

SAHLA MAHLA

المصدر الأول للطلاب الجزائري



Evolution et Adaptation des microorganismes (bactéries)

M1 Biotech. Microb.

Définitions

SAHLA MAHLA

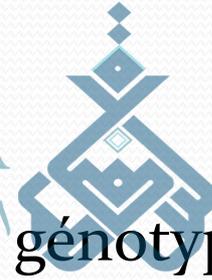
المصدر الأول للطالب الجزائري



- **Evolution:** Changement des propriétés génétiques des populations et des espèces au fil des générations par (mutation ou sélection naturelle)
- **Adaptation:** Une caractéristique d'un organisme qui améliore sa croissance et sa multiplication et qui a évolué par sélection naturelle.

NOTIONS D'ÉCOLOGIE ÉVOLUTIVE

SAHLA MAHLA



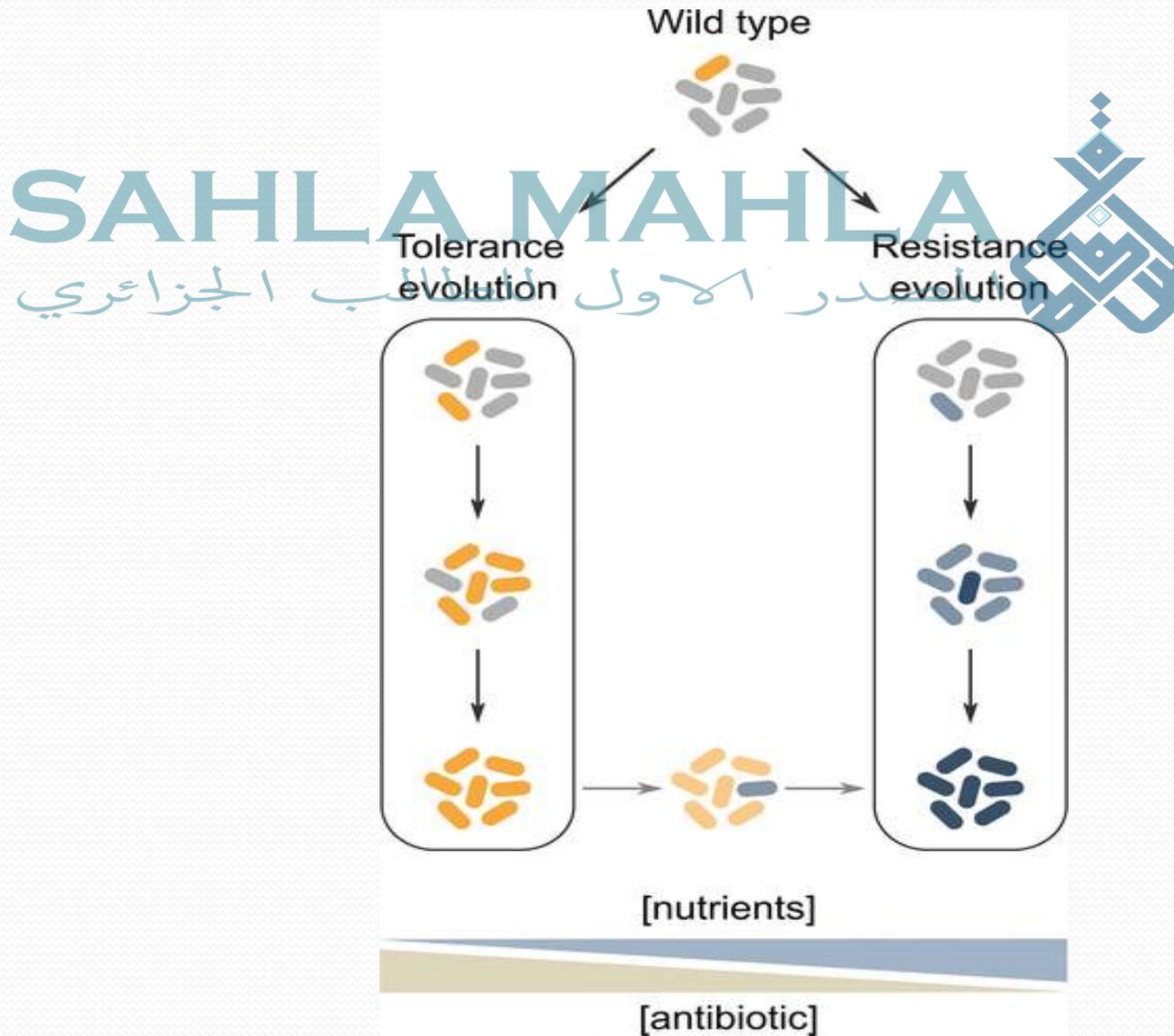
- Le phénotype est l'expression extérieure du génotype d'un individu
- Les individus peuvent réagir à leur environnement et améliorer leur **FITNESS**

- La **valeur sélective (succès reproducteur) = valeur adaptative** ou **fitness** : un concept en théorie de l'évolution et de la biologie évolutive.
- Elle décrit la capacité d'un individu d'un certain **génotype** à se reproduire.

Fitness ou valeur sélective

- En génétique des populations, la valeur sélective d'un génotype est une mesure du succès reproducteur.
- Cette mesure est effectuée en comptant le nombre de descendants viables et fertiles que produit en moyenne chaque individu de ce génotype à la génération suivante.

Fig : Conceptual model of tolerance and resistance evolution in different antibiotic treatment conditions.



La plasticité génotypique/phénotypique

SAHILA MAHILA
المصدر الأول للطالب الجزائري



- permet aux individus de s'adapter aux changements environnementaux

variation génétique / fitness

SAHLA MAHLA



La variation génétique au sein d'une population est absolument nécessaire pour que la **sélection naturelle** se produise

Si tous les individus sont identiques au sein d'une population, leur fitness sera la même

Sources de variation génétique

- **Mutation**: modification héréditaire d'un gène ou d'un chromosome

- nombreux types différents de mutations:

- des mutations ponctuelles
- des réarrangements
- la transposition d'éléments mobiles d'un site du génome à un autre.
- Certaines mutations provoquent des changements majeurs dans le phénotype d'un organisme;



المصدر الأول للطالب الجزائري

Sources de variation génétique

Recombinaison génétique

SAHLA MAHLA



Reproduction sexuée: (conjugaison): deux individus combinent deux brins d'ADN

- Réassortiment de gènes fournis par deux parents dans la progéniture
- Augmente considérablement la variation au sein d'une population en créant de nouvelles combinaisons de gènes existants.

Reproduction asexuée : moindre variation (seulement la mutation)

L'adaptation résulte de la sélection naturelle sur la variation héréditaire des traits qui affectent la capacité évolutive

- **L'évolution** concerne tout changement dans le pool génétique d'une population.
- Lorsque des facteurs génétiques entraînent des différences entre les individus en termes de survie et de succès reproductif, le changement évolutif se produit par sélection naturelle.
- Les individus dont les traits leur permettent d'atteindre des taux de reproduction plus élevés laissent plus de descendants et, par conséquent, les allèles responsables de ces traits augmentent dans le pool génétique de la population.
- Le processus est souvent appelé **adaptation**.



La plasticité phénotypique permet aux individus de s'adapter aux changements environnementaux



Le matériel génétique des bactéries est en **perpétuelle évolution**

Cette évolution peut avoir lieu au sein d'une même bactérie: on constate **des réarrangements du matériel génétique:**

- Se produisent lors de la division bactérienne.
- Leurs causes sont multiples :
 - délétions (élimination de segments d'ADN);
 - duplications (segments d'ADN copiés en plusieurs exemplaires);
 - inversions (changement de sens).

Le matériel génétique des bactéries est en perpétuelle évolution

- ❑ Cette évolution est aussi la conséquence d'échanges de matériel génétique entre bactéries différentes.
- ❑ Grâce à ces échanges du matériel génétique nouveau est introduit dans les bactéries hôtes qui acquièrent ainsi des propriétés nouvelles.

