

- SV-C La cellule dans son environnement

- SV-C-I- La cellule au sein de l'organisme

PLAN DE COURS

- I. Les matrices extracellulaires, des constituants fondamentaux des tissus
 - A. Structure en réseau des matrices extracellulaires et résistance mécanique des tissus
 1. Des molécules fibreuses résistantes à l'extension.
 2. Un gel glucidique hydrophile résistant à la compression
 3. Des molécules formatrices de réseau
 - B. Une diversité de matrices extracellulaires selon les tissus
 1. Des variations de composition des matrices
 2. Des variations dans l'agencement des fibres dans la matrice
 - C. Production des matrices extracellulaires par les cellules.
 1. Synthèse des constituants
 2. Remodelage de la paroi cellulaire
 3. Bilan sur les MEC

II. Cohésion et communication intercellulaire au sein des tissus

- A. Cohésion des cellules en un tissu fonctionnel
 1. La paroi végétale assure la cohésion des tissus végétaux
 2. Les jonctions serrées assurent l'étanchéité de l'épithélium et maintiennent la polarité cellulaire.
 3. Les jonctions d'ancrage assurent la cohésion des tissus animaux.
 4. Les jonctions d'ancrage adaptent le fonctionnement et le développement cellulaire à son environnement
- B. Communication intercellulaire au sein d'un tissu
 1. Des structures réalisant une connexion entre cytoplasmes.
 2. Un passage de molécules contrôlé.
 3. Des échanges à rôle trophique et informatif.
- III. Des cellules en interaction avec d'autres organismes
 - A. Interactions entre les racines et les microorganismes de la rhizosphère
 - B. Interactions entre épithélium intestinal et microbiote
 1. Des échanges symbiotiques de matière
 2. Un dialogue moléculaire : des échanges d'information

B. COMMUNICATION INTERCELLULAIRE AU SEIN D'UN TISSU

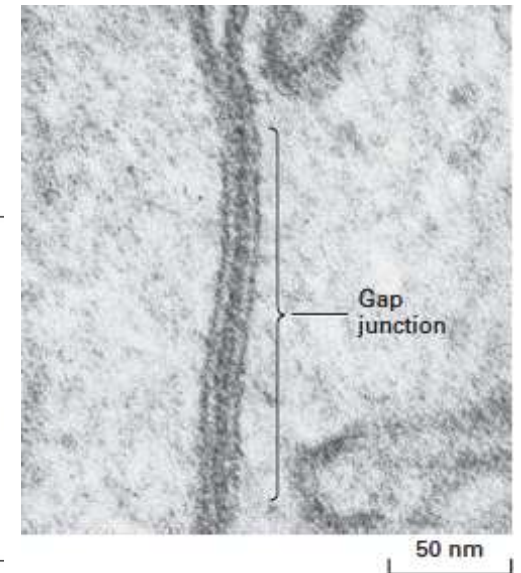
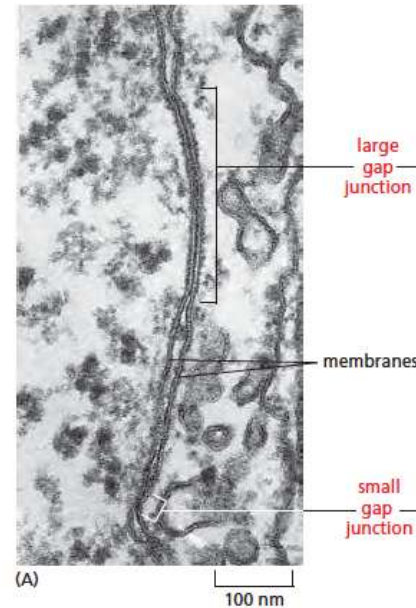
I. Des structures réalisant une connexion entre cytoplasmes

I.1. Jonctions gap entre cellules animales

- Dans les **cellules animales uniquement**
- Rapprochement des membranes : **d = 2-4 nm**
- Une jonction correspond au rassemblement, en plaque, de petites unités = **connexons**

- Diamètre d'une plaque : jusqu'à qq centaines de nm
- Diamètre d'un connexon : 2 nm

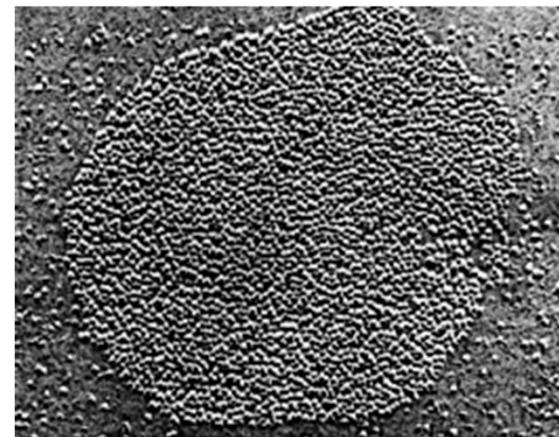
Gap junctions (MET)



Gap junction dans des membranes d'hépatocytes de souris (MET)



Plaques de gap junction (cryofracture + MEB)



Ultrastructure d'une plaque (cryofracture + MEB) 2

B. COMMUNICATION INTERCELLULAIRE AU SEIN D'UN TISSU

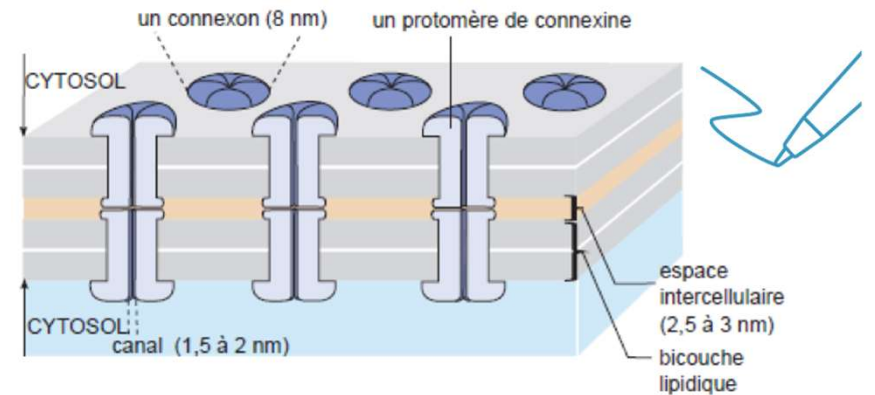
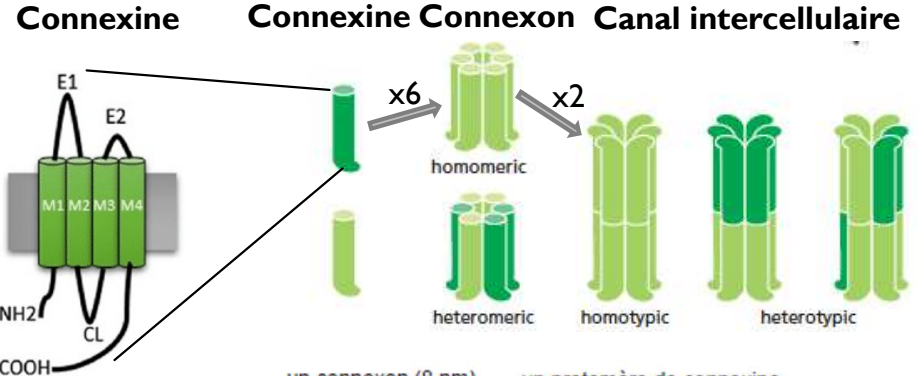
I. Des structures réalisant une connexion entre cytoplasmes

I.1. Jonctions gap entre cellules animales

- 1 canal intercellulaire = 2 connexons
- 1 connexon = 6 connexines

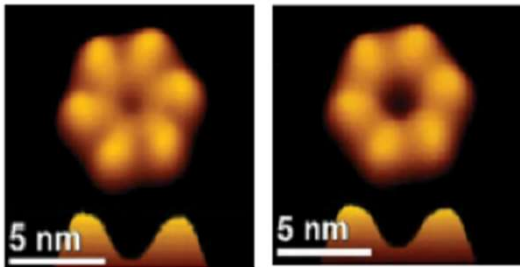


Structure des gap junctions



[Ca²⁺] ↑

[Ca²⁺] ↓

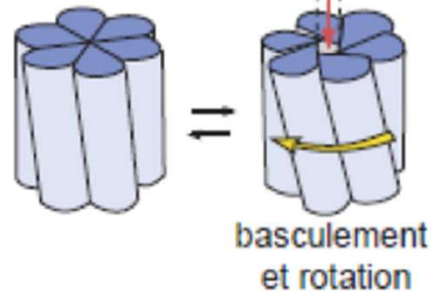


Connexon en présence de différentes [Ca²⁺] (Image à haute résolution dérivée de microscopie à force atomique)



