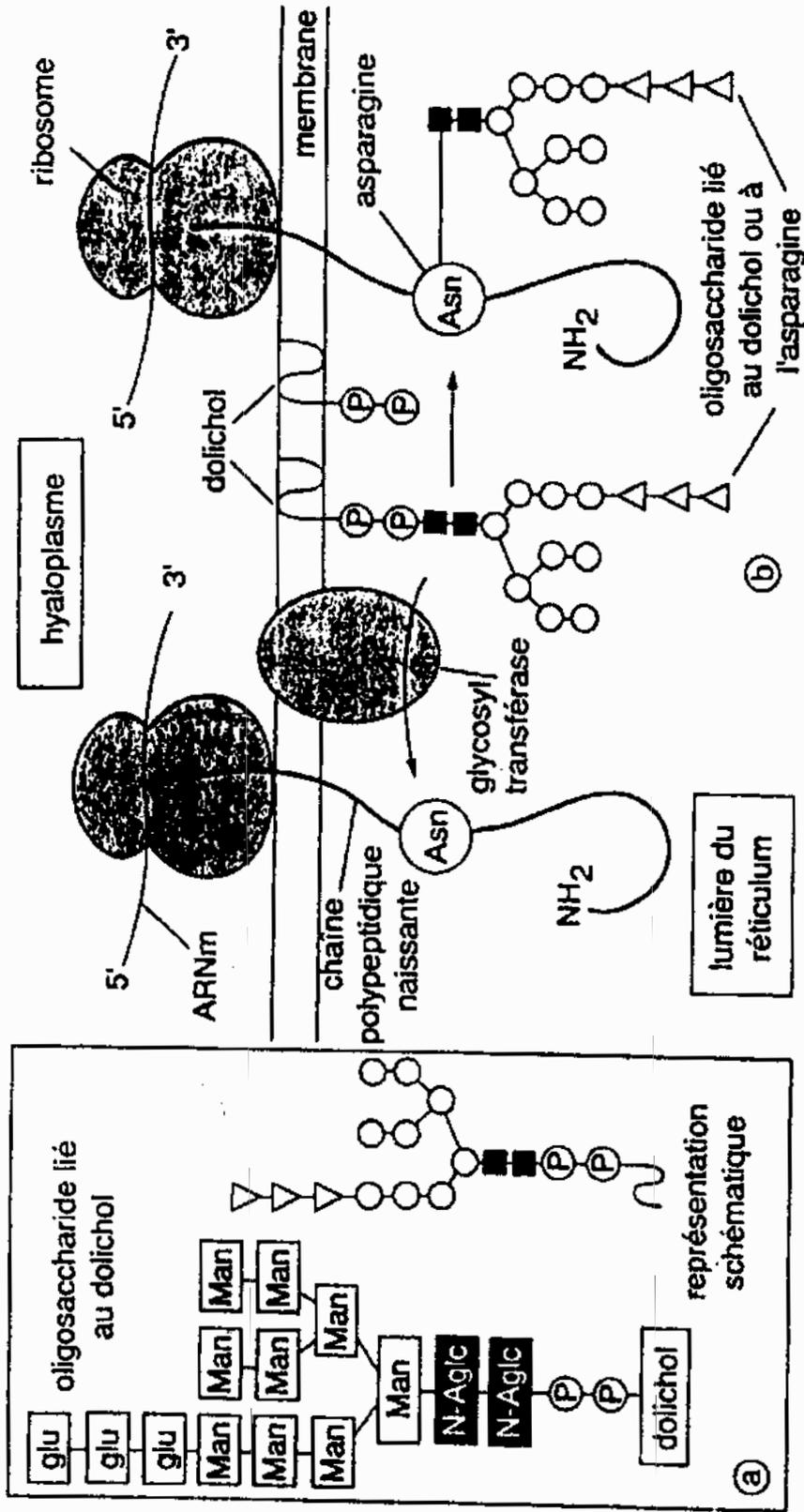


Glc Nac: N-Acétyl-glucosamine

NANA: Ac. Sialique (N-acétyl-neuraminique)

Gal: Galactose

glycosylation non sélective des protéines dans le RER

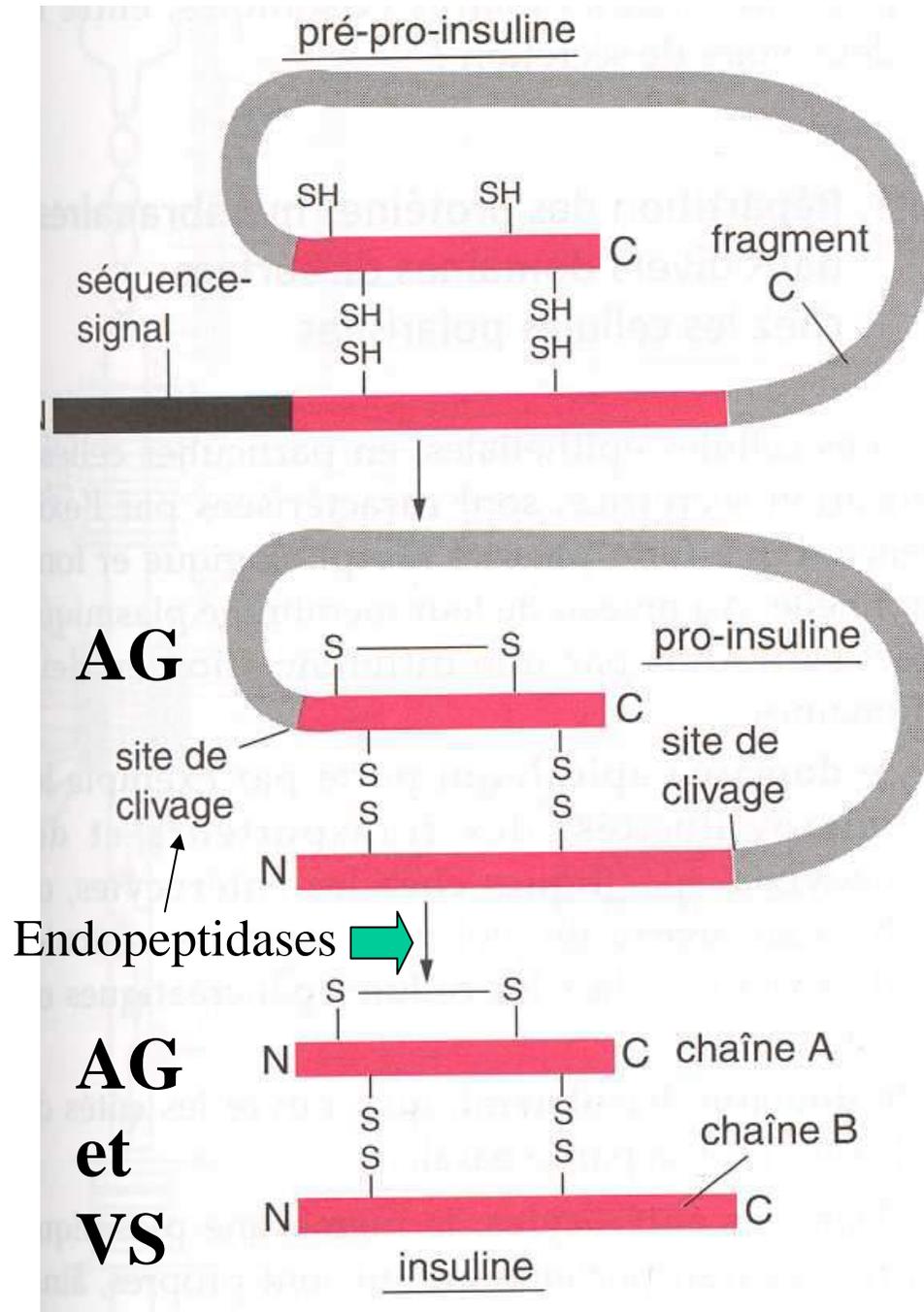


Glycosylation dans le réticulum endoplasmique rugueux (N-glycosylation)

(a) Motif oligosaccharidique greffé sur les résidus asparagine. (b) Principe de l'accrochage de ce motif à des protéines naissantes (mécanisme cotraductionnel) grâce aux glycosyl-transférases membranaires du réticulum.