Les échanges génétiques s'effectuent par transferts horizontaux (transformation, conjugaison, transduction...)

Echange de l'information génétique chez les bactéries

SAHLA MAHLA

المصدر الأول للطالب الجزائري



Ces transferts (ADN) bactérien doivent être suivis de **recombinaison génétique dite légitime** (s'il provient d'une même espèce ou d'une espèce voisine).

- Dans d'autres circonstances, l'ADN peut ne pas se recombinaison

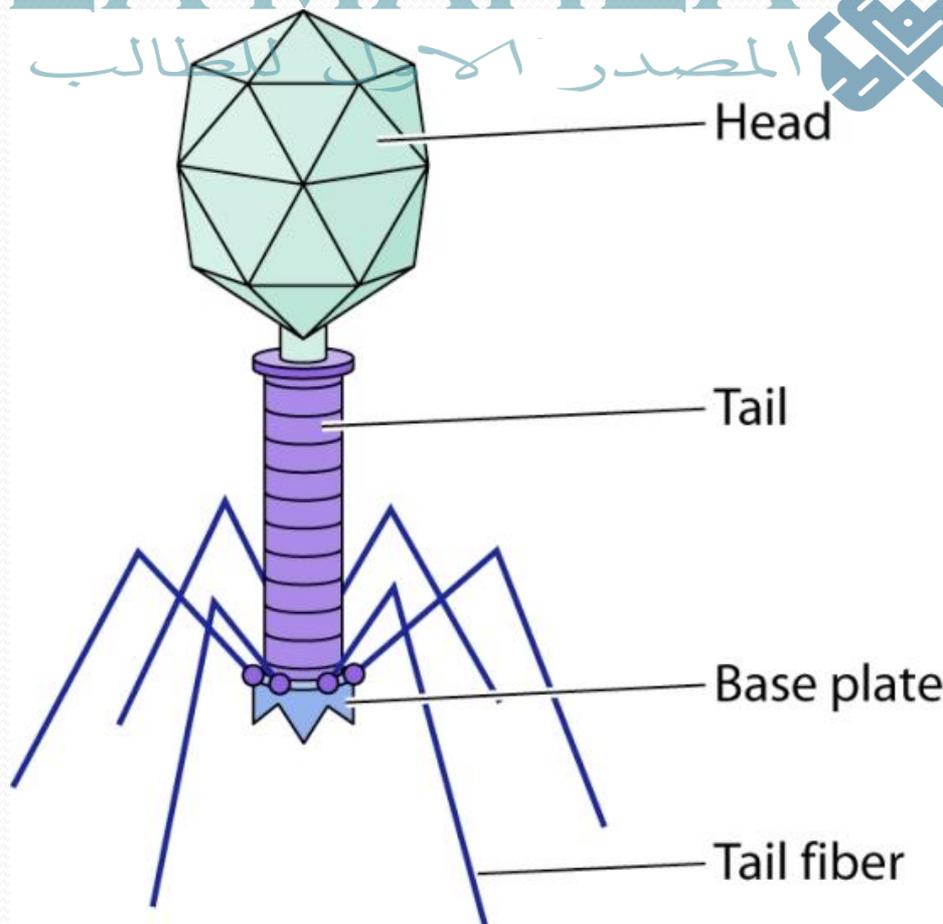
La transduction

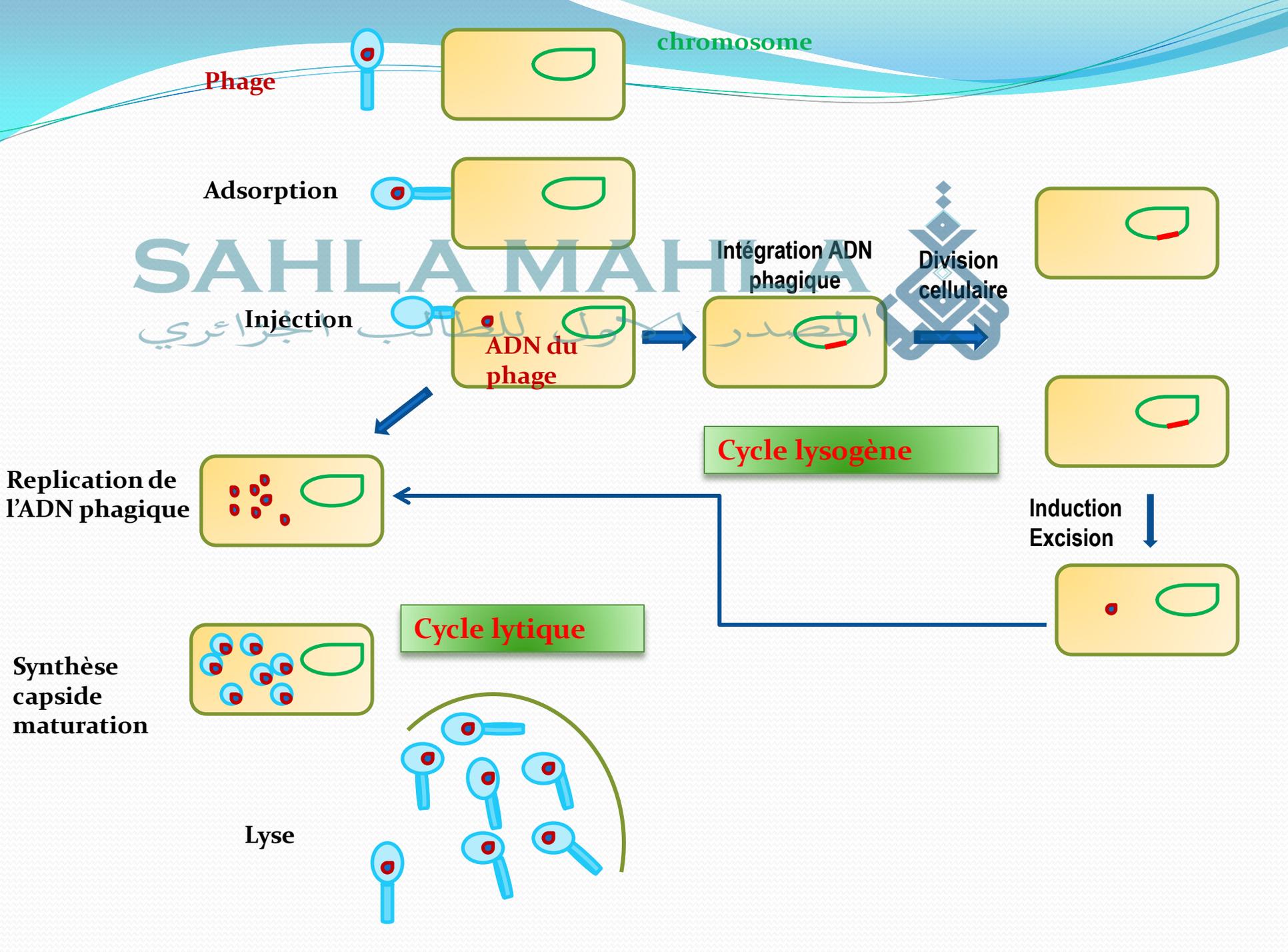
- C'est le transfert de matériel génétique d'une bactérie à une autre par l'intermédiaire de bactériophages.
- Ces molécules s'insèrent dans le chromosome bactérien et deviennent partie intégrante du patrimoine génétique de la bactérie infectée.