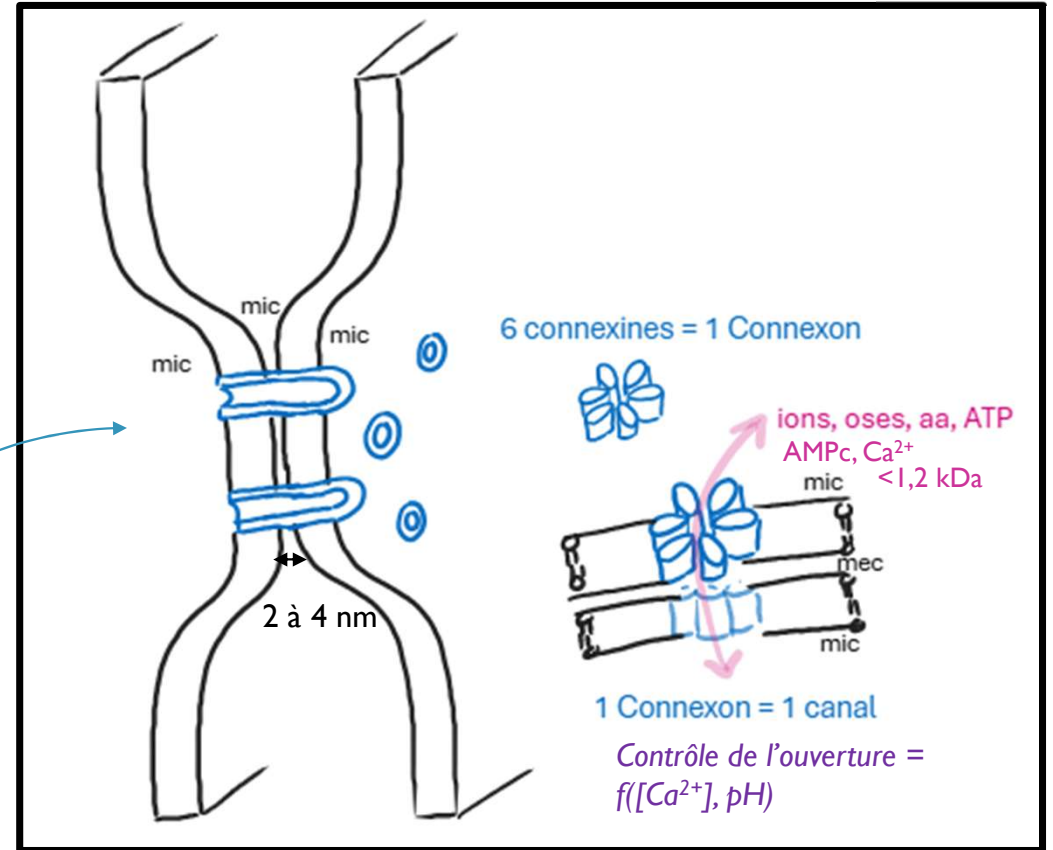
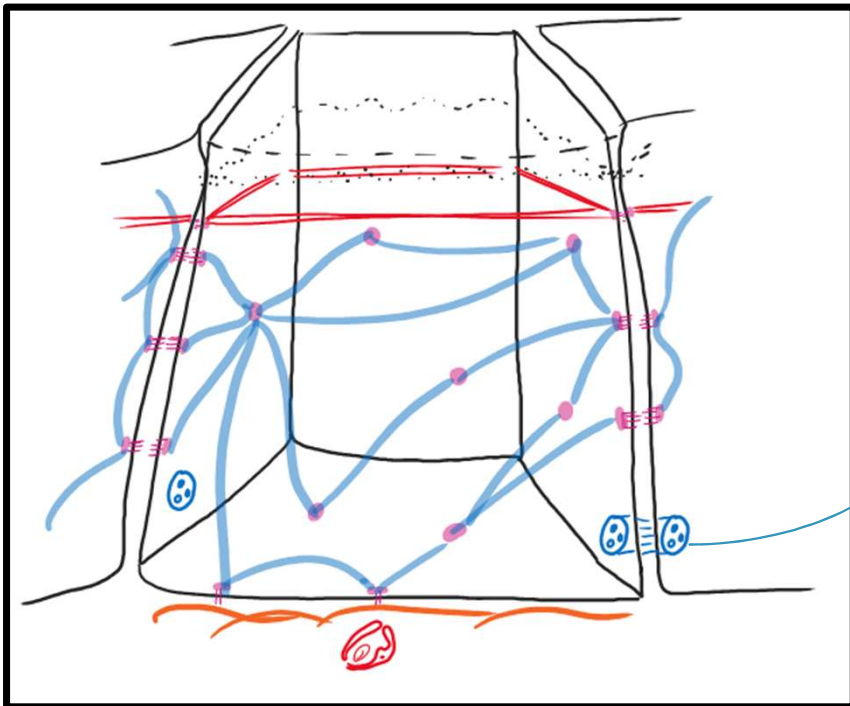
Connexon fermé

Connexon ouvert
1,5 à 2 nm



▪ Régulation de l'ouverture du canal

- Fermé si [Ca²⁺] ↑ ou pH ↓
- Ouvert (diamètre 2 nm) si [Ca²⁺] ↓ ou pH ↑



Jonctions gap ou jonctions communicantes

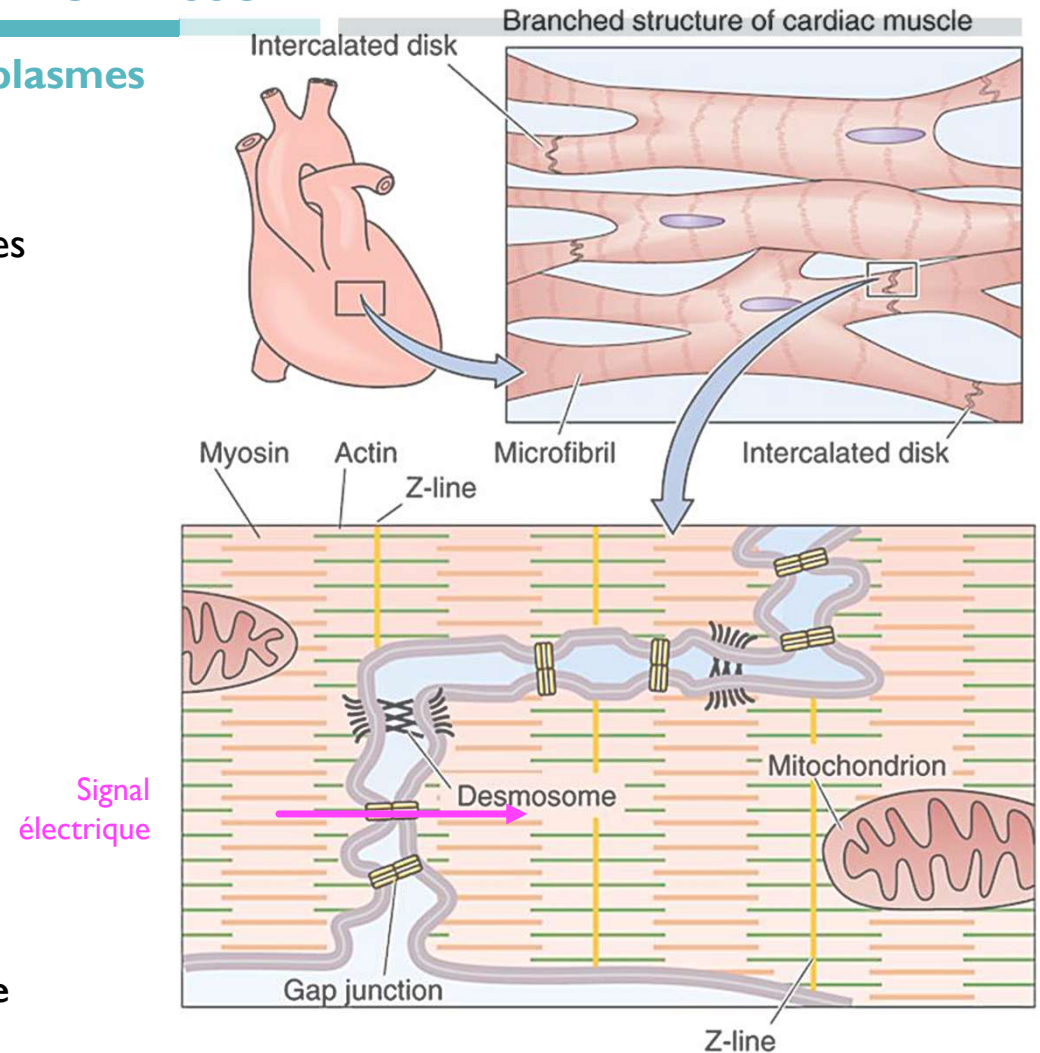
B. COMMUNICATION INTERCELLULAIRE AU SEIN D'UN TISSU

I. Des structures réalisant une connexion entre cytoplasmes

I.1. Jonctions gap entre cellules animales



- Les gap junctions mettent en contact les cytoplasmes de cellules adjacentes → **Continuité cytoplasmique**
- Ces canaux permettent le passage rapide de molécules, de cellule en cellule
 - Phénomène passif, en fonction du gradient des molécules → **diffusion**
 - **Filtrage** selon la **taille** des molécules (< 1200 Da)
 - **Régulation** de l'ouverture du canal par différents paramètres
- La continuité physique entre les cellules permet...
 - La **coopérativité métabolique**
 - La **communication** intercellulaire
 - ✓ Diffusion de 2nd messagers (AMPc, Ca²⁺)
 - ✓ Transmission d'un signal électrique → **synapse électrique**



Rôle des gap junction dans la transmission du signal électrique au niveau du cœur

Rem: Les jonctions communicantes **ne bloquent pas le passage du liquide extracellulaire** entre les 2 membranes plasmiques.