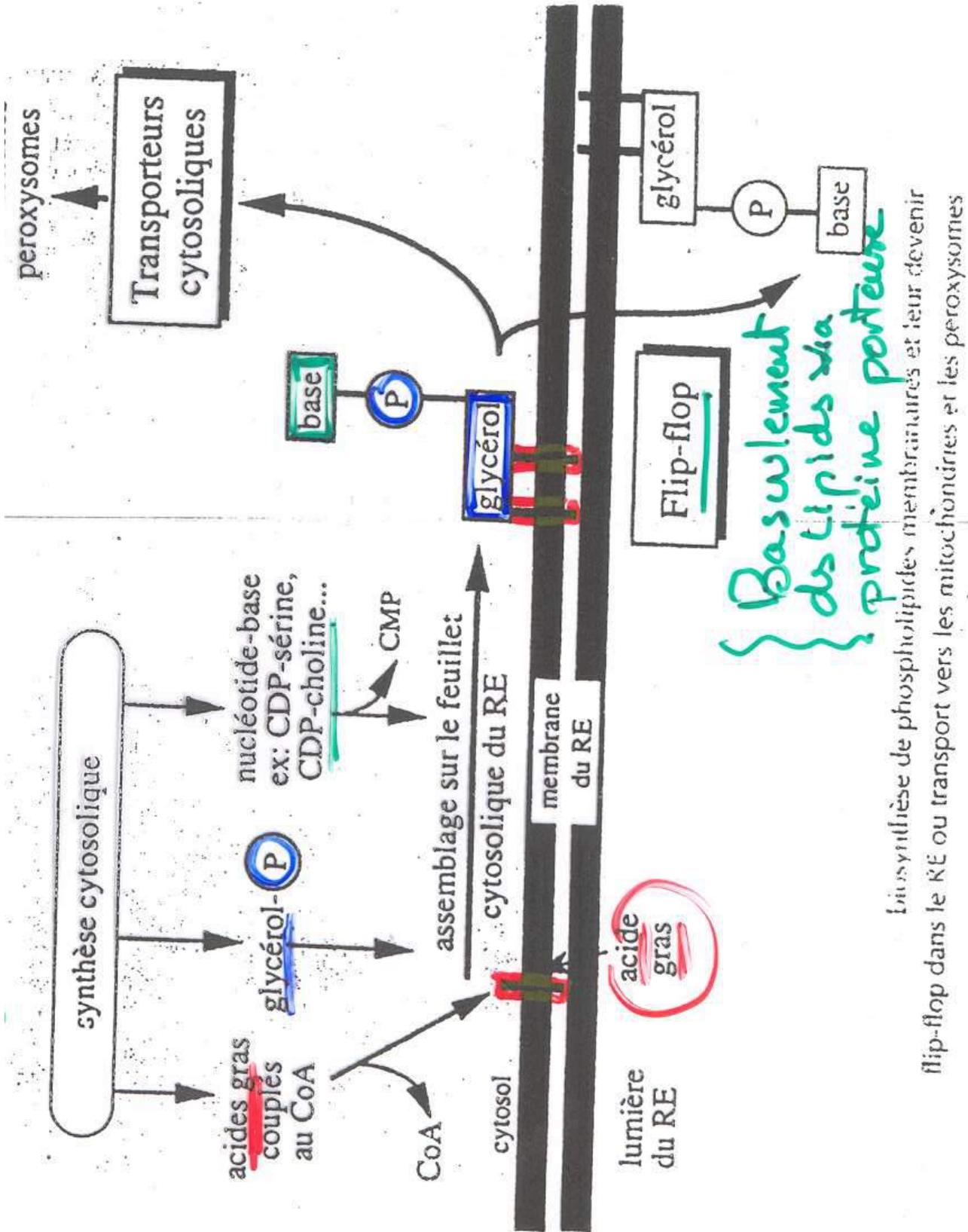
+ Maturation protéolytique
de l'insuline

+ Synthèse des
phospholipides / Flip-flop
(cytosol / lumière du RE)



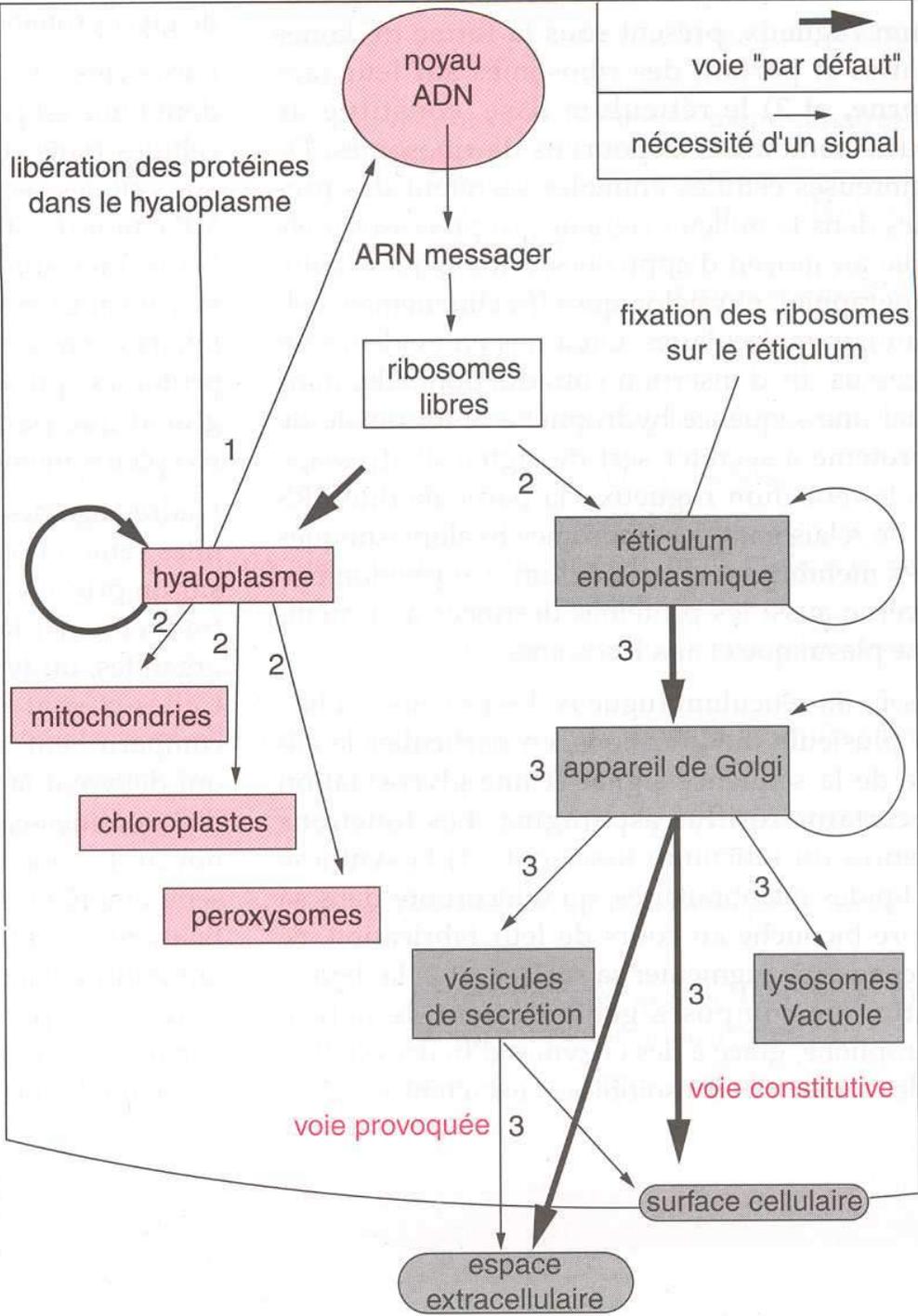
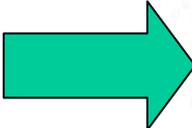
Forme de précurseur contenant une séquence d'a.a. terminale élaguée pendant le transfert dans le RE

Maturation
protéolytique de
l'insuline qui se
compose à l'état
mature de 2 chaînes
polypeptidiques reliées
par des ponts disulfures