Les bactériophages sont constitués d'une molécule de matériel génétique protégée par une coque. Ils infectent des bactéries de façon très spécifique et peuvent dans certaines circonstances modifier le patrimoine héréditaire de la bactérie qu'ils infectent. Ils sont aussi le véhicule de matériel génétique qu'ils transportent d'une bactérie à une autre

SAHLA MAHLA

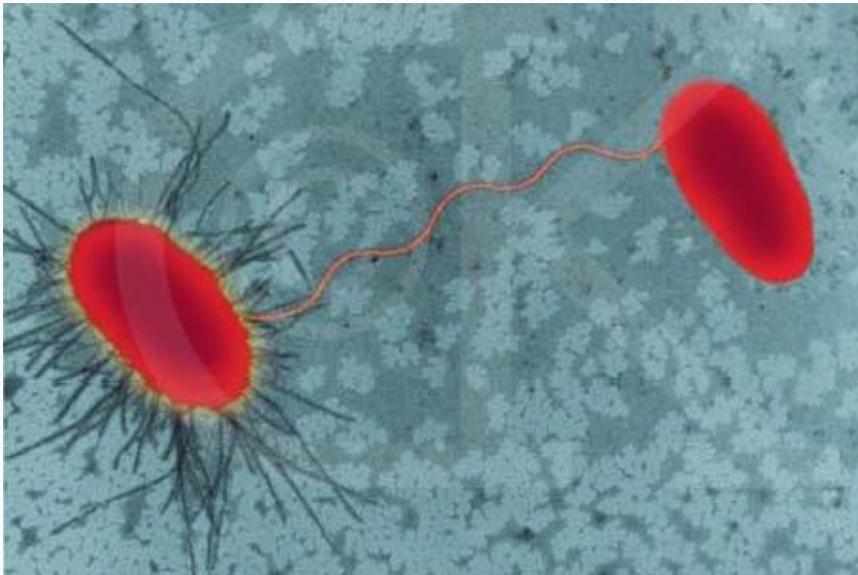
المصدر الأول للعالم الجزائري



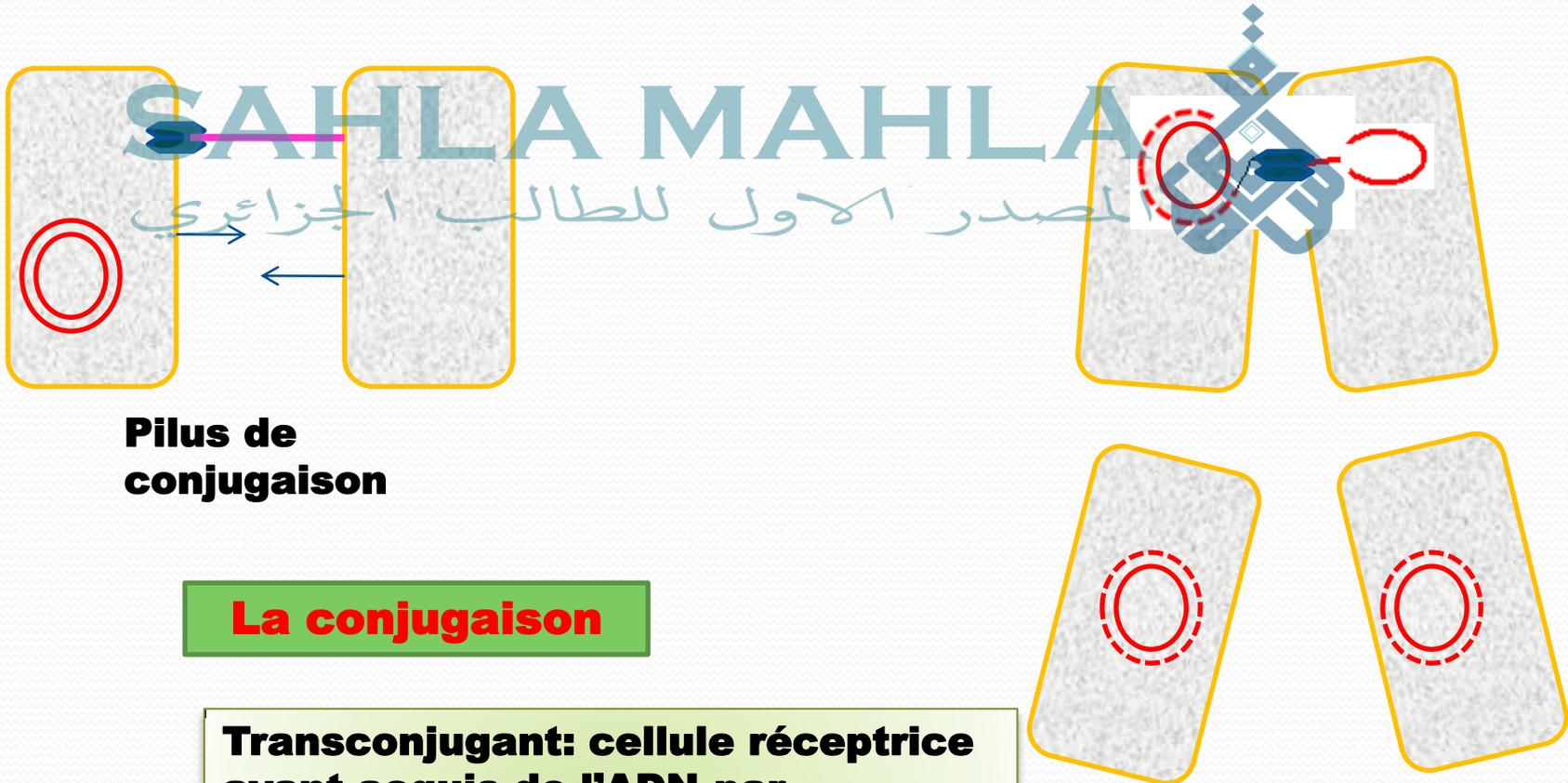


La conjugaison bactérienne

- Contact physique direct entre bactérie donatrice et bactérie réceptrice et un transfert d'ADN se fait via un pont cytoplasmique.
- Éléments génétiques codant pour la conjugaison : Plasmide conjugatif, transposon conjugatif
- Éléments génétiques transférés : Plasmides, éléments intégratifs et conjugatifs
- Transfert de l'ADN par un mécanisme de cercle roulant