B. COMMUNICATION INTERCELLULAIRE AU SEIN D'UN TISSU

I. Des structures réalisant une connexion entre cytoplasmes

I.2. Plasmodesmes entre cellules végétales



- plasmodesmes = **pores** dans la paroi
 - dérivés de **réticulum endoplasmique** : le **desmotubule**.
- Les cellules d'un tissu végétal toutes interconnectées => **symplasme** = **transport transcellulaire** ou **symplasmique**

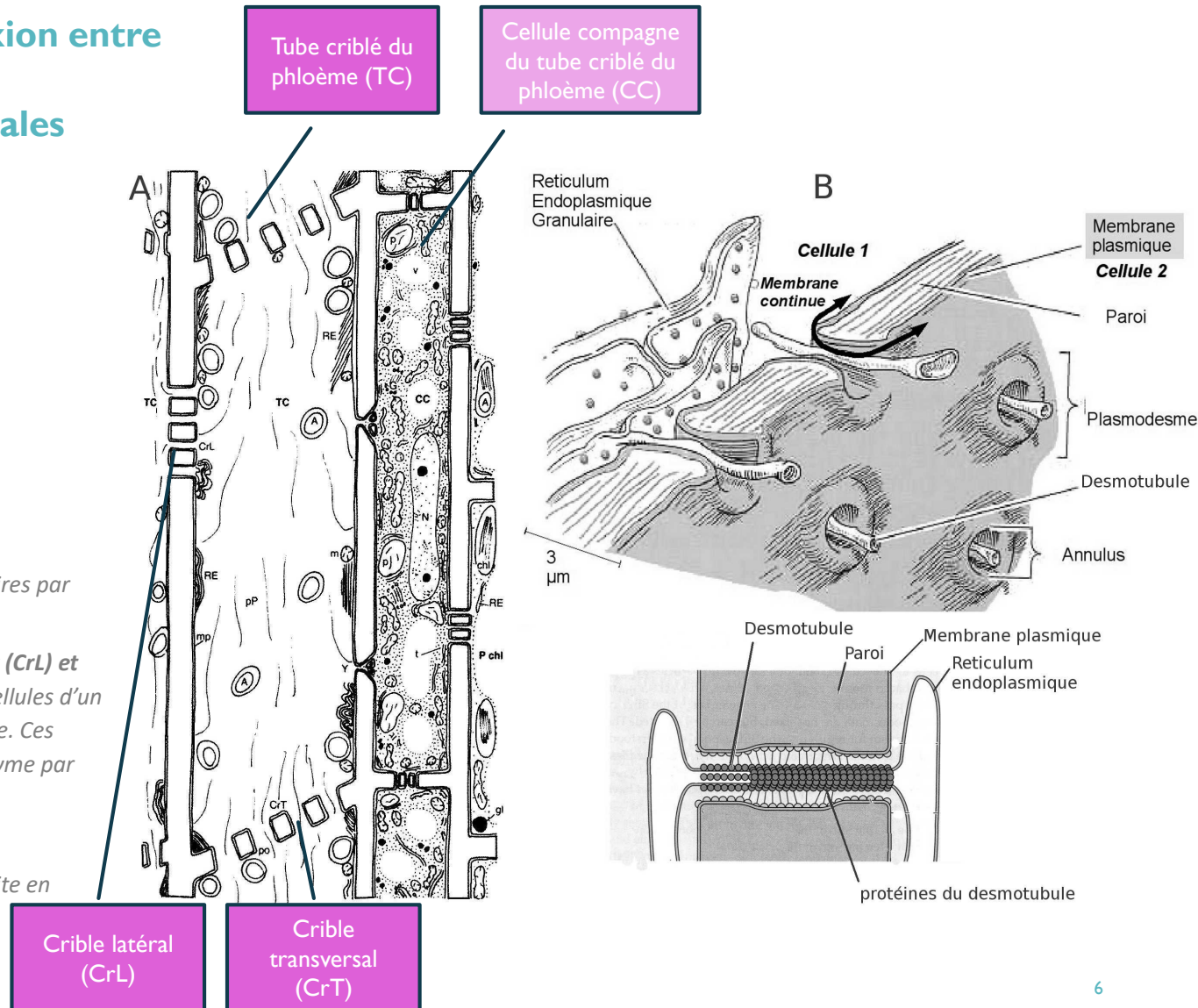
A : Phloème en vue longitudinale montrant des communications cellulaires par **plasmodesmes**.

Les **tubes criblés (TC)** communiquent entre eux par **des cribles latéraux (CrL)** et des **parois terminales criblées (CrT)** (correspondant à la limite entre 2 cellules d'un même tube criblé). Les **cellules compagnes (CC)** ont un cytoplasme riche. Ces cellules communiquent avec les tubes criblés et des cellules du parenchyme par des **plasmodesmes**.

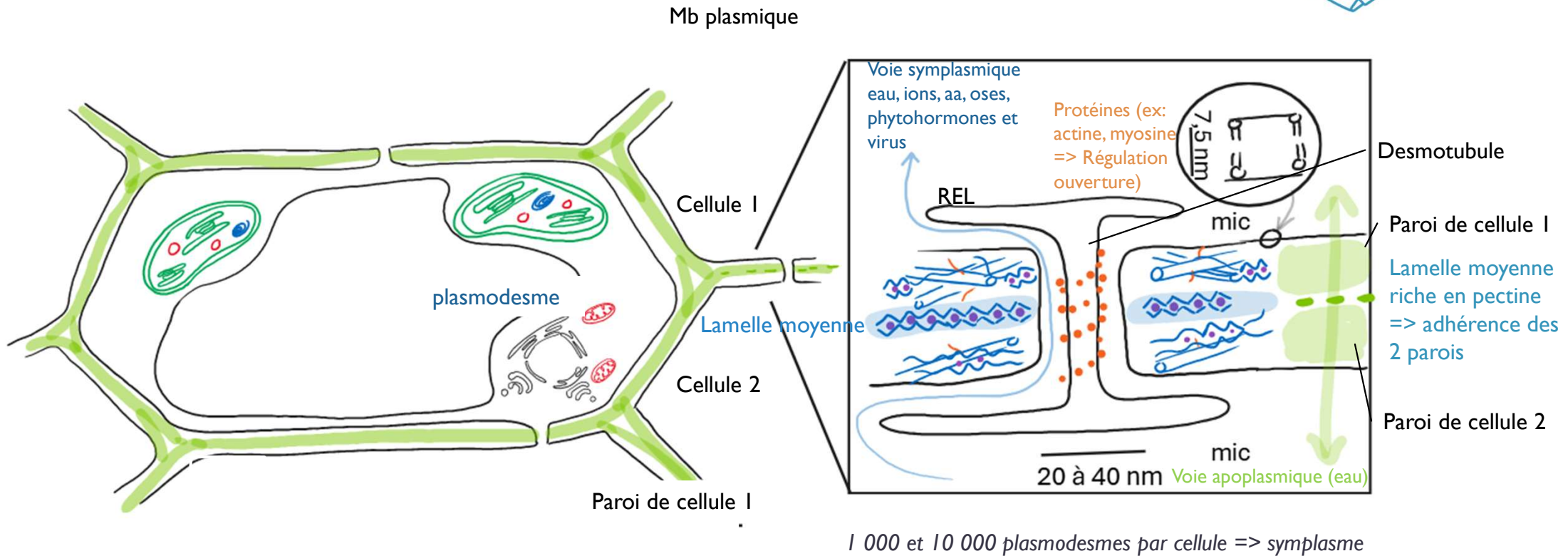
B : schémas de plasmodesmes entre deux cellules végétales.

C : micrographies de plasmodesmes (MET). Gauche : en vue axiale. Droite en coupe longitudinale.