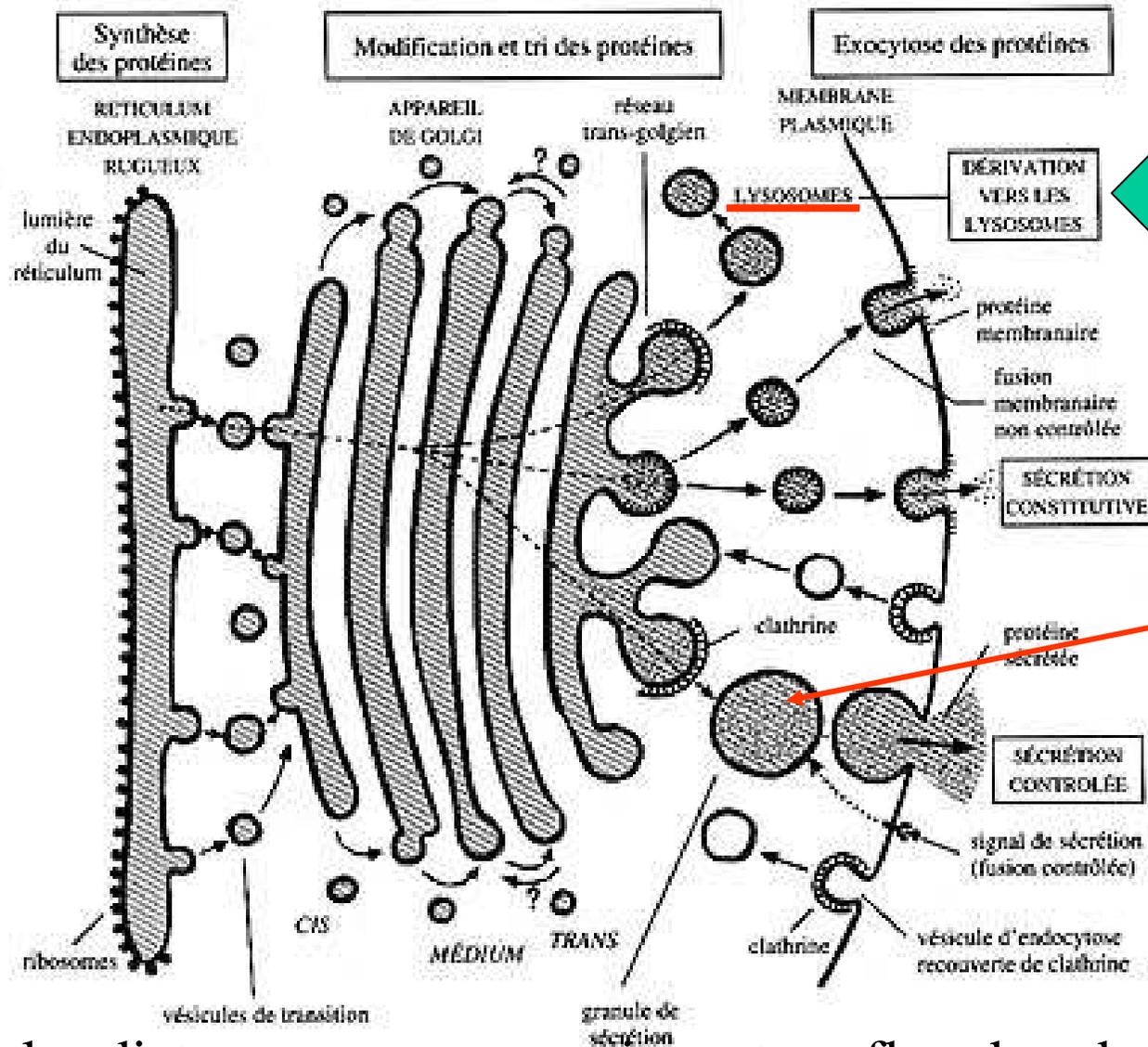
la synthèse de phospholipides membranaires et leur devenir
 flip-flop dans le RE ou transport vers les mitochondries et les peroxyssomes

Voies de circulation des protéines chez les cellules eucaryotes



Vision d'ensemble

(p63)