La conjugaison bactérienne



Pilus de conjugaison

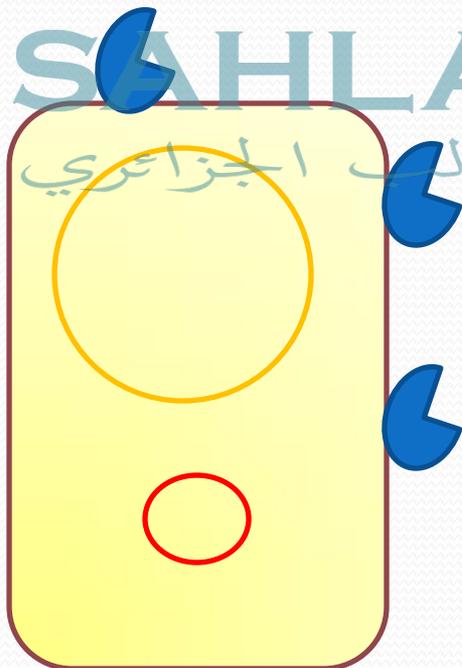
La conjugaison

Transconjugant: cellule réceptrice ayant acquis de l'ADN par conjugaison

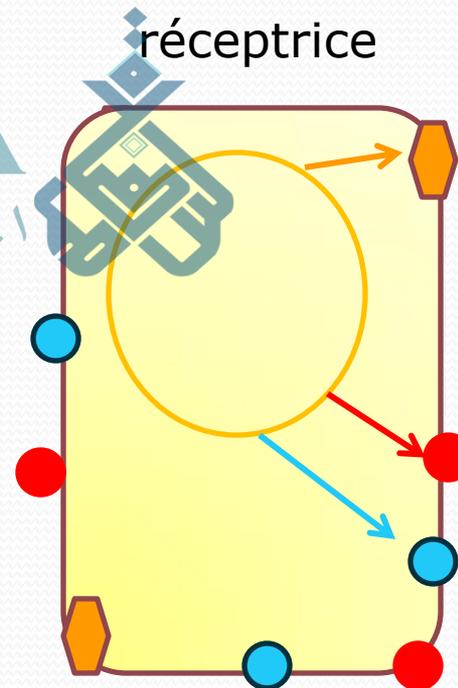
La conjugaison bactérienne

Chez les Gram +

donatrice



réceptrice



AS



BS



Phéromones

Substances d'agrégation **Substances de fixation**

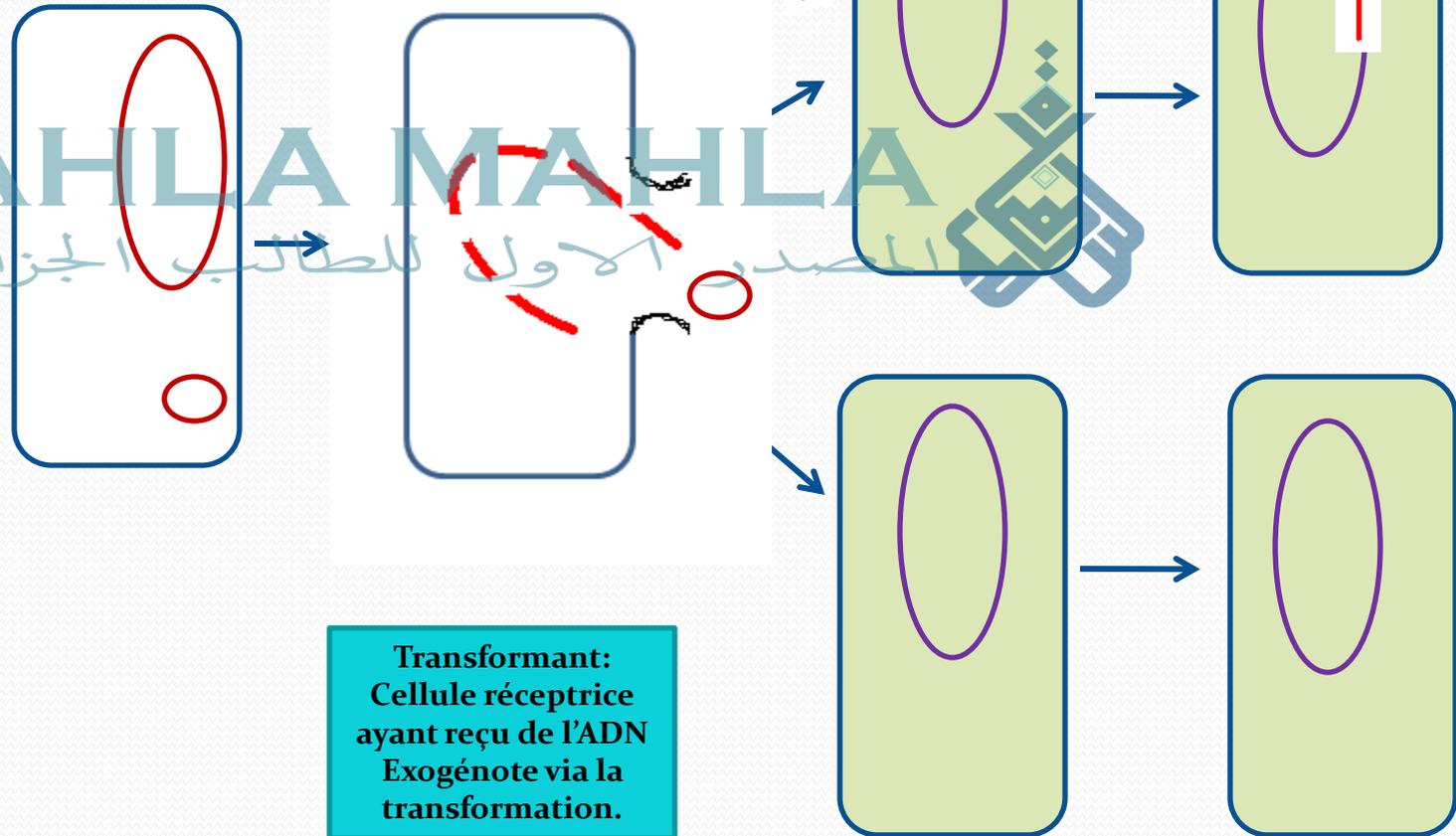
La transformation

La transformation

C'est le procédé par lequel des **segments d'ADN libres** passent dans des **cellules bactériennes** dites **compétentes**.

Cet ADN s'insère dans le **chromosome** de la cellule réceptrice pour être **exprimé**.

La transformation



Transformant:
Cellule réceptrice
ayant reçu de l'ADN
Exogénote via la
transformation.

Après la pénétration, le DNA étranger est intégré
dans le chromosome bactérien par recombinaison.

La transformation

Etat de compétence

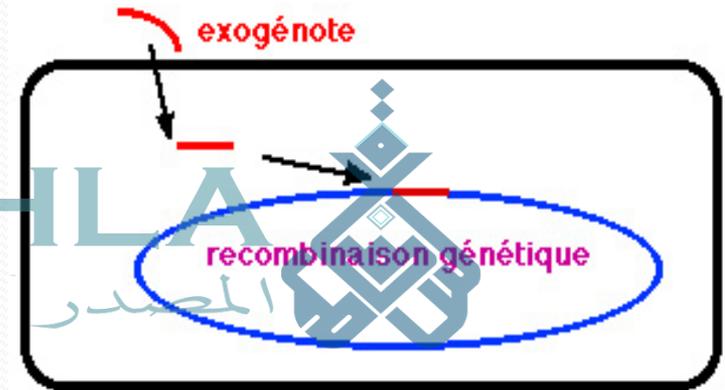
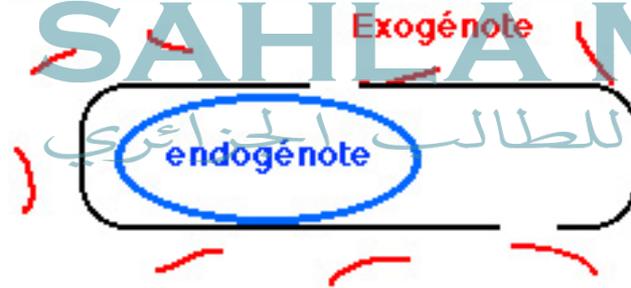
SAHLA MAHLA

المصدر الاول للطالب الجزائري



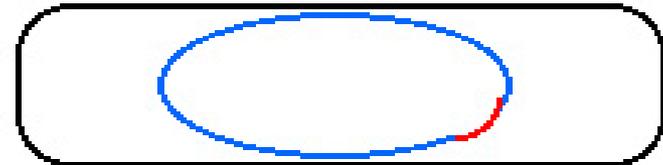
Etat de "compétence" des cellules réceptrices: pour que le DNA étranger pénètre dans une bactérie, celle-ci doit être dans un état physiologique particulier (compétence) caractérisé par la synthèse de protéines particulières (protéines membranaires fixant le DNA, autolysines de la paroi, nucléases, etc.).

Fixation de l'ADN (bactérie compétente)



Mode de transfert de gènes chez les bactéries : un fragment d'ADN nu (exogénote) est intégré dans le génome d'une bactérie dite compétente.

Pénétration-recombinaison



La transposition génétique

Un élément transposable: transposon ou **gène sauteur**

- une séquence d'ADN capable de se déplacer de manière autonome dans un génome, par un mécanisme appelé **transposition**.
- **Transposition** : possible sous l'effet d'une enzyme (la transposase) connue pour son importance dans le **transfert** de fonctions

Types d'éléments génétiques transposables

types

SAHLA MAHLA



- Les transposons ou éléments génétiques transposables
- Les séquences d'insertion IS
- Intégrons ou éléments intégratifs (ICE)
- Les cassettes de gènes

Eléments génétiques transposables ou transposons

Les éléments génétiques transposables sont des segments d'ADN qui ont la capacité de bouger d'une position à une autre

Transposons (**Tn**) portent **d'autres gènes** en plus de ceux qui sont essentiels à la transposition.