Figure 50 : les plasmodesmes



B. COMMUNICATION INTERCELLULAIRE AU SEIN D'UN TISSU



Paroi et plasmodesmes, des analogues structuraux des jonctions cellulaires chez les végétaux

- SV-C La cellule dans son environnement

- SV-C-I- La cellule au sein de l'organisme

PLAN DE COURS

- I. Les matrices extracellulaires, des constituants fondamentaux des tissus
 - A. Structure en réseau des matrices extracellulaires et résistance mécanique des tissus
 1. Des molécules fibreuses résistantes à l'extension.
 2. Un gel glucidique hydrophile résistant à la compression
 3. Des molécules formatrices de réseau
 - B. Une diversité de matrices extracellulaires selon les tissus
 1. Des variations de composition des matrices
 2. Des variations dans l'agencement des fibres dans la matrice
 - C. Production des matrices extracellulaires par les cellules.
 1. Synthèse des constituants
 2. Remodelage de la paroi cellulaire
 3. Bilan sur les MEC

II. Cohésion et communication intercellulaire au sein des tissus

- A. Cohésion des cellules en un tissu fonctionnel
 1. La paroi végétale assure la cohésion des tissus végétaux
 2. Les jonctions serrées assurent l'étanchéité de l'épithélium et maintiennent la polarité cellulaire.
 3. Les jonctions d'ancrage assurent la cohésion des tissus animaux.
 4. Les jonctions d'ancrage adaptent le fonctionnement et le développement cellulaire à son environnement
- B. Communication intercellulaire au sein d'un tissu
 1. Des structures réalisant une connexion entre cytoplasmes.
 2. Un passage de molécules contrôlé.
 3. Des échanges à rôle trophique et informatif.
- III. Des cellules en interaction avec d'autres organismes
 - A. Interactions entre les racines et les microorganismes de la rhizosphère
 - B. Interactions entre épithélium intestinal et microbiote
 1. Des échanges symbiotiques de matière
 2. Un dialogue moléculaire : des échanges d'information

B. COMMUNICATION INTERCELLULAIRE AU SEIN D'UN TISSU

2. Un passage de molécules contrôlé



Figure 51 : Taille limite d'exclusion des plasmodesmes et jonctions gap.

A-B : Des peptides de tailles variées couplés à la fluorescéine, un fluorochrome vert, sont injectés dans une seule **cellule épidermique d'un potamot (plante aquatique)**. L'épiderme est observé en microscopie à fluorescence quelques minutes après l'injection.

A : le peptide fluorescent a une taille supérieure à 850 daltons

B : le peptide fluorescent possède une taille inférieure à 850 daltons

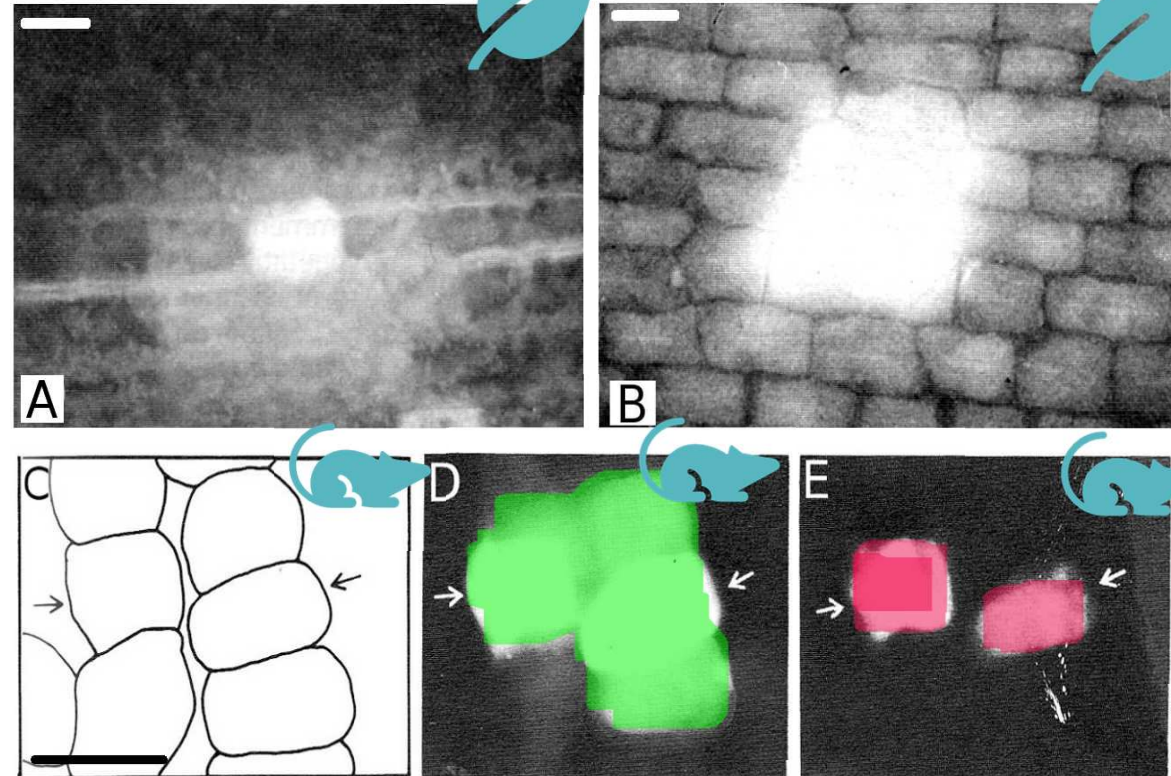
C à E : Les flèches en **C** désignent **deux cellules de souris** qui ont reçu chacune une injection de deux peptides marqués : l'un couplé à la fluorescéine, de masse moléculaire totale 1158 Da ; l'autre couplé à la rhodamine (fluorochrome rouge), de masse moléculaire totale 1926 Da.

Ces cellules sont observées au microscope à fluorescence quelques minutes après la micro injection.

D : observation à travers un filtre sélectionnant uniquement la lumière verte

E : observation à travers un filtre sélectionnant uniquement la lumière rouge

Les barres d'échelle représentent 50 μm



- A-B: cellules végétales: passage de peptide ssi <900 Da
 - Voie symplasmique via plasmodesme (\varnothing 20 à 40 nm) : molécules < 900 Da
 - ✓ Diamètre des plasmodesmes dépendant des protéines entourant le desmotubule
- C-D-E: cellules de souris
 - Jonctions gap pour communication (\varnothing 2 nm): 1,2 kDa <molécules < 2 kDa
 - ✓ Diamètre des connexons dépendant de $[\text{Ca}^{2+}]$

- SV-C La cellule dans son environnement

- SV-C-I- La cellule au sein de l'organisme

PLAN DE COURS

- I. Les matrices extracellulaires, des constituants fondamentaux des tissus
 - A. Structure en réseau des matrices extracellulaires et résistance mécanique des tissus
 1. Des molécules fibreuses résistantes à l'extension.
 2. Un gel glucidique hydrophile résistant à la compression
 3. Des molécules formatrices de réseau
 - B. Une diversité de matrices extracellulaires selon les tissus
 1. Des variations de composition des matrices
 2. Des variations dans l'agencement des fibres dans la matrice
 - C. Production des matrices extracellulaires par les cellules.
 1. Synthèse des constituants
 2. Remodelage de la paroi cellulaire
 3. Bilan sur les MEC

II. Cohésion et communication intercellulaire au sein des tissus

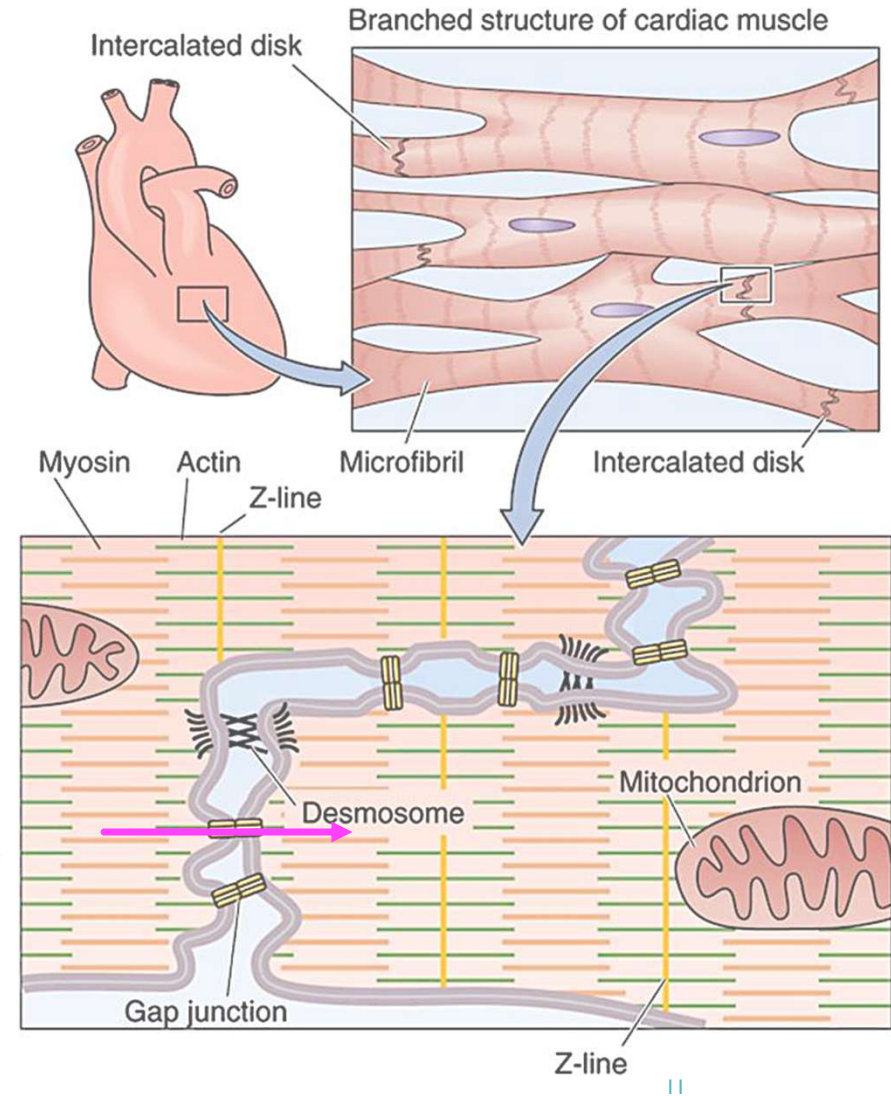
- A. Cohésion des cellules en un tissu fonctionnel
 1. La paroi végétale assure la cohésion des tissus végétaux
 2. Les jonctions serrées assurent l'étanchéité de l'épithélium et maintiennent la polarité cellulaire.
 3. Les jonctions d'ancrage assurent la cohésion des tissus animaux.
 4. Les jonctions d'ancrage adaptent le fonctionnement et le développement cellulaire à son environnement
- B. Communication intercellulaire au sein d'un tissu
 1. Des structures réalisant une connexion entre cytoplasmes.
 2. Un passage de molécules contrôlé.
 3. Des échanges à rôle trophique et informatif.
- III. Des cellules en interaction avec d'autres organismes
 - A. Interactions entre les racines et les microorganismes de la rhizosphère
 - B. Interactions entre épithélium intestinal et microbiote
 1. Des échanges symbiotiques de matière
 2. Un dialogue moléculaire : des échanges d'information