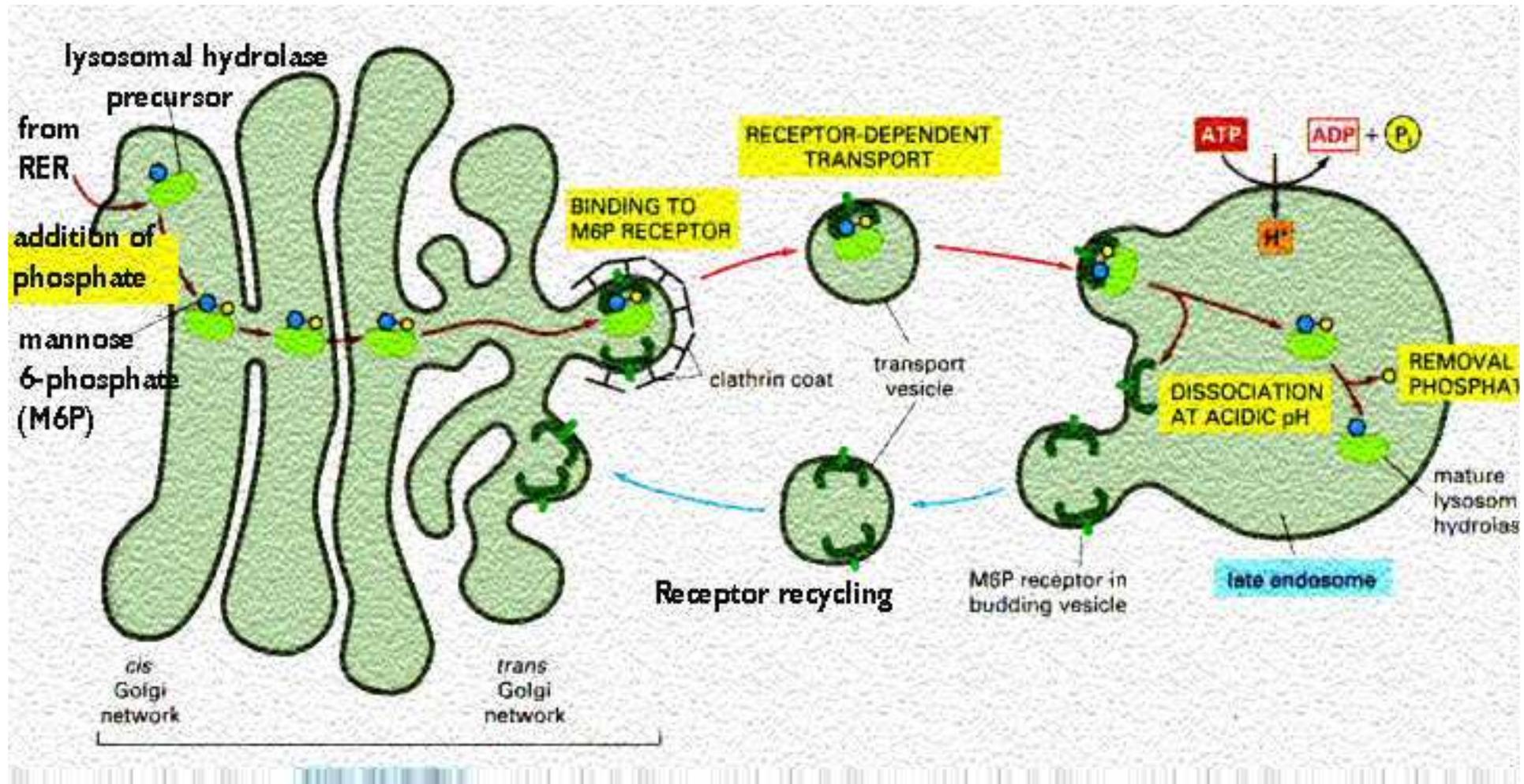


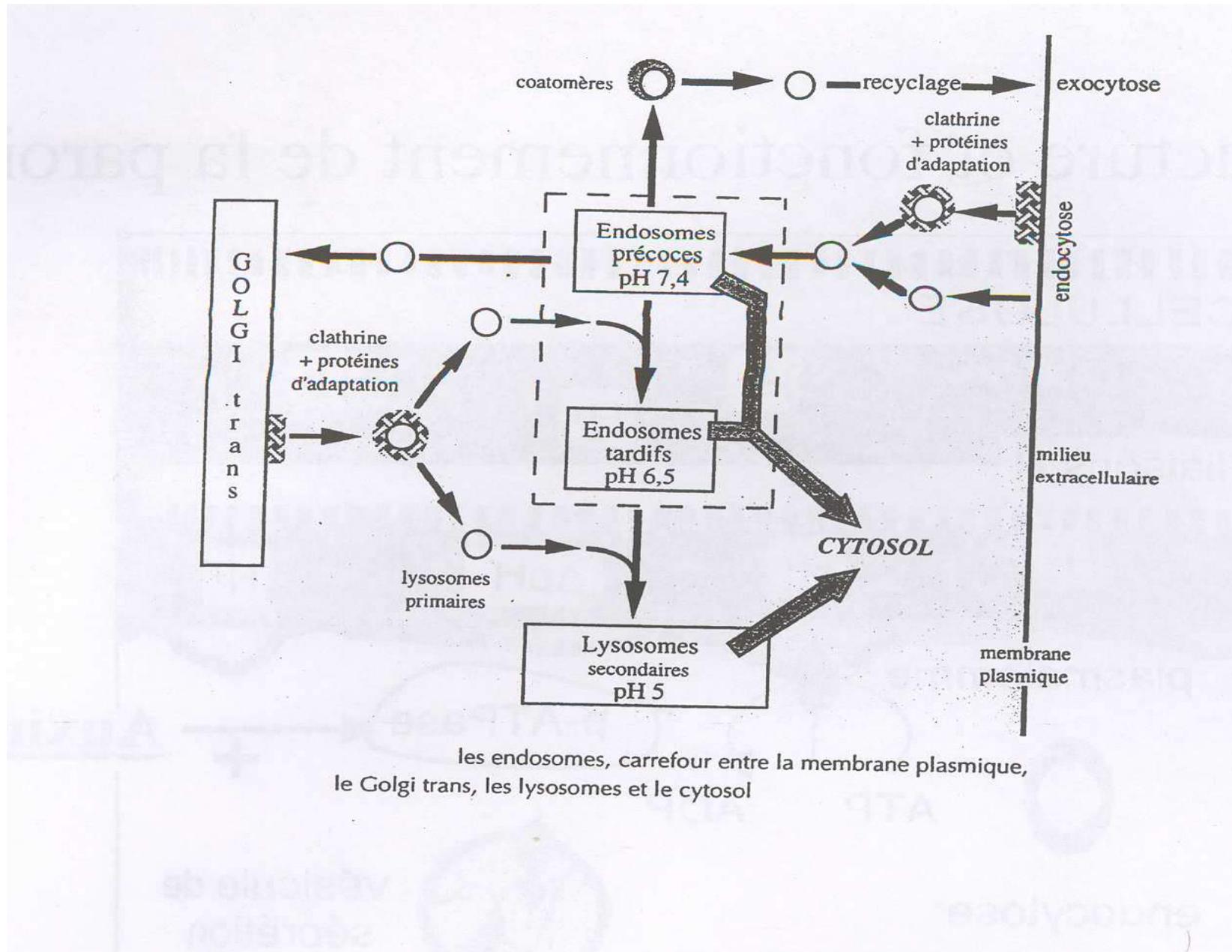
Importance des endosomes chez la cellule animale

Le RE et les dictyosomes communiquent => flux de substances (ex. Protéines qui vont subir une maturation avant d'être fonctionnelles)

Étapes conduisant à une vésicule lysosomale: (P63)

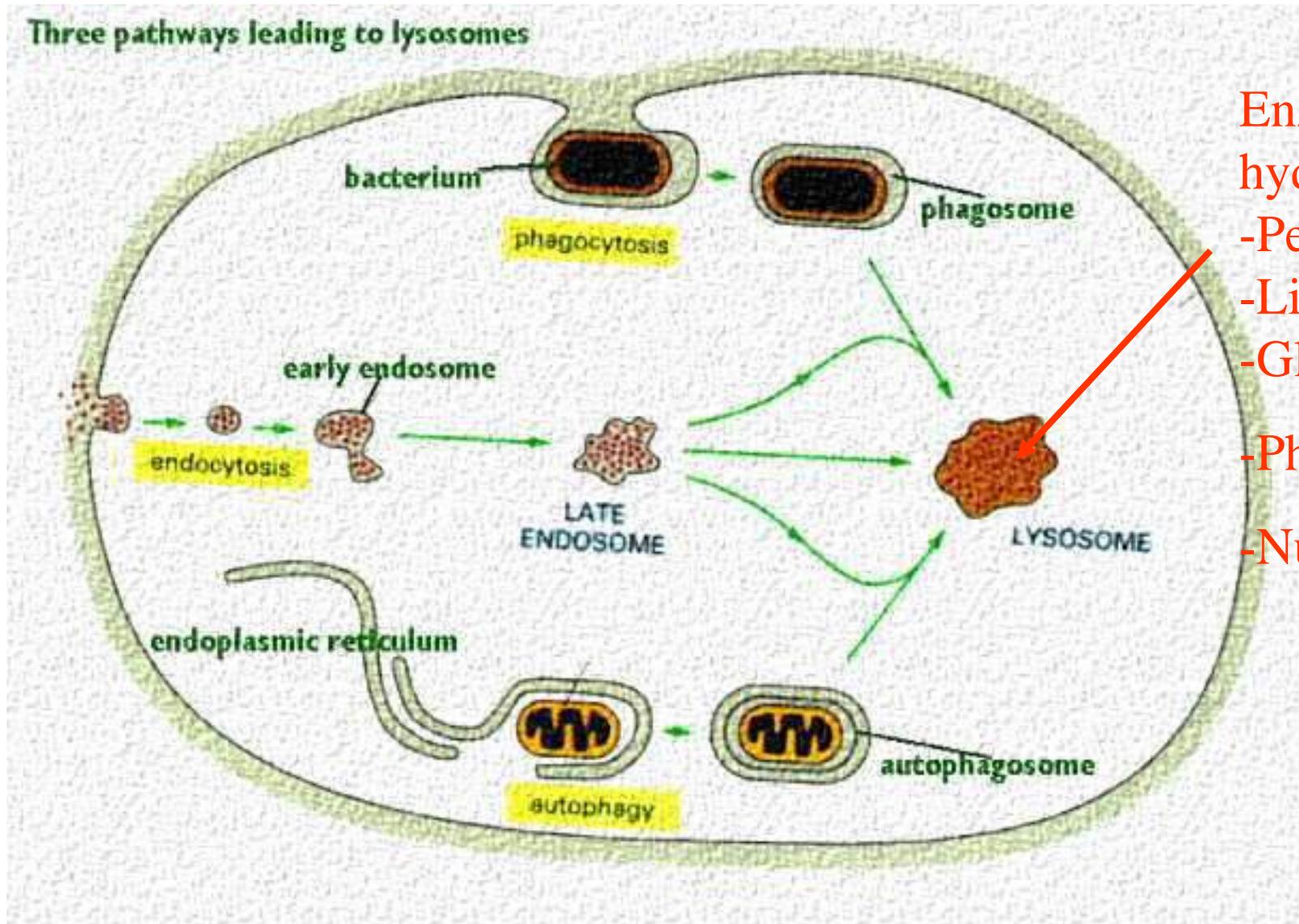
Un exemple de maturation/emballage/adressage



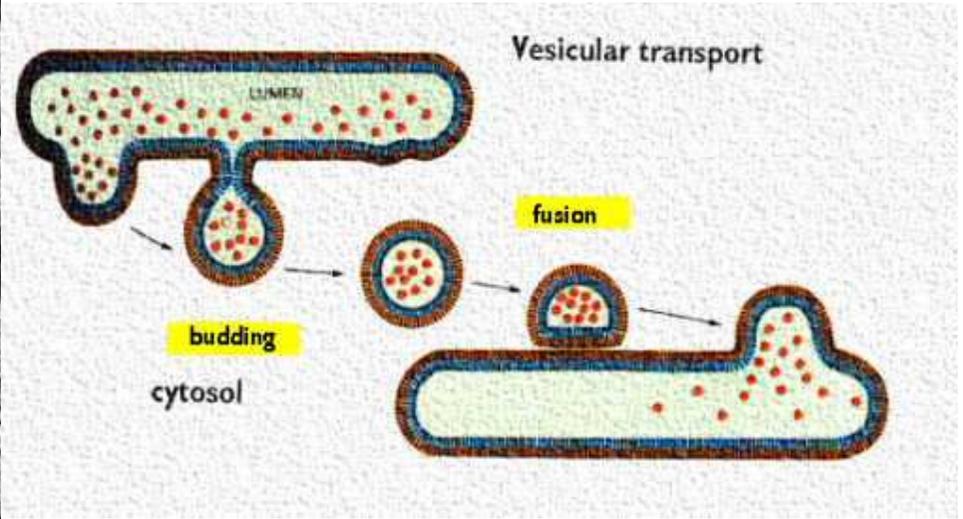
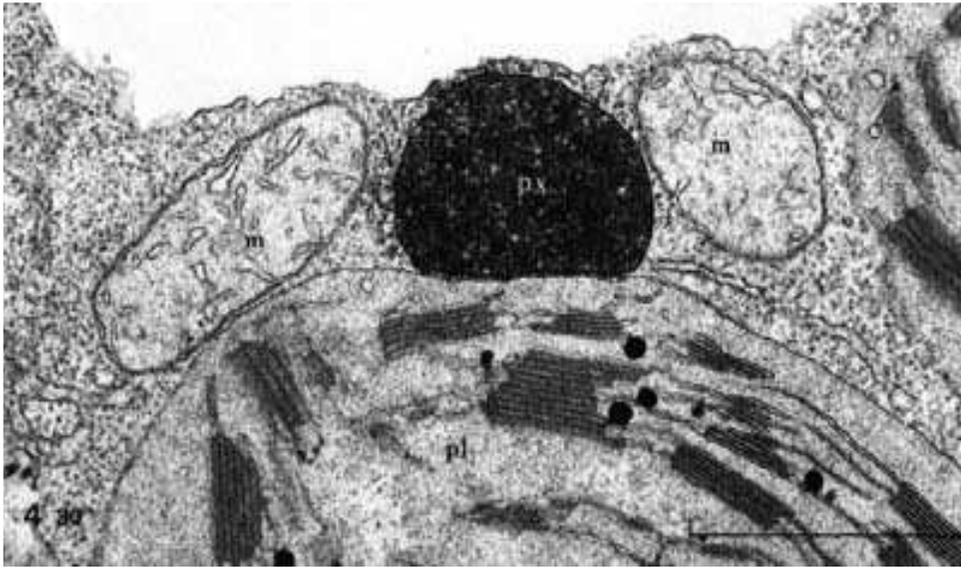