Les transposons sont désignés par **Tn** suivie d'un numéro

Eléments génétiques transposables ou transposons

SAHLA MAHLA Propriétés des éléments génétiques transposables

المصدر الاول للطالب الجزائري



- **Mouvement aléatoire**
- Il existe des **sites de préférence**
- **Incapable d'autoréplication.**

Impact des éléments transposables sur l'évolution des génomes

SAHLA MAHLA



- La mobilité des éléments transposables peut conduire à des modifications :
 - - Modification de la structure des gènes
 - - Modification de la fonction des gènes

Impact des éléments transposables sur l'évolution des génomes

SAHLA MAHLA

المصدر الأول للطالب الجزائري



Impact médical

- De nombreux gènes de résistance aux antibiotiques sont situés sur des transposons.

Les îlots génomique GEIS

SAHLA MAHLA



- Génome bactériens: gènes accessoires acquis par HGT codent des caractères adaptatifs
- îlots génomiques (GEIS : genomic islands). GEIS reconnus comme des segments d'ADN discrets transférés entre souches étroitement apparentées,
- leur présence contribue à la diversification et l'adaptation des micro-organismes,

Les îlots génomique GEIS

- De nos jours, il est apprécié que GEIS représentent un groupe beaucoup plus large et plus diversifié d'éléments d'ADN que PAIs seulement, avec une grande variété de taille et d'abondance dans les génomes bactériens.
- La capacité de codage de GEIS ne se limite pas aux fonctions de pathogénicité,

Les îlots génomique GEIS

- Le transfert de Geis entre bactéries comme indiqué plus haut, une grande variété de Geis sont intimement liés aux phages et aux plasmides conjugatifs par leurs origines évolutives.
- En conséquence, outre la transformation, leur transfert passe souvent par l'intermédiaire d'une conjugaison et d'une transduction
- Contribution des îlots génomiques au transfert horizontal de gènes et de l'évolution bactérienne

Transfert de l'information génétique HGT/ conséquences (adaptation)

- Les organismes évoluent par la perte ou par le gain de gènes

SAHLA MAHLA
المصدر الأول للطالب الجزائري



- Acquisition de gènes par HGT = capacité d'exploiter de nouveaux environnements
- **Acquisition** ou **perte** par mutation, réarrangement et recombinaison
- Transfert vertical = transmission de l'information génétique

Transfert de l'information génétique HGT

E. coli et *Salmonella* analyse du génome : 17% des gènes acquis par HGT au cours des 100 millions d'années

المصدر الاول للطالب الجزائري



Éléments génétiques mobiles impliqués dans le transfert horizontal des gènes de virulence

Element	Definition	Mechanism of Transfer
Plasmid	Extrachromosomal self-replicating genetic element	Conjugation
Bacteriophage	Virus that infects and replicates within bacteria	Transduction
Integrative and conjugative element	Self-transmissible but not self-replicating genetic element that encodes the machinery for integration into or excision from the bacterial chromosome and for conjugative transfer.	Conjugation
Pathogenicity island	Part of a genome that shows evidence of past horizontal gene transfer and foreign origin. The pathogenicity island may be part of the chromosome or a plasmid.	Transduction, conjugation, transformation

Transfert de l'information génétique HGT

Table 2. Mobile Genetic Elements in Selected Bacterial Pathogens.

Organism	Mobile Element	Virulence Mechanism
<i>Escherichia coli</i> , enterotoxigenic ⁶¹	Plasmids	Adherence, enterotoxins
<i>E. coli</i> , enteropathogenic ⁶¹	PAI, plasmid	Adherence, type 3 secretion
<i>E. coli</i> , enterohemorrhagic ^{9,90,130}	PAI, phage, plasmid	Adherence, type 3 secretion, Shiga toxin
<i>E. coli</i> , avian pathogenic ^{61,65}	Plasmid, PAI	Adherence, serum resistance, iron acquisition, cytotoxin, invasion
<i>Salmonella enterica</i> ^{34,62,92}	PAI, plasmids	Invasion of nonphagocytic cells, intracellular survival and replication
<i>Streptococcus agalactiae</i> ^{74,109}	ICEs, bacteriophages	Siderophores, intracellular survival, host adaptation, escape from immune response, putative virulence factors
<i>Streptococcus equi</i> ⁵³	Bacteriophages, ICEs	Toxin, superantigen, iron acquisition
<i>Streptococcus canis</i> ^{23,110}	Prophage, ICE, plasmids	Exoenzymes, M proteins, toxins
<i>Clostridium perfringens</i> ^{75,76}	Plasmids, PAI	Toxins
<i>Bacillus anthracis</i> ¹⁰³	Plasmids	Toxin, capsule
<i>Borrelia burgdorferi</i> ^{13,20}	Plasmids, bacteriophages	Surface antigens
<i>Clostridium botulinum</i> ¹²⁰	Phage	Botulinum toxin
<i>Clostridium tetani</i> ³⁹	Plasmid	Tetanus toxin
<i>Brucella abortus</i> ²¹	PAI	Intracellular persistence
<i>Brucella melitensis</i> ¹⁰⁷	PAI	LPS O chain biosynthesis
<i>Corynebacterium pseudotuberculosis</i> ^{112,122}	PAI	Adherence, phospholipase D, iron acquisition
<i>Enterococcus spp.</i> ^{24,25,40,69,73}	PAIs, plasmids	Biofilms, toxins, pili
<i>Leptospira interrogans</i> ¹¹	PAI-prophage-plasmid	Putative virulence factors
<i>Listeria monocytogenes</i> ^{28,131}	PAIs, plasmid	Adherence, invasion, enzymes
<i>Pasteurella multocida</i> ¹⁰⁶	Bacteriophages	PMT toxin
<i>Rhodococcus equi</i> ^{78,79}	Plasmids, PAIs	Toxins
<i>Staphylococcus aureus</i> ²²	PAIs, bacteriophages	Superantigens, leukocidin
<i>Yersinia spp.</i> ^{57,77}	PAIs, plasmids, ICE	Siderophore, type III secretion system and effectors

Conséquences du HGT

- Variation génétique (diversité génomique)

- Nouvelles capacités métaboliques

- Le HGT contribue à l'adaptation

SAHLA MAHLA
المصدر الأول للطالب الجزائري



Traits ou caractères introduits par le HGT

● Résistance aux antibiotiques

- Résistance aux ATB associée éléments génétiques mobiles (plasmides éléments transposables)

● La virulence

- GEIs (PAI) impliqués (systèmes de sécrétion de protéines de virulence et de toxines bactériennes)

● Les propriétés métaboliques

- *E. coli* (opéron lac) relation commensale (homme)

Adaptation à la pathogénicité (virulence)

- Introduction et rappels (éléments génétiques de transfert de gènes de virulence)
- Gènes de virulence
 - Protéines (enzymes)
 - toxines,
 - hormones de croissance,
 - EPS

Systemes de sécrétion de facteurs de virulence

- 7 types ont été décrits

- SS I (protéines, toxines,...)
- SS II (protéines, toxines,...)
- SS III (protéines, toxines,...)
-
-
-
-

- SS IV (acides nucléiques: ADN)