B. COMMUNICATION INTERCELLULAIRE AU SEIN D'UN TISSU

3. Des échanges à rôle trophique et informatif



- Des échanges de **petites molécules hydrophiles** (aa, glucose, ions minéraux, seconds messagers comme l'AMPc, le Ca^{2+}) qui permettent :
 - des **échanges de matière** : transferts des ions absorbés par la racine, approvisionnement de l'ovocyte par les cellules folliculaires
 - des **échanges d'information**, permettant la coordination des cellules d'un même tissu : passage de signaux entre cellules embryonnaires, transmission du signal de contraction à l'ensemble du myocarde = synapse électrique
- ⇒ **cohésion fonctionnelle** entre cellules d'un même tissu



- SV-C La cellule dans son environnement

- SV-C-I- La cellule au sein de l'organisme

PLAN DE COURS

- I. Les matrices extracellulaires, des constituants fondamentaux des tissus
 - A. Structure en réseau des matrices extracellulaires et résistance mécanique des tissus
 1. Des molécules fibreuses résistantes à l'extension.
 2. Un gel glucidique hydrophile résistant à la compression
 3. Des molécules formatrices de réseau
 - B. Une diversité de matrices extracellulaires selon les tissus
 1. Des variations de composition des matrices
 2. Des variations dans l'agencement des fibres dans la matrice
 - C. Production des matrices extracellulaires par les cellules.
 1. Synthèse des constituants
 2. Remodelage de la paroi cellulaire
 3. Bilan sur les MEC

II. Cohésion et communication intercellulaire au sein des tissus

- A. Cohésion des cellules en un tissu fonctionnel
 1. La paroi végétale assure la cohésion des tissus végétaux
 2. Les jonctions serrées assurent l'étanchéité de l'épithélium et maintiennent la polarité cellulaire.
 3. Les jonctions d'ancrage assurent la cohésion des tissus animaux.
 4. Les jonctions d'ancrage adaptent le fonctionnement et le développement cellulaire à son environnement
- B. Communication intercellulaire au sein d'un tissu
 1. Des structures réalisant une connexion entre cytoplasmes.
 2. Un passage de molécules contrôlé.
 3. Des échanges à rôle trophique et informatif.
- III. Des cellules en interaction avec d'autres organismes
 - A. Interactions entre les racines et les microorganismes de la rhizosphère
 - B. Interactions entre épithélium intestinal et microbiote
 1. Des échanges symbiotiques de matière
 2. Un dialogue moléculaire : des échanges d'information

III. DES CELLULES EN INTERACTION AVEC D'AUTRES ORGANISMES

A. INTERACTIONS ENTRE LES RACINES ET LES MICROORGANISMES DE LA RHIZOSPHERE

DOCUMENT 1 : Réponses de deux hôtes végétaux à différents génotypes bactériens pour les facteurs Nod.

Génotype Bactérien	Réponse des Hôtes		Nature des facteurs Nod produits
	Luzerne	Vesce	
sauvage	+	-	Facteur Nod de type 1
Nod C-	-	-	Aucun facteur Nod produit
Nod H-	-	+	Facteur Nod de type 2

Facteurs Nod : protéines synthétisées par les bactéries de type Rhizobium

Luzerne et Vesce : deux plantes de la famille des Fabacées

+ : Formation de nodosité sur les racines

- : Absence de nodosité sur les racines

D'après Duhoux

1- A partir du document 1, démontrez le rôle essentiel des facteurs Nod dans l'élaboration de cette interaction.

On ne constate aucune formation de nodosité, en absence de facteur Nod, protéine synthétisée par les bactéries du genre Rhizobium. En revanche, en présence de facteur Nod de type 1, (génotype sauvage), la fabacée Luzerne se met à produire une nodosité.

On en déduit que la déformation racinaire, nodosité, est induite par les protéines Nod synthétisées par les bactéries du genre Rhizobium.

De plus, on constate que le facteur Nod de type 1 n'induit une nodosité que chez les Fabacées de type Luzerne, et le facteur Nod de type 2 (NodH-) n'induit une réponse que chez les Fabacées de type Vesce.

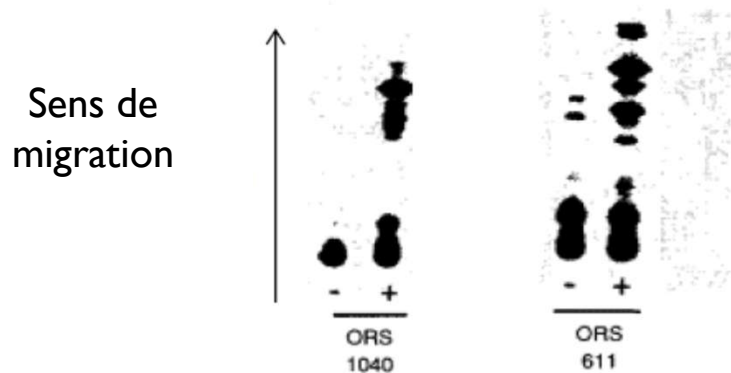
On en déduit une spécificité entre les bactéries et les Fabacées. On peut supposer l'existence de récepteurs racinaires spécifiques des protéines Nod.

extrait du sujet agro B 2017

III. DES CELLULES EN INTERACTION AVEC D'AUTRES ORGANISMES

A. INTERACTIONS ENTRE LES RACINES ET LES MICROORGANISMES DE LA RHIZOSPHERE

Document 2: Séparation en chromatographie sur couche mince des facteurs Nod de souches bactériennes de l'Acacia et de Sesbania, 2 plantes de la famille des Fabacées



ORS 1040: souches de Rhizobium spécifiques de l'Acacia

ORS 611: souches de Rhizobium spécifiques de Sesbania

(+): bactéries incubées en présence d'un flavonoïde

(-): bactéries incubées en absence de flavonoïde

La radioactivité est visualisée après 3 à 8 jours d'exposition avec un film Kodak X-OMAT K.

Flavonoïdes: composés synthétisés par les racines des Fabacées

D'après BOIVIN, et 01. – utilisation des facteurs Nod pour la caractérisation des Rhizobium

2- A partir du document 2, quelle semble être la condition nécessaire à l'induction d'une surexpression de ces facteurs par les bactéries ?

On constate que quelle que soit la souche de bactéries du genre Rhizobium, une différence dans la masse moléculaire et la quantité de protéines Nod synthétisées par les bactéries en présence de flavonoïdes produits par la plante. On en déduit que la plante sécrète des flavonoïdes, détectés par les bactéries qui en retour produisent des protéines Nod. La faible masse moléculaire des protéines Nod comparativement au témoin négatif sans flavonoïde, laisse suggérer que les flavonoïdes ont une action activatrice de protéines Nod (clivage ?) préexistante.

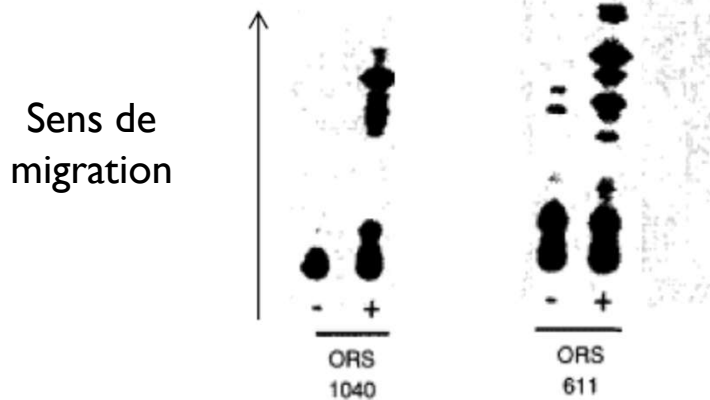
La comparaison des deux souches bactériennes, révèle le même mode d'action malgré la spécificité d'une bactérie pour sa fabacée.