les endosomes, carrefour entre la membrane plasmique, le Golgi trans, les lysosomes et le cytosol

Les lysosomes: un estomac intra-cellulaire



Enzymes
hydrolytiques:
-Peptidases
-Lipases
-Glycosidases
-Phosphatases
-Nucléases



Fonction de protection:

- o Les **lysosomes** contiennent des **hydrolases** destinées à la *digestion intracellulaire*
- o Les **peroxysomes** contiennent du **peroxyde d'hydrogène**, dangereusement réactif, permettant *l'oxydation* de nombreux composés (**catabolisme**).

Fonction de trafic:

- o Vésicules de Transition RER – AG
- o Vésicules de **sécrétion**

5.2 Réticulum endoplasmique rugueux et lisse, dictyosomes, vésicules et lysosomes

- Organisation générale et fonctions
- Parcours d'une protéine synthétisée par le RE et maturation
- Formation et fonction d'un lysosome
- Adressage d'une protéine au lysosome

5.3 Vacuole de la cellule végétale : Origine, structure et Fonctions

- Rôles principaux
- Turgescence et plasmolyse
- Protéines tonoplastiques
- Échanges entre le cytoplasme et la vacuole
- Synthèse du saccharose

5.4 Mitochondries : structure et fonctions

5.5 Chloroplastes: Structure et fonctions

5.6 Hyaloplasme et métabolisme primaire

Exemples : Rôles des « vésicules » dans la cellule végétale

-Fonctions de la vacuole: pression de turgescence, stockage, échanges, glycosylation, synthèse du saccharose
p 65 à 67

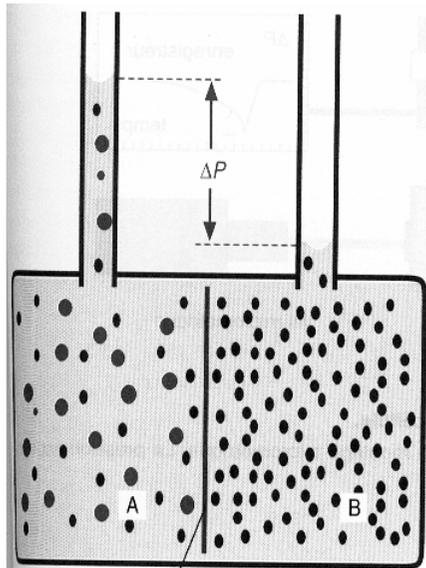
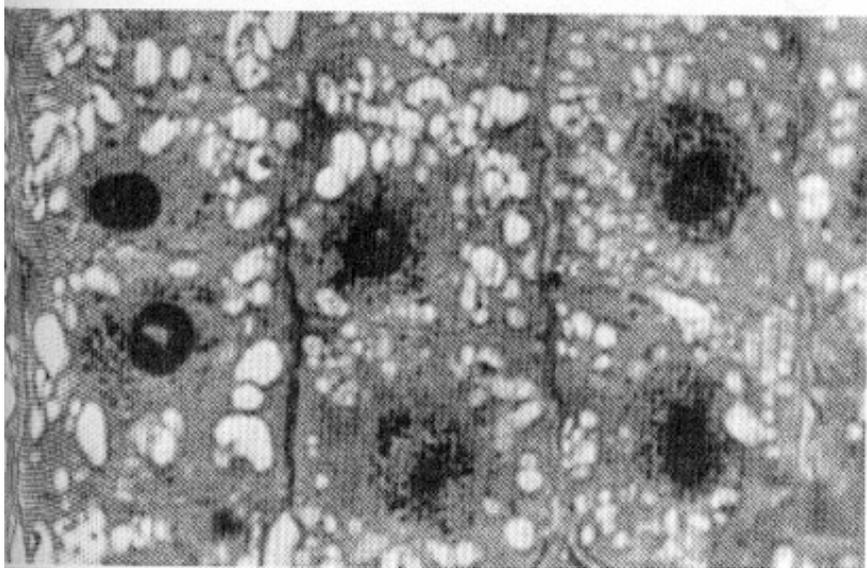
-Adressage des ATPases à la membrane plasmique pour réguler le pH de l'espace pariétal (paroi cellulaire)
p 64

La vacuole :

Une compartimentation polyfonctionnelle

- 1- **Homéostasie cytoplasmique**: régulation du pH, équilibre hydrique, équilibre hormonal, régulation carbonée (?)
- 2- **Grandissement cellulaire** et morphogenèse: par turgescence, la vacuole possède une fonction motrice et régulatrice de croissance
- 3- **Stockage, catabolisme et restitution** pour la cellule: mise en réserve de glucides, protéines, acides organiques et acides aminés; elle contient des enzymes digestives qui dégradent les substrats macromoléculaires; tanins et oxalate de Ca^{++} sont pour partie réutilisables ...
- 4- **Détoxification cellulaire et défenses** contre les parasites et herbivores: accumulation de déchets internes par opposition au système d'excrétion des cellules animales; vie dangereuse de la cellule végétale; le contenu vacuolaire détermine les propriétés organoleptiques des aliments, les interactions plantes/insectes et plantes/micro-organismes, la couleur des fleurs, ...

Vacuole(s)



$$\Delta\pi = \pi_A - \pi_B \quad \Delta P = P_A - P_B$$

Plasmolyse et turgescence.