SAHLA MAHLA

المصدر الاول للطالب الجزائري



Systemes de sécrétion de type I, II et III

SAHLA MAHLA

المصدر الأول للطالب الجزائري

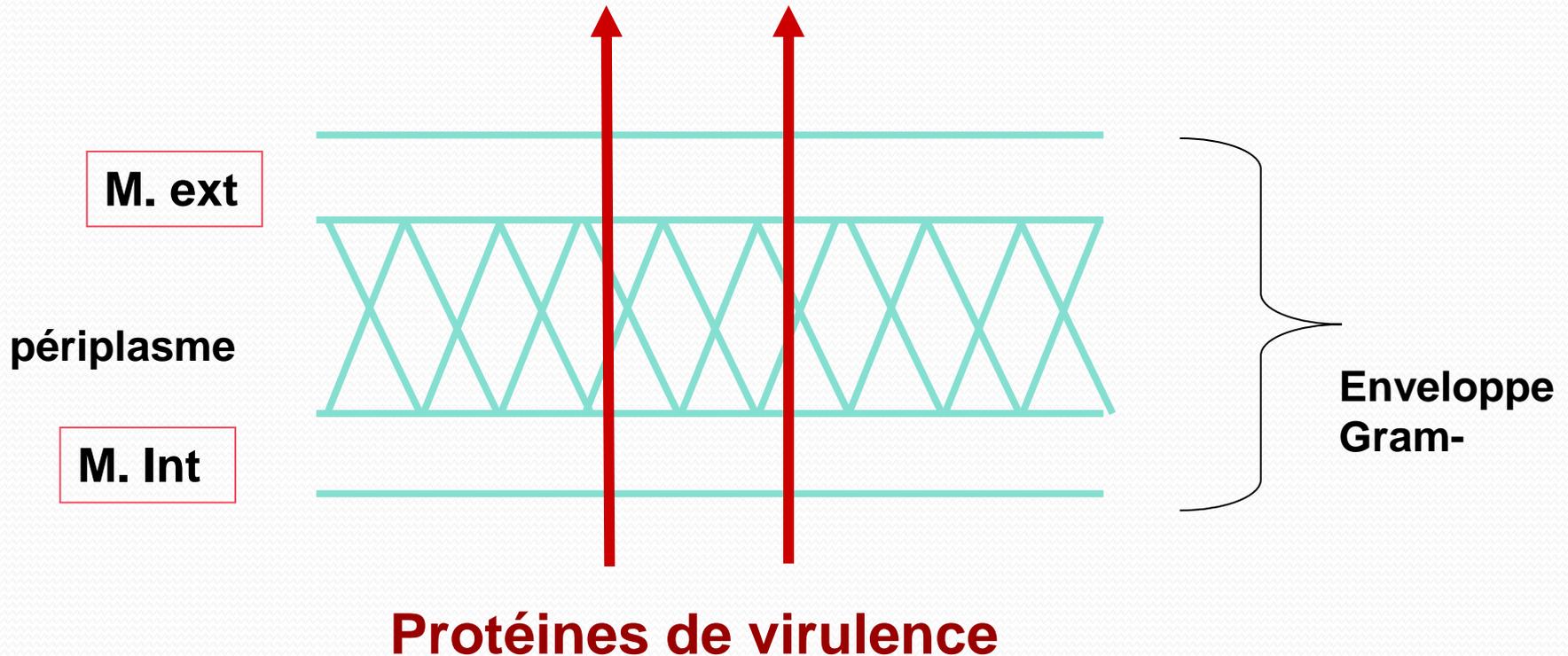
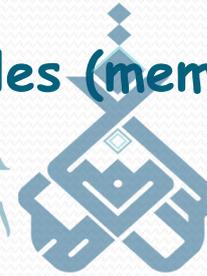


Les types de sécrétion sont importants pour les bactéries pathogènes pour exporter les protéines de virulence.

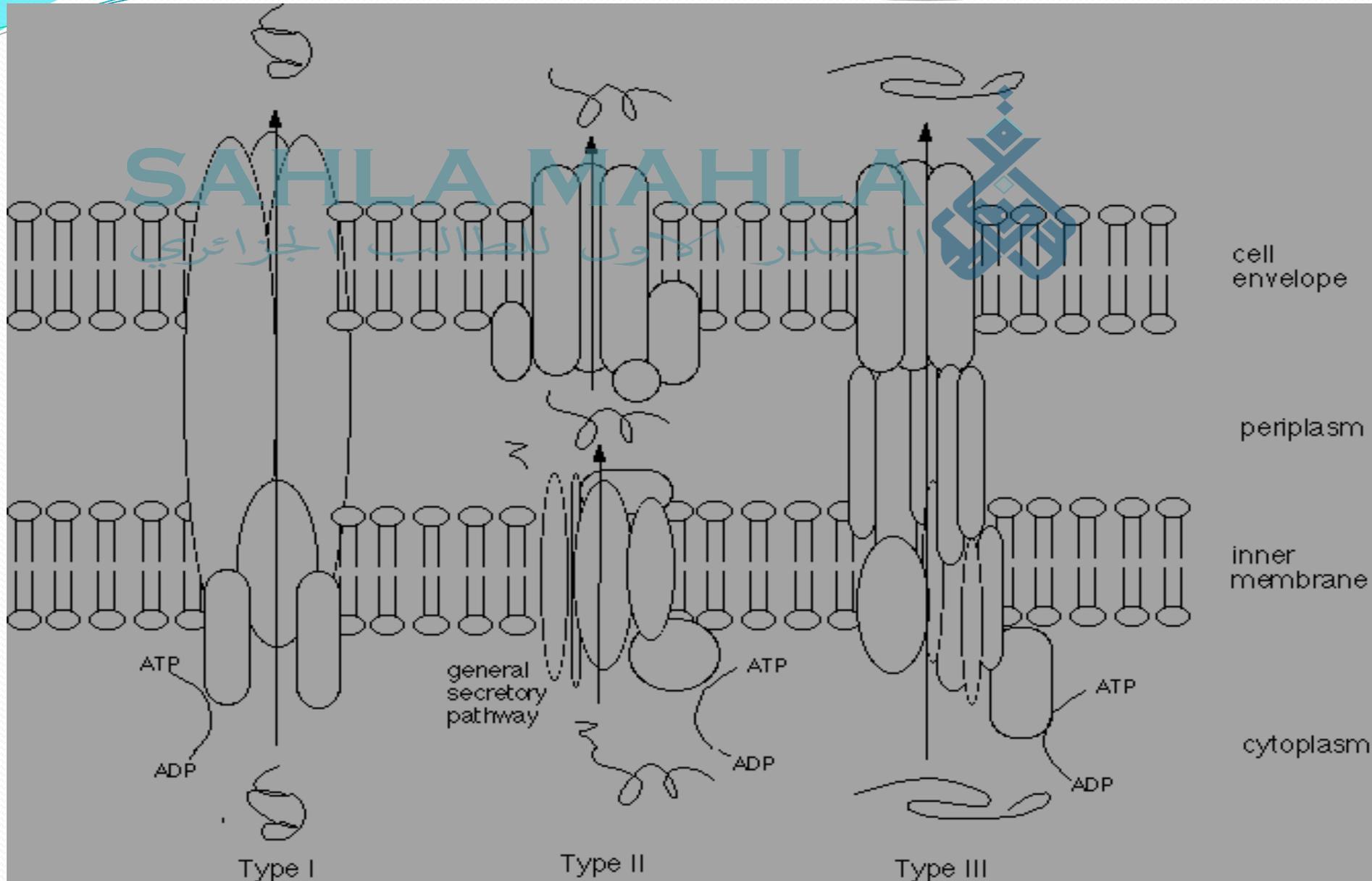
□ **Protéines nécessaires à la virulence sont exportées dans l'environnement (cellule eucaryote)**

□ **Ces protéines franchissent deux obstacles (membrane interne et la membrane externe)**