Mais on note également que les protéines Nod produites par une souche de bactéries sont différentes d'une souche à l'autre (masse moléculaire et nombre différents).

III. DES CELLULES EN INTERACTION AVEC D'AUTRES ORGANISMES

A. INTERACTIONS ENTRE LES RACINES ET LES MICROORGANISMES DE LA RHIZOSPHERE

Document 2: Séparation en chromatographie sur couche mince des facteurs Nod de souches bactériennes de l'Acacia et de Sesbania, 2 plantes de la famille des Fabacées



ORS 1040: souches de Rhizobium spécifiques de l'Acacia

ORS 611: souches de Rhizobium spécifiques de Sesbania

(+): bactéries incubées en présence d'un flavonoïde

(-): bactéries incubées en absence de flavonoïde

La radioactivité est visualisée après 3 à 8 jours d'exposition avec un film Kodak X-OMAT K.

Flavonoïdes: composés synthétisés par les racines des Fabacées

D'après BOIVIN, et 01. – utilisation des facteurs Nod pour la caractérisation des Rhizobium

3- A partir des documents 1 et 2, peut-on dire que les facteurs Nod exprimés par les bactéries sont spécifiques de l'espèce végétale avec laquelle elles réalisent une interaction ?

*Cet ensemble documentaire permet de conclure qu'il existe une **spécificité** entre la souche bactérienne et l'espèce de Fabacée dans la mise en place des nodosités.*

*Les flavonoïdes produits par les Fabacées sont reconnus **spécifiquement** par une souche bactérienne. Cette dernière sécrète alors des protéines Nod, reconnues par les cellules racinaires des Fabacées qui se transforment en nodosité.*

III. DES CELLULES EN INTERACTION AVEC D'AUTRES ORGANISMES

A. INTERACTIONS ENTRE LES RACINES ET LES MICROORGANISMES DE LA RHIZOSPHERE

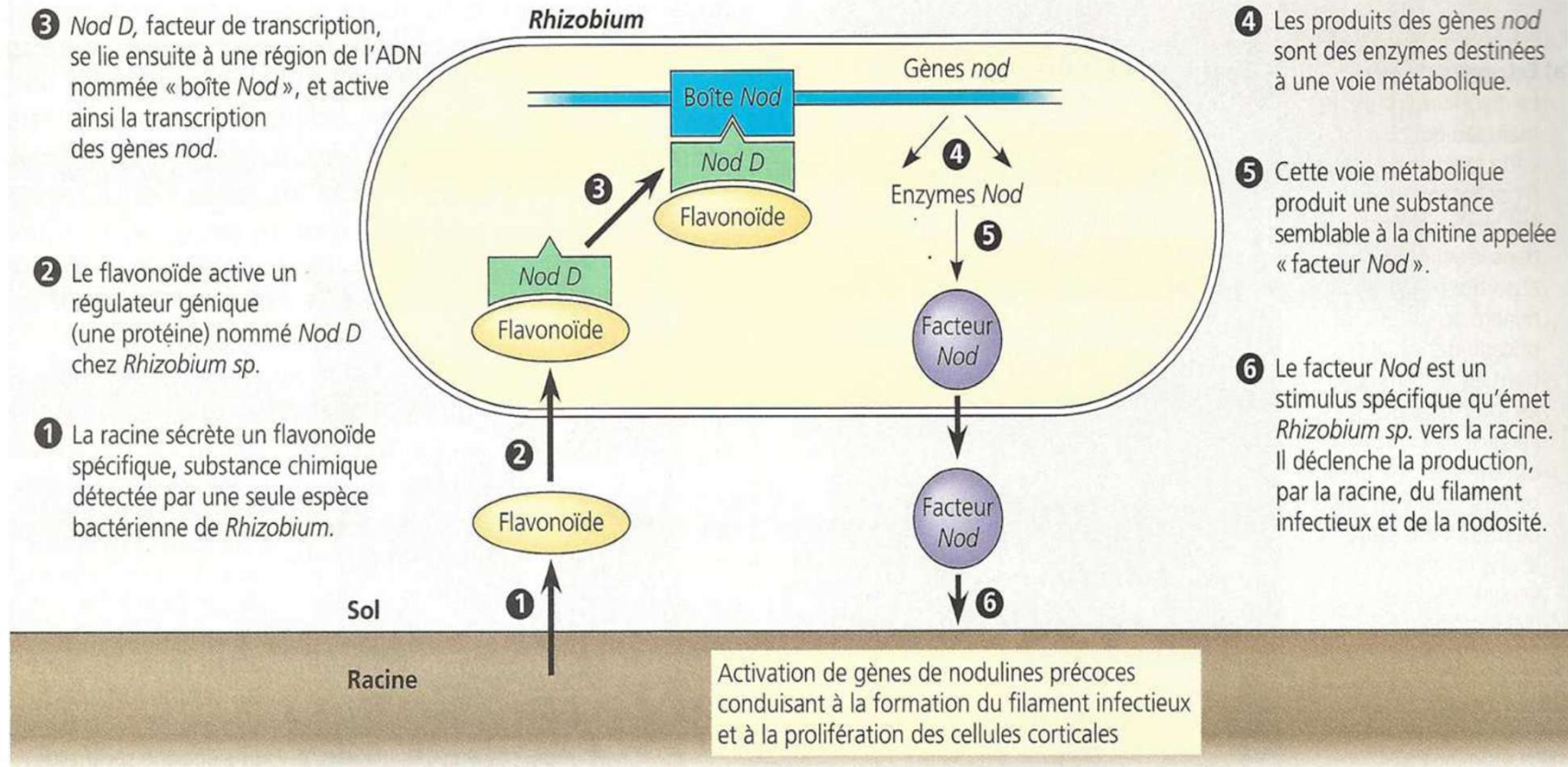


Figure 53 : Dialogues moléculaires entre Fabacée et *Rhizobium*

Mise en place de la **symbiose** entre l'appareil racinaire et *Rhizobium* qui vit librement dans le sol = **nodulation** (= ensemble des processus qui permettent l'édification de la nodosité) .

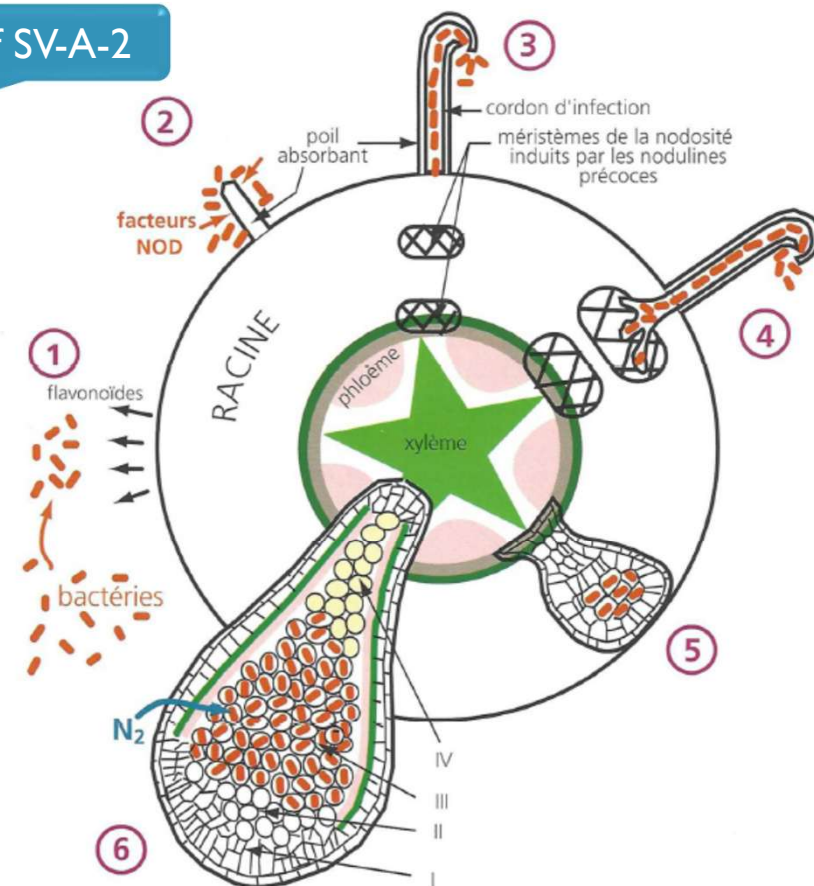
III. DES CELLULES EN INTERACTION AVEC D'AUTRES ORGANISMES

A. INTERACTIONS ENTRE LES RACINES ET LES MICROORGANISMES DE LA RHIZOSPHERE

- Si faible disponibilité en azote minéral dans le sol → Fabacées produisent et excrètent des **flavonoïdes** (composés aromatiques pigmentaires, métabolites secondaires) dans le volume de sol proche des racines (rhizosphère).
- **flavonoïdes** → bactéries *Rhizobium* attirées et se **déplacent** vers les racines de Fabacées (à l'aide mouvements de leur flagelle) : **chimiotactisme positif**.
 - Les flavonoïdes activent l'expression génétique bactérienne des gènes *Nod* = **facteurs de nodulation** (sécrétion dans le milieu)
 - facteurs Nods diffusent, se lient à des récepteurs de la membrane plasmique des poils absorbants → **l'organogenèse des nodules** (via l'expression de nodulines par la plante).
 - Cette interaction spécifique entre la plante et la bactérie modifie la croissance du poil absorbant dont la courbure emprisonne le *Rhizobium*.
- A partir du poil absorbant, un **cordon d'infection** s'étire, se ramifie et gagne le parenchyme racinaire. → vésicules délimitées par une membrane peribactéroïdienne ; l'ensemble des vésicules forme le symbiosome.
- Parallèlement, les bactéries se lient aux cellules de la racine y injectent d'autres molécules qui **inhibent la réponse de défense** de la plante et renforcent la réponse de nodulation.