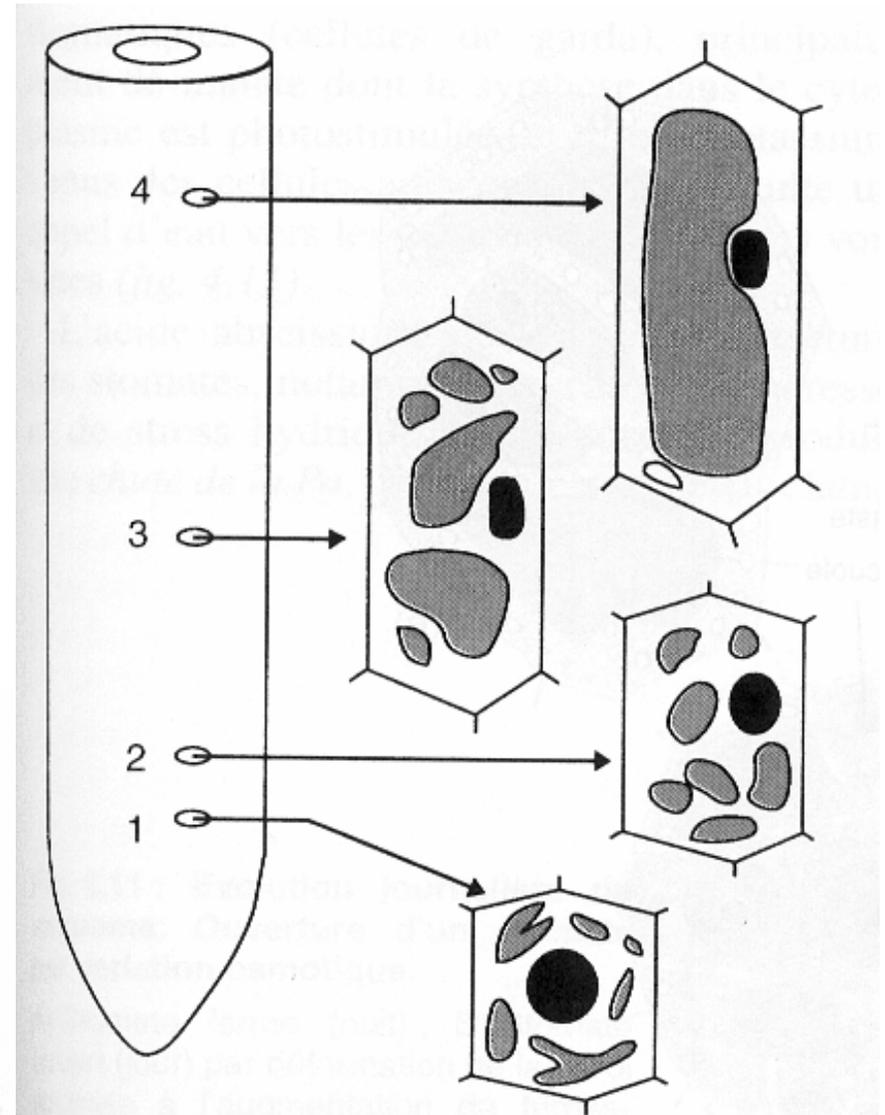
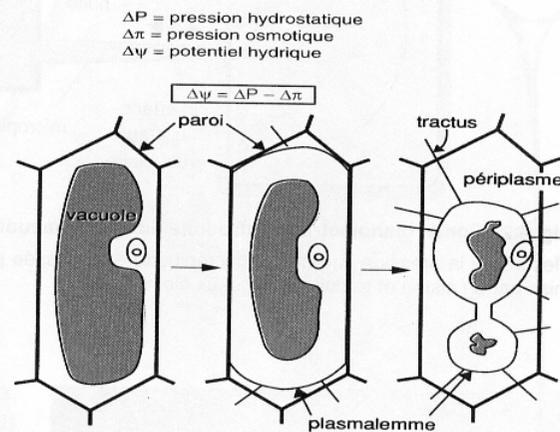
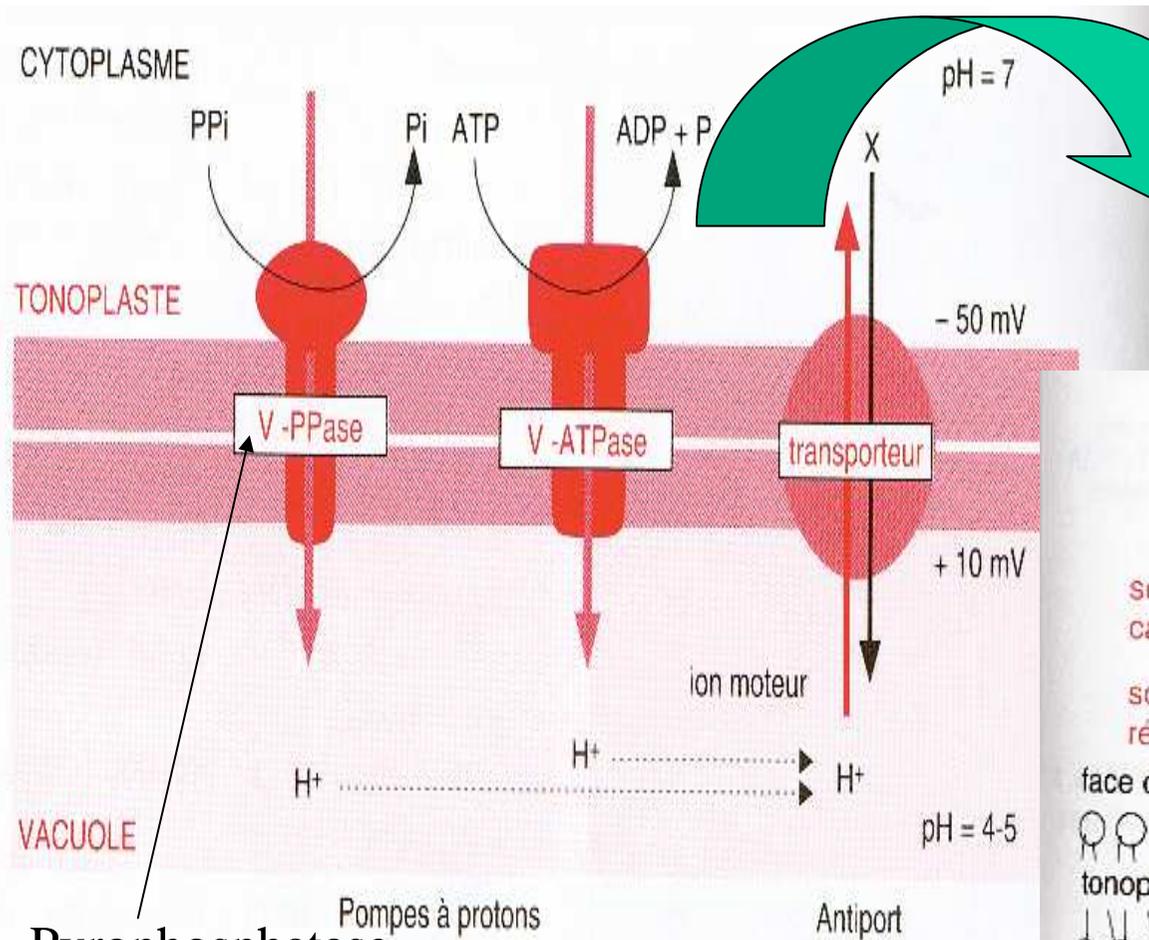


Fig. : Grandissement progressif et fusion des vacuoles dans les cellules en élongation.



Pyrophosphatase vacuolaire (5 à 10% des protéines du tonoplaste)

Transporteurs spécifiques (Ca⁺⁺, glucides, a. organiques)

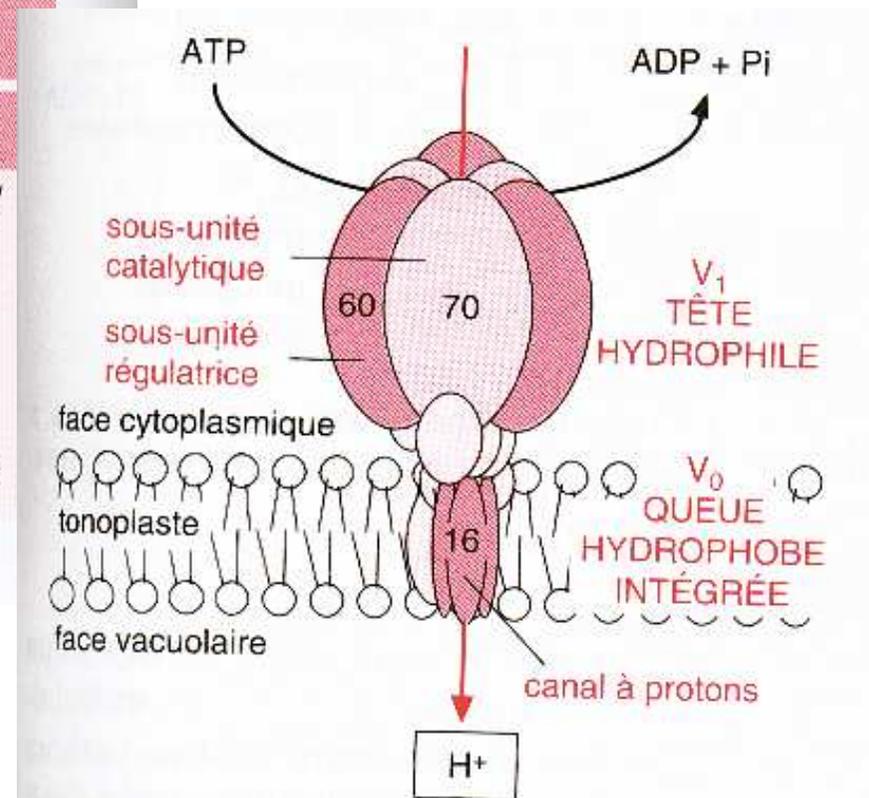


Fig. 4.52 : Structure de la V-ATPase sur le tonoplaste.