المصدر الاول للطالب الجزائري



Systemes de sécrétion=secretory pathways

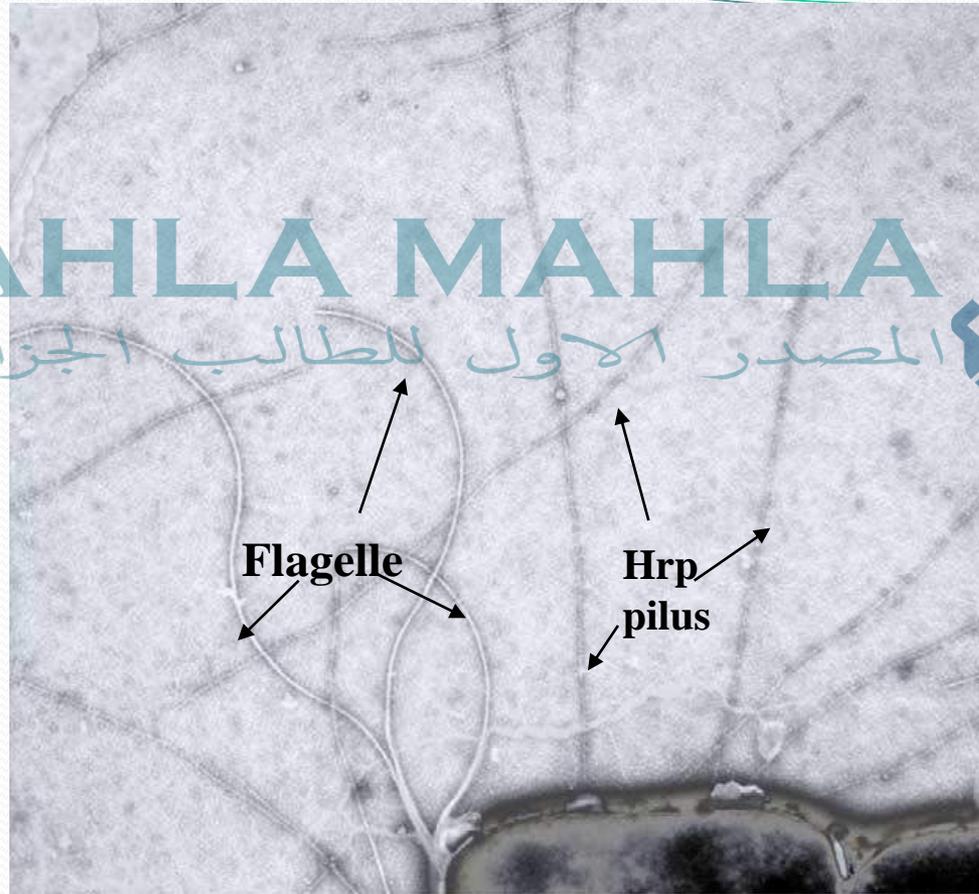


Comparaison des systèmes de sécrétion des protéines de virulence

- Tous les systèmes utilisent l'énergie de l'hydrolyse de l'ATP pour la sécrétion
- Type I et type III secrètent Pns à travers IM et OM en 1 seule étape. (pas d'intermédiaire) dans le périplasme
- Pour le type II: 'intermédiaire-stop' : Les Pns exportées par ce système ont une séq. d'AA hydrophobe «séquence signal» nécessaire à leur exportation et éliminée par la peptidase dans l'espace périplasmique
- Très peu de composés chez le type I par rapport au type III
- Type II et type III partagent un composé cellulaire commun montré par l'homologie de leurs séquences

SAHLA MAHLA

المصدر الاول للطالب الجزائري



Hrp : pilus de sécrétion de type III

Systemes de sécrétion Type IV

SAHLA MAHLA

المصدر الاول للطالب الجزائري



- Les systèmes de sécrétion bactérienne de type IV (T₄SS) transportent l'ADN les cellules cibles bactériennes par un mécanisme dépendant **du contact direct de cellule à cellule.**

Systemes de sécrétion Type IV

- **Trois types de T₄SS ont été décrits:**

- (i) les systèmes de conjugaison,
- (ii) des systèmes transporteurs-effecteurs,
- (iii) des systèmes d'absorption d'ADN



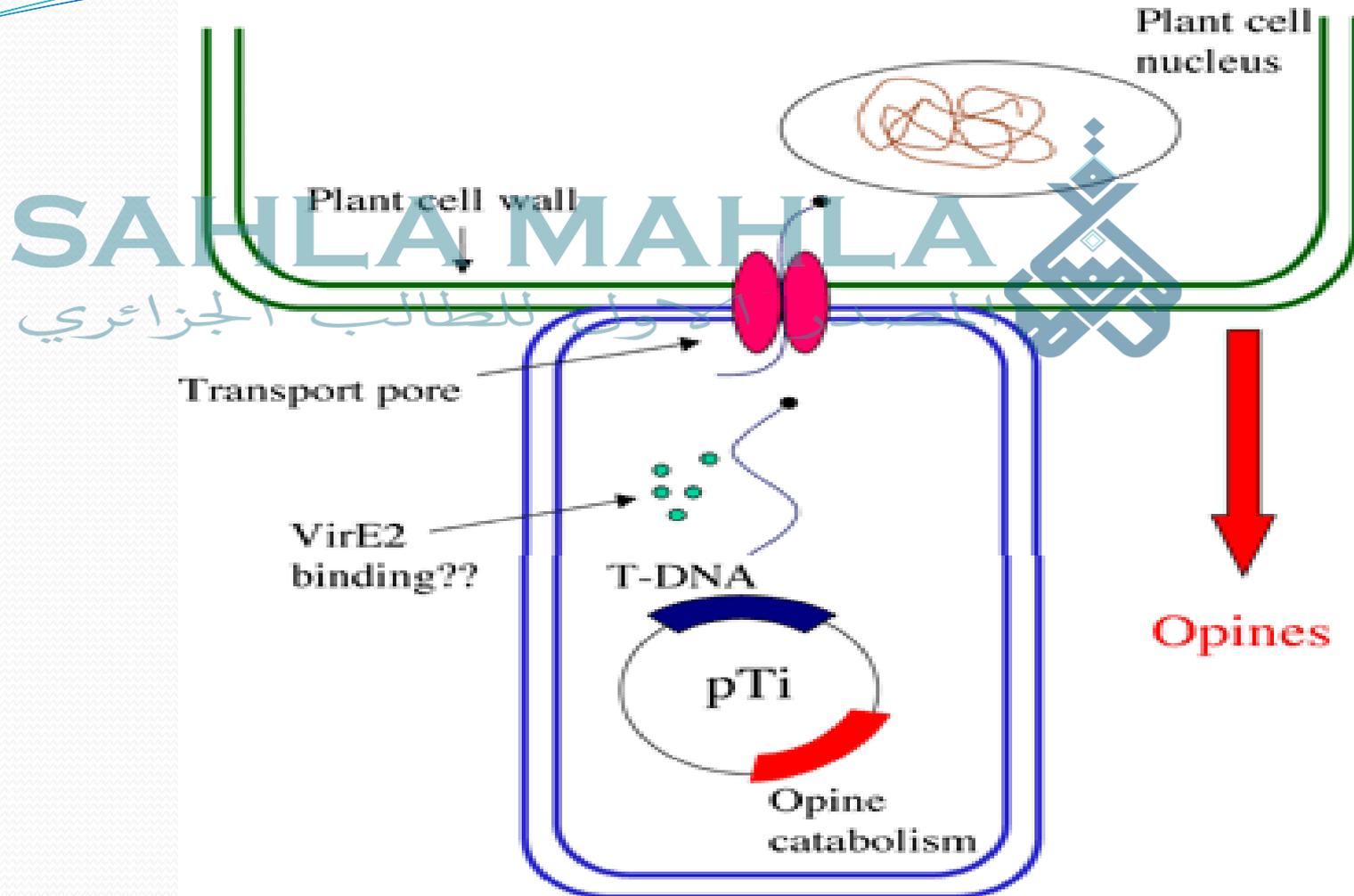
SAHLA MAHLA
المصدر الأول للطالب الجزائري