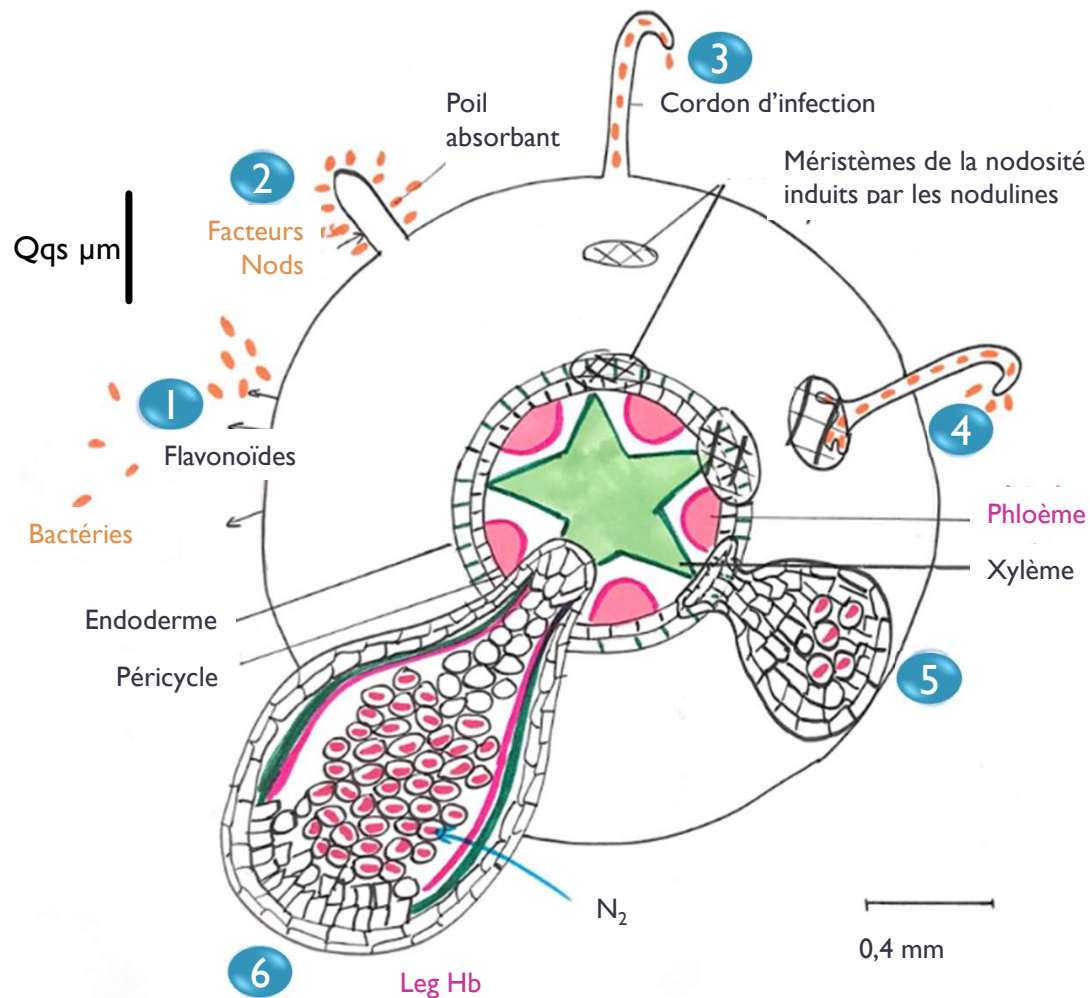
= dialogue moléculaire avec échanges de signaux entre les poils absorbants et les bactéries

Cf SV-A-2



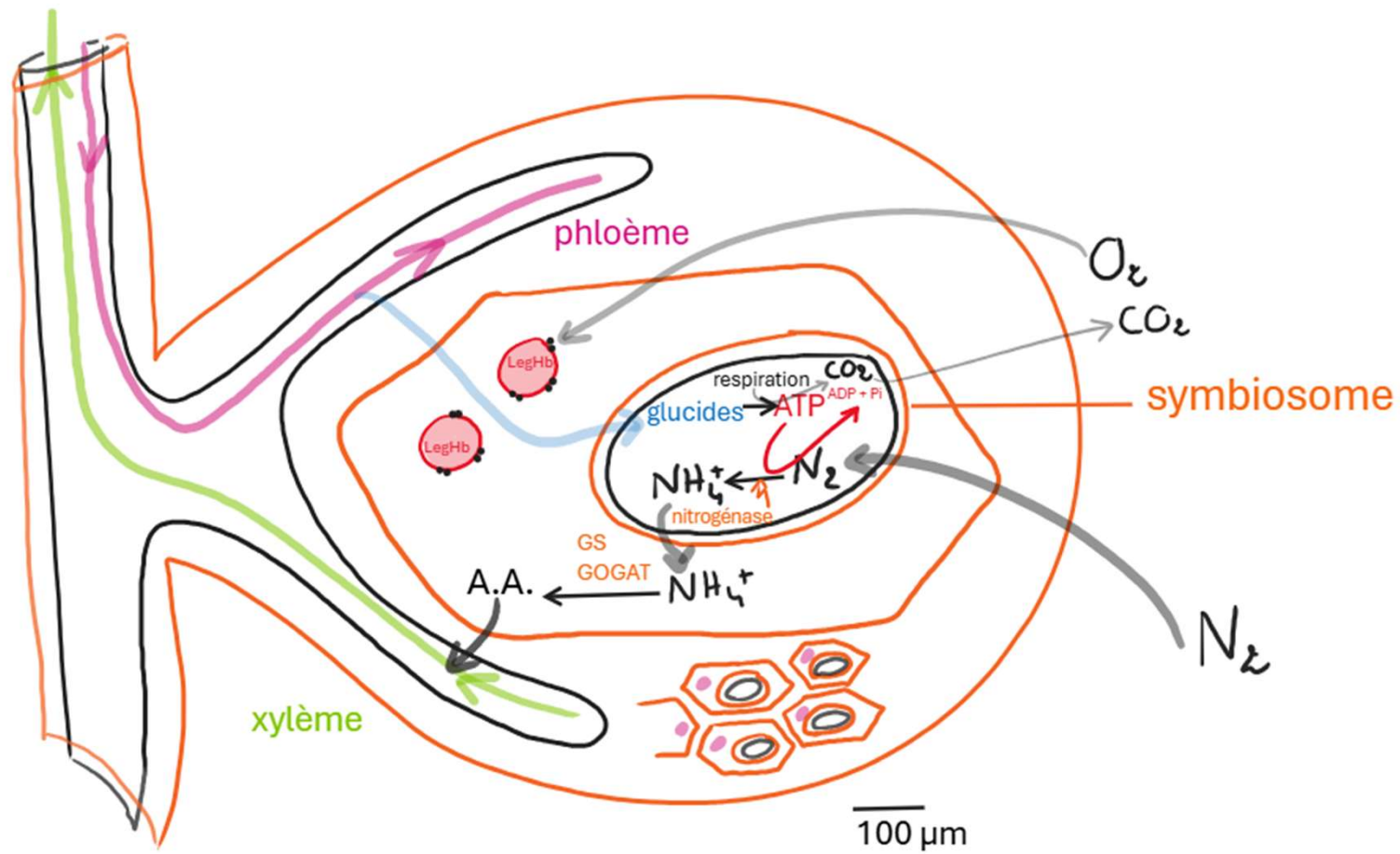
les principales étapes de l'établissement de la symbiose entre une Fabacée et un *Rhizobium*
1. attraction chimique, 2. adhésion et reconnaissance, 3. infection, 4. initialisation de la nodosité, 5. fusion des méristèmes de la nodosité, 6. différenciation de la nodosité. Les proportions ne sont pas respectées d'une étape à l'autre : le poil absorbant mesure quelques micromètres de long et la nodosité au stade 6, quelques millimètres de long. Les stades 3 et 4 durent environ deux jours. Les différentes régions de la nodosité différenciée au stade 6 sont généralement appelées zones I (zone méristématique), II (zone d'accroissement cellulaire et d'infection), III (fixation de N_2) et IV (sénescence). Dans les nodosités persistantes, il y a maintien d'un cordon d'infection au voisinage du méristème (d'après Rolfe et Gresshoff, 1988).