Complexe protéique de 400 à 650 KDa

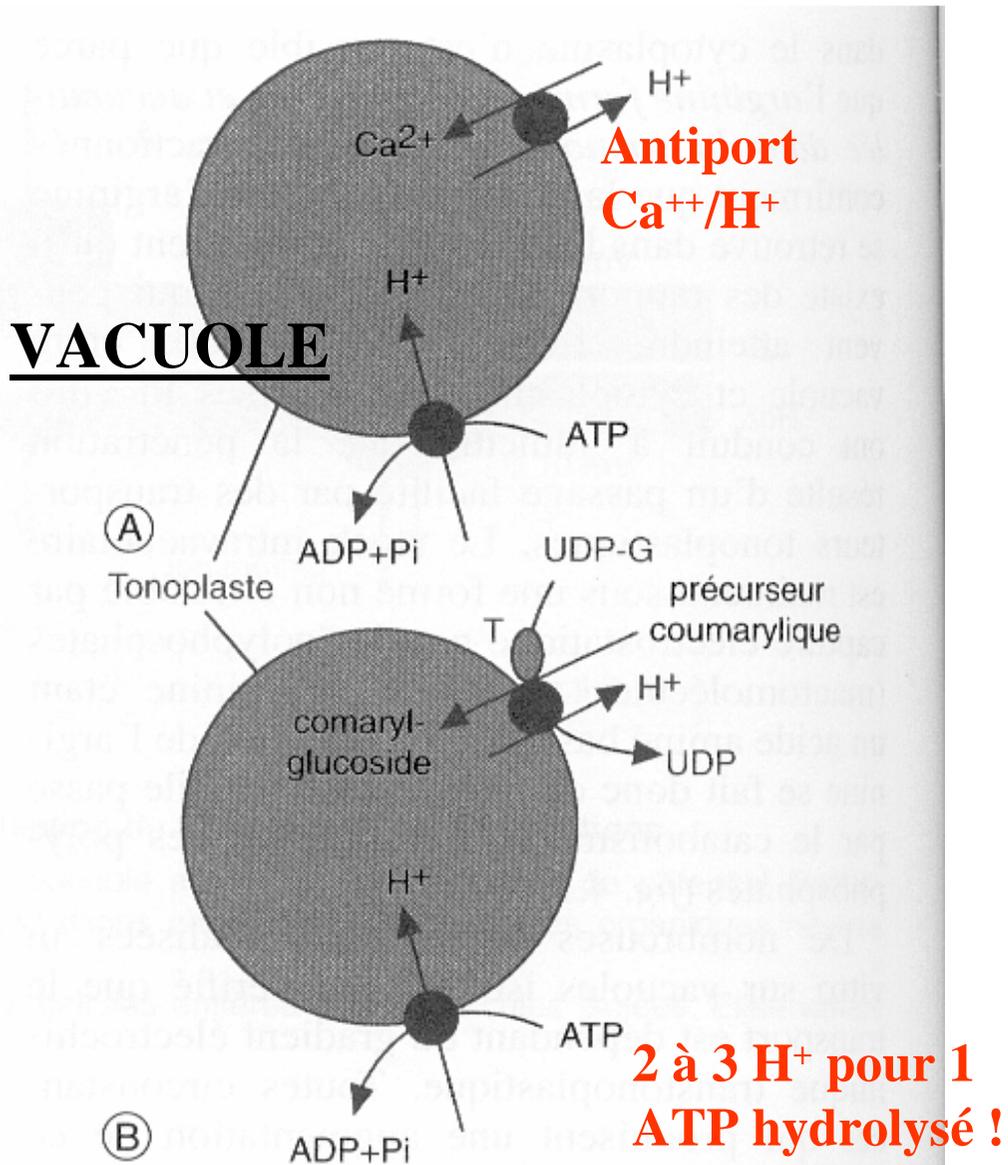


Fig. 4.57 : Exemples de couplage de l'activité V- H^{+} ATPase à des transports tonoplastiques.

A) Entrée de calcium. Antiport $\text{Ca}^{2+}/\text{H}^{+}$; B) Entrée d'un précurseur coumarylique. Glycosylation sur la face externe et transfert de l'hétéroside. T, UDP-glucosyltransférase.