Systemes de sécrétion Type IV



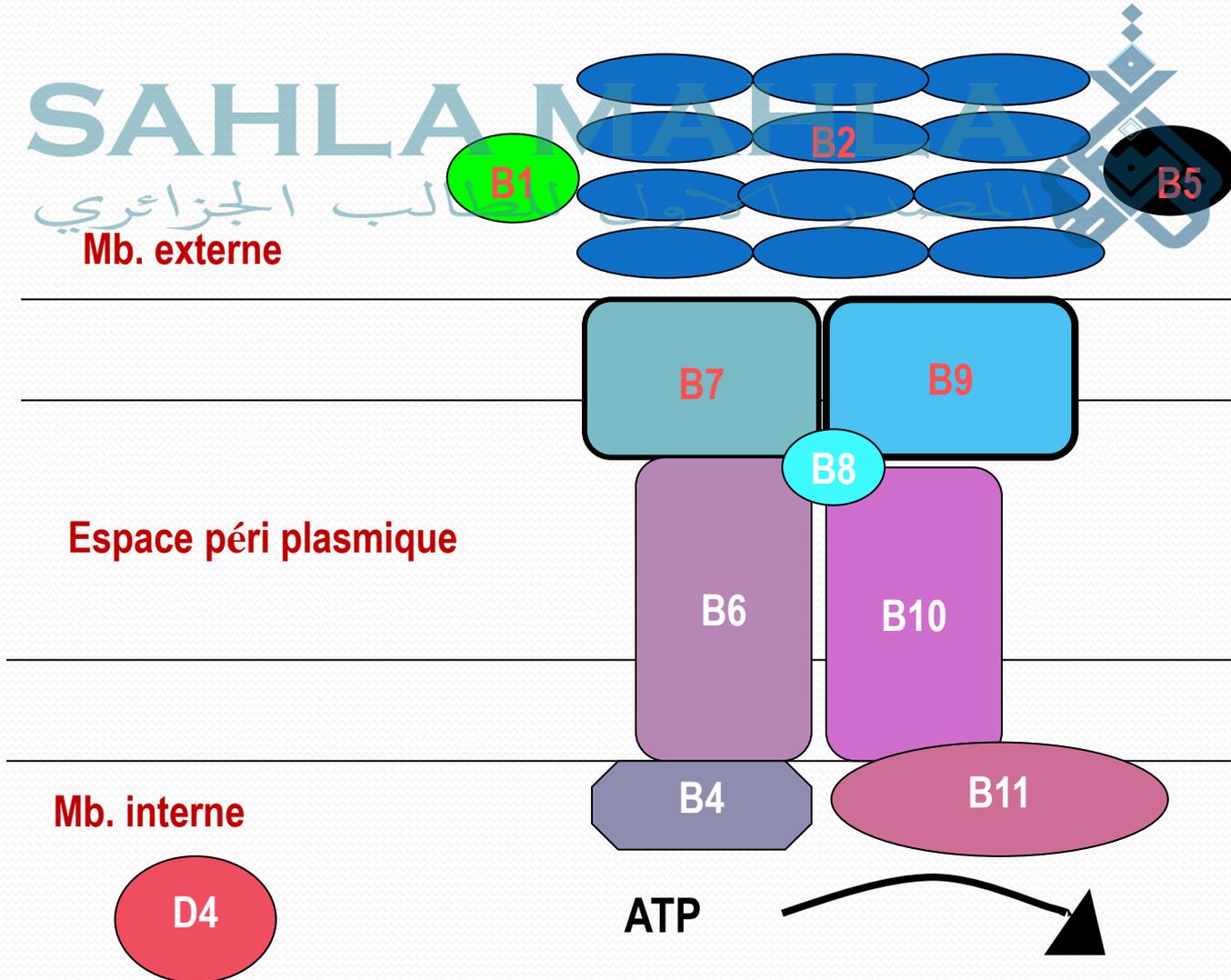
- Les translocateurs effecteurs sont utilisés par de nombreux pathogènes bactériens à Gram négatif pour la délivrance de centaines de protéines de virulence à des cellules eucaryotes.
- Une voie de translocation d'ADN à travers le système **VirB / VirD₄** d'*Agrobacterium tumefaciens* a été définie

T-DNA Transfer



Le transfert du T-DNA se fait par l'intermédiaire d'un complexe protéique situé dans la paroi de la bactérie

structure des systèmes de type IV



Structure des systèmes de type IV

SAHLA MAHLA

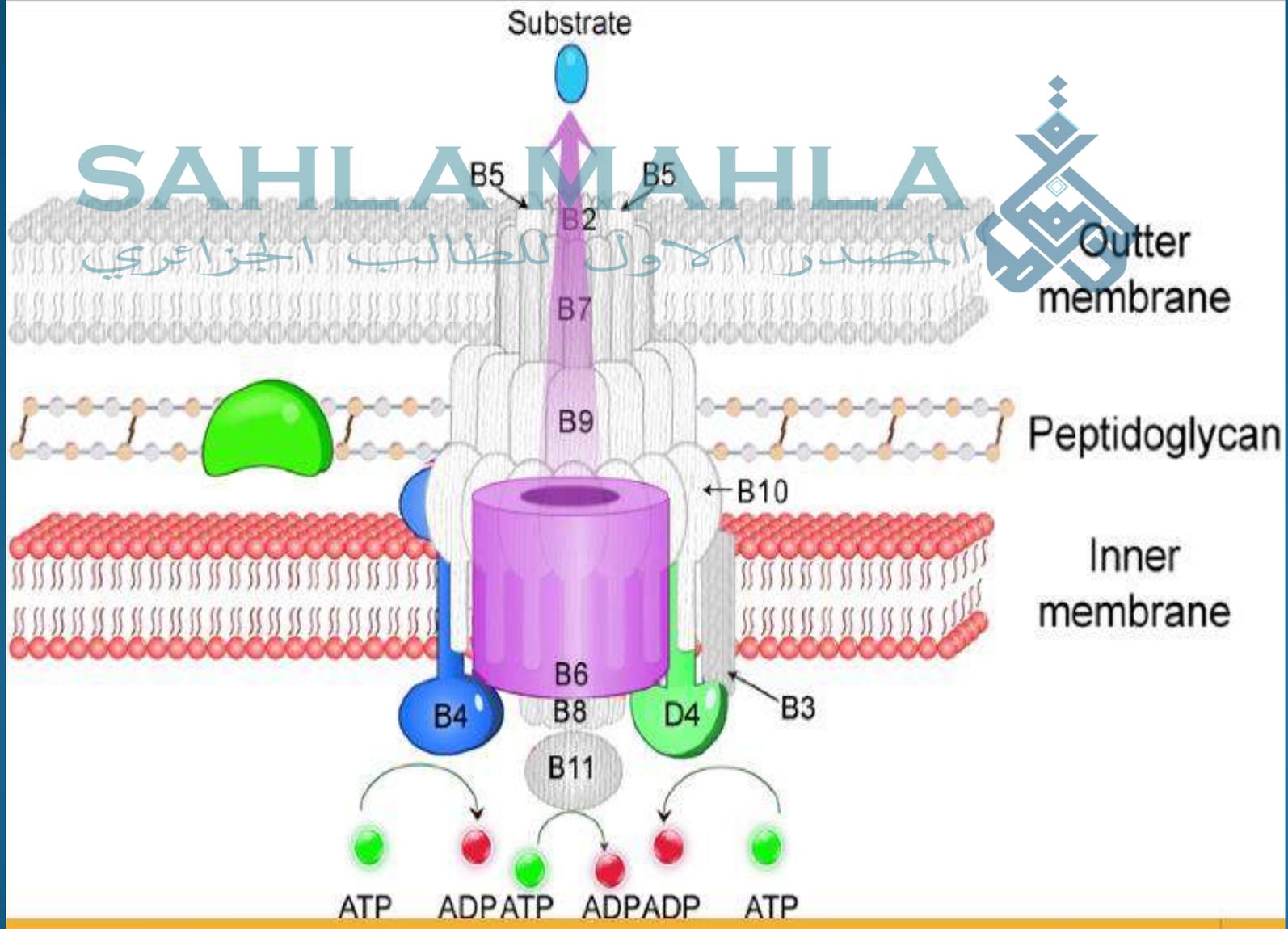
الطالب الجزائري

3 groupes fonctionnels dans la
machinerie de sécrétion du type IV

- Le pilus
- Le canal transmembranaire
- Les ATPases

SAHLA MAHLA

المصدر الأول للطالب الجزائري



SAHLAMAHILA
المصدر الأول للطلاب الجزائري