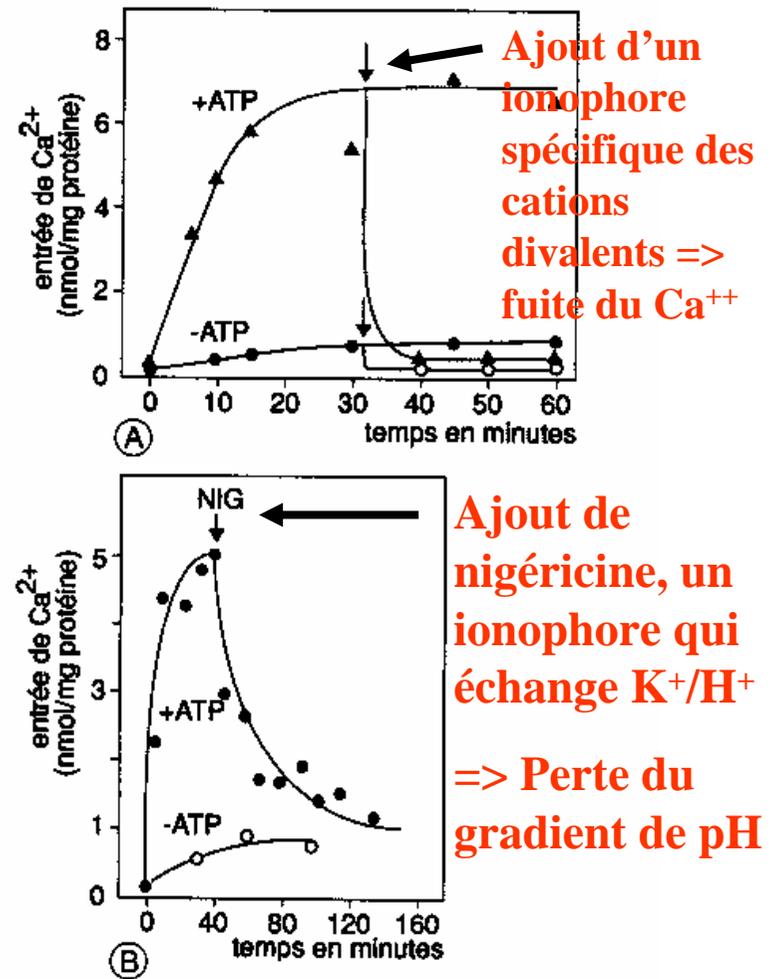


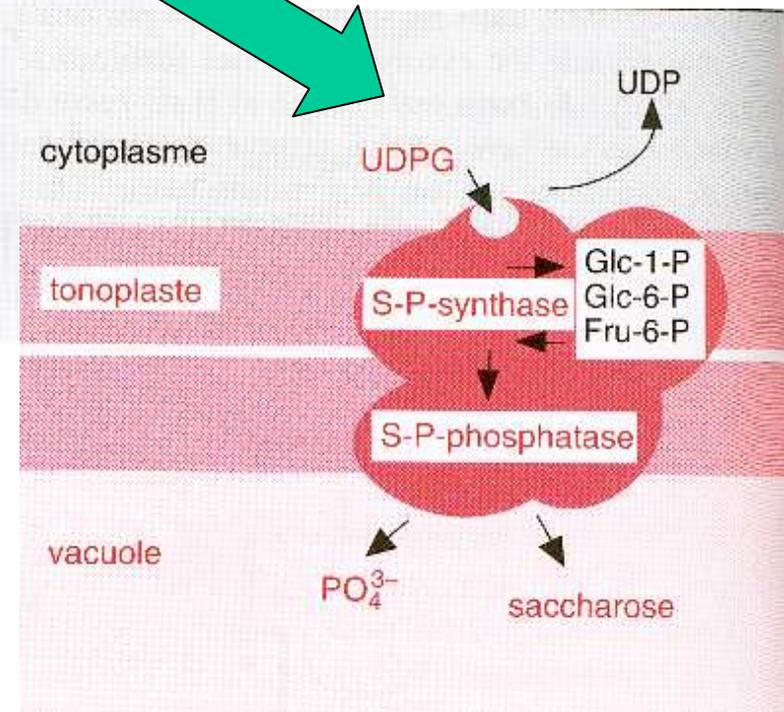
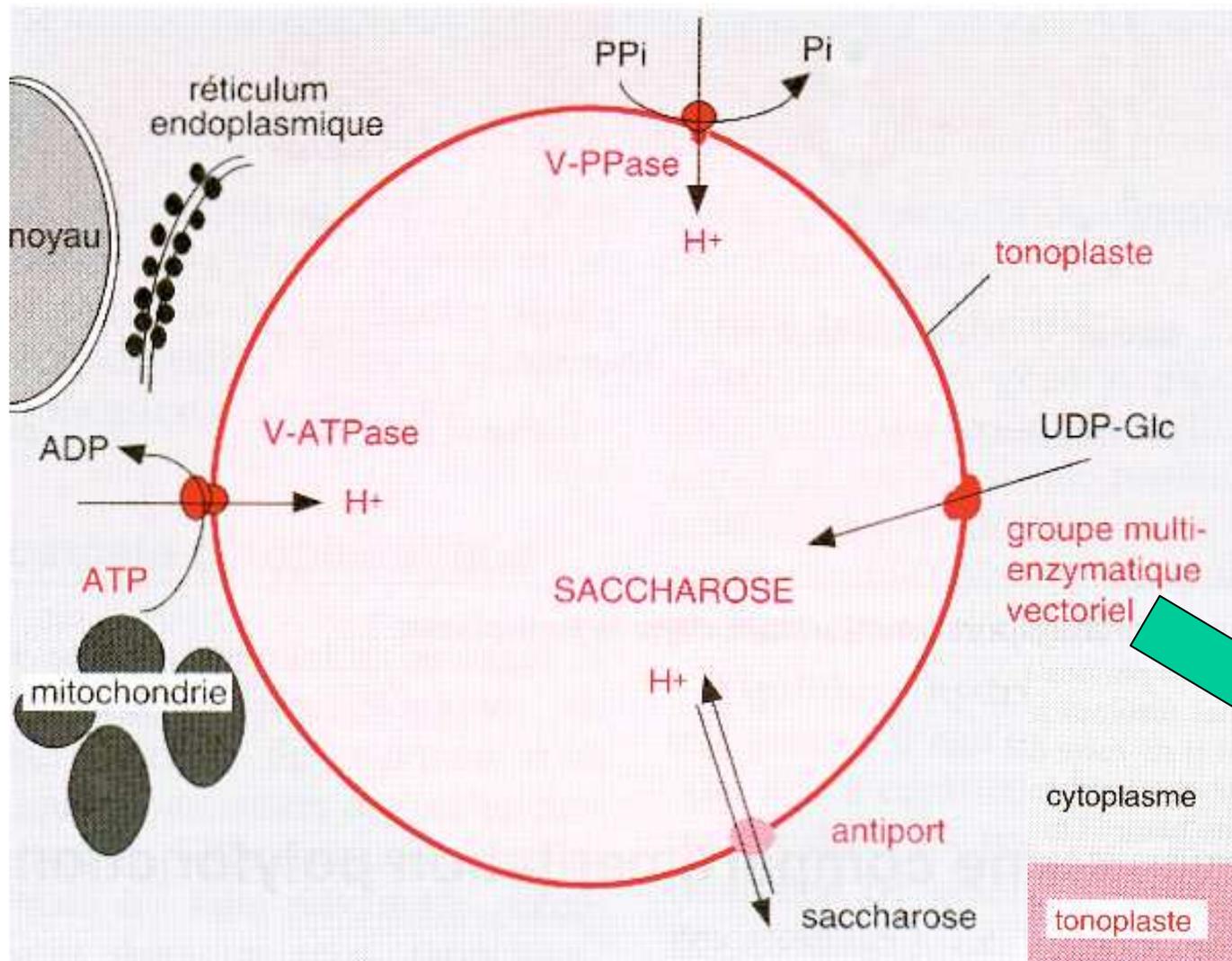
Fig. : Entrée du calcium dans des vésicules de tonoplaste isolées.

A) Stimulation par l'ATP. Au bout de 30 minutes (flèche) un ionophore spécifique des cations divalents est ajouté au milieu : il perméabilise la membrane et provoque une fuite du Ca^{2+} .

B) Dépendance du gradient de pH. La nigericine (NIG) est un ionophore qui échange K^{+} pour H^{+} et disperse le gradient de pH. Ajouté au milieu (flèche), il produit immédiatement une chute du Ca^{2+} .

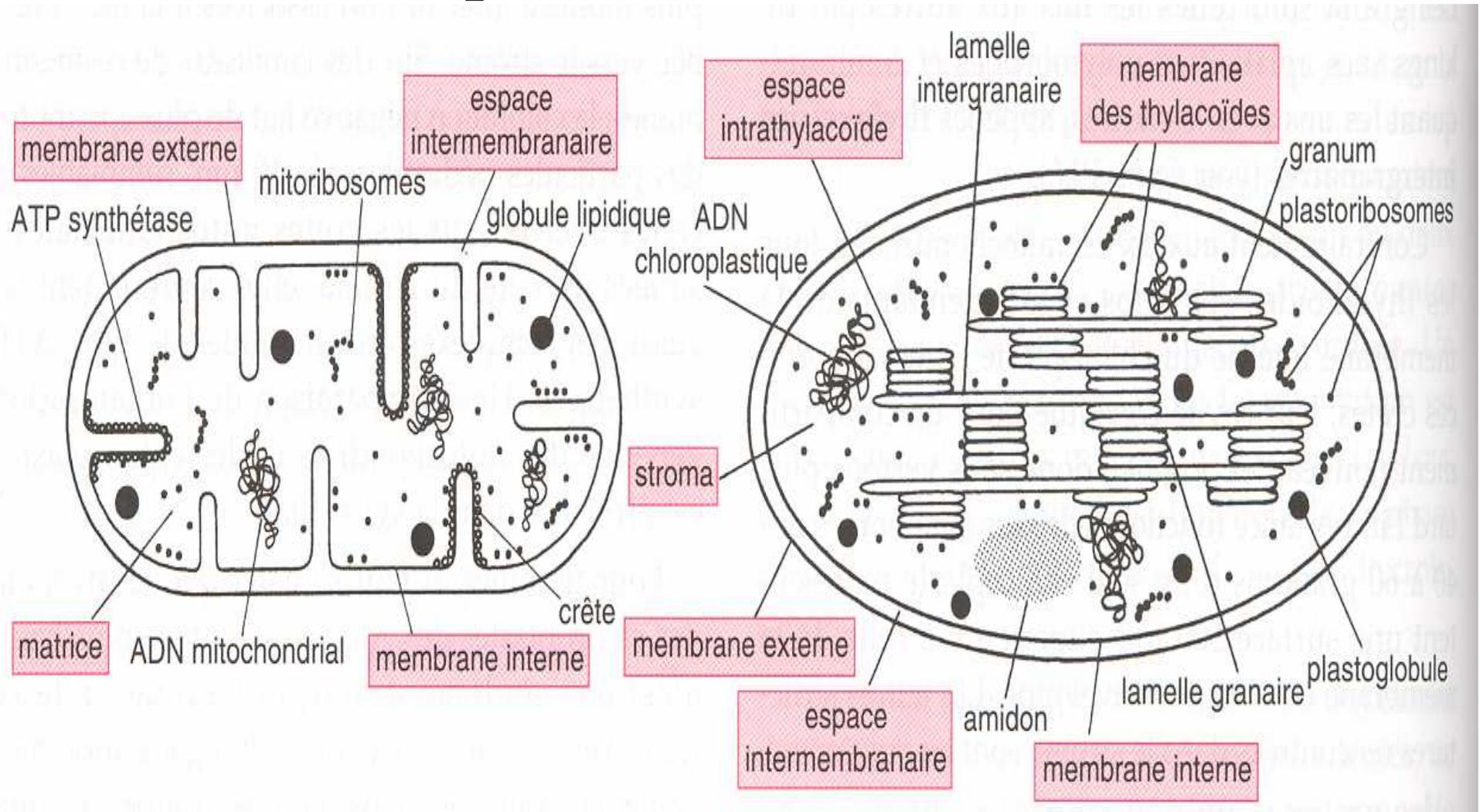
(Racine d'avoine)

(D'après K. Schumaker et H. Sze.)



Régulation du saccharose
(disaccharide = glucose + fructose)

Comparaison structurale



Mitochondrie

Chloroplaste