Figure 54 : principales étapes de la nodulation



Les étapes de la nodulation, relation symbiotique entre les bactéries du genre *Rhizobium* et les angiospermes de la famille des Fabacées

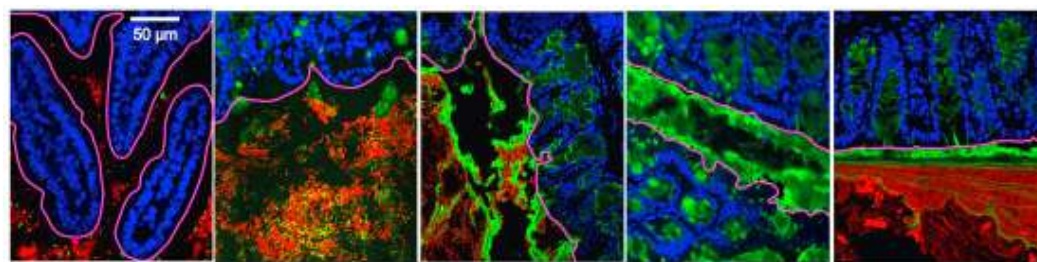
- ① Attraction chimique des bactéries par sécrétion de flavonoïdes par la racine
- ② Adhésion et reconnaissance des espèces du genre *Rhizobium* avec l'espèce de Fabacée/ sécrétion de facteurs NOD par les bactéries
- ③ Mise en place d'un cordon d'infection suite à l'action des facteurs NOD/ multiplication au sein des méristèmes de la nodosité sous l'induction des facteurs NOD (nodulines)
- ④ Initialisation de la nodosité
- ⑤ Fusion des méristèmes de la nodosité, les bactéries changent de forme (bactéroïdes), synthèse de Leghémoglobine par les cellules racinaires hébergeant les bactéroïdes
- ⑥ Fixation du N_2 atmosphérique par *Rhizobium* grâce à la nitrogénase, transfert de matières azotées à la plante et apport de photosynthétats à la bactérie (conduction assurée par xylème et phloème)



La fixation du diazote atmosphérique par la bactérie *Rhizobium* de la nodosité d'une Fabacée

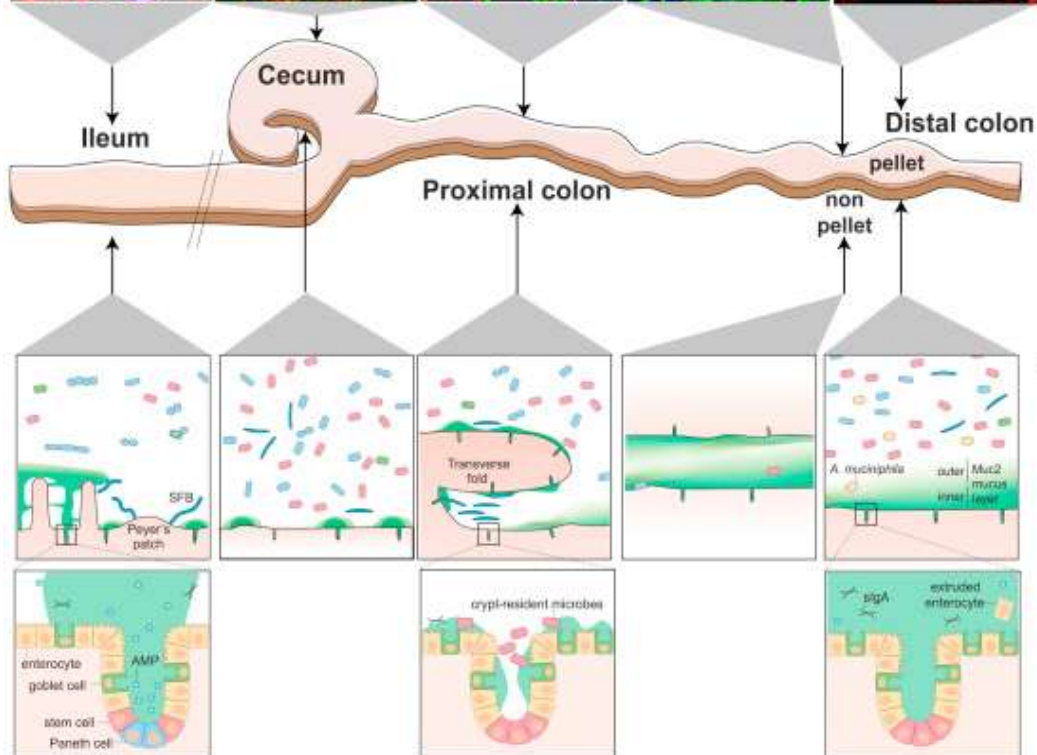
III. DES CELLULES EN INTERACTION AVEC D'AUTRES ORGANISMES

B. INTERACTIONS ENTRE ÉPITHÉLIUM INTESTINAL ET MICROBIOTE



Staining:
 Host nuclei
 Bacteria/fiber
 Mucus
 Epithelium

Notre tube digestif abrite pas moins de **10¹³ micro-organismes**, soit autant que le nombre de cellules qui constituent notre corps. Cet ensemble de bactéries, virus, parasites et champignons non pathogènes constitue notre microbiote intestinal (ou flore intestinale).



Dominant phyla:
 Bacteroidetes
 Firmicutes
 Verrucomicrobia
 Proteobacteria
 Actinobacteria

Le microbiote intestinal (Tropini et al., Cell Host & Microbe 2017)

Observations en microscopie confocale à fluorescence de la diversité du microbiote intestinal de la souris :

- La couche de mucus s'épaissit le long du tube digestif
- La densité et la diversité des bactéries augmentent le long du tube digestif

- SV-C La cellule dans son environnement

- SV-C-I- La cellule au sein de l'organisme

PLAN DE COURS

- I. Les matrices extracellulaires, des constituants fondamentaux des tissus
 - A. Structure en réseau des matrices extracellulaires et résistance mécanique des tissus
 1. Des molécules fibreuses résistantes à l'extension.
 2. Un gel glucidique hydrophile résistant à la compression
 3. Des molécules formatrices de réseau
 - B. Une diversité de matrices extracellulaires selon les tissus
 1. Des variations de composition des matrices
 2. Des variations dans l'agencement des fibres dans la matrice
 - C. Production des matrices extracellulaires par les cellules.
 1. Synthèse des constituants
 2. Remodelage de la paroi cellulaire
 3. Bilan sur les MEC

II. Cohésion et communication intercellulaire au sein des tissus

- A. *Cohésion des cellules en un tissu fonctionnel*
 1. *La paroi végétale assure la cohésion des tissus végétaux*
 2. *Les jonctions serrées assurent l'étanchéité de l'épithélium et maintiennent la polarité cellulaire.*
 3. *Les jonctions d'ancrage assurent la cohésion des tissus animaux.*
 4. *Les jonctions d'ancrage adaptent le fonctionnement et le développement cellulaire à son environnement*
 - B. *Communication intercellulaire au sein d'un tissu*
 1. *Des structures réalisant une connexion entre cytoplasmes.*
 2. *Un passage de molécules contrôlé.*
 3. *Des échanges à rôle trophique et informatif.*
- ## III. Des cellules en interaction avec d'autres organismes
- A. *Interactions entre les racines et les microorganismes de la rhizosphère*
 - B. *Interactions entre épithélium intestinal et microbiote*
 1. *Des échanges symbiotiques de matière*
 2. *Un dialogue moléculaire : des échanges d'information*

B. INTERACTIONS ENTRE ÉPITHÉLIUM INTESTINAL ET MICROBIOTE

I. Des échanges symbiotiques de matière



- Le microbiote intestinal assure son **propre métabolisme** en puisant dans les aliments en cours de digestion (notamment parmi les fibres alimentaires).
- Le microbiote assure un rôle direct dans la digestion
 - **fermentation des substrats** et *résidus alimentaires non digestibles*.
 - facilitent **l'assimilation des nutriments** grâce à un ensemble d'**enzymes**
 - Hydrolyse de l'amidon, de la cellulose, des polysaccharides...=> nutriments assimilables par les entérocytes
 - synthèse de certaines **vitamines** (vitamine K, certaines vitamines B) et à trois acides aminés essentiels : la valine, la leucine et l'isoleucine.
 - Régulation de **plusieurs voies métaboliques** : absorption des acides gras, du calcium, du magnésium.
- Des animaux élevés sans microbiote (dits axéniques) ont des besoins énergétiques 20 à 30 % fois supérieurs à ceux d'un animal normal.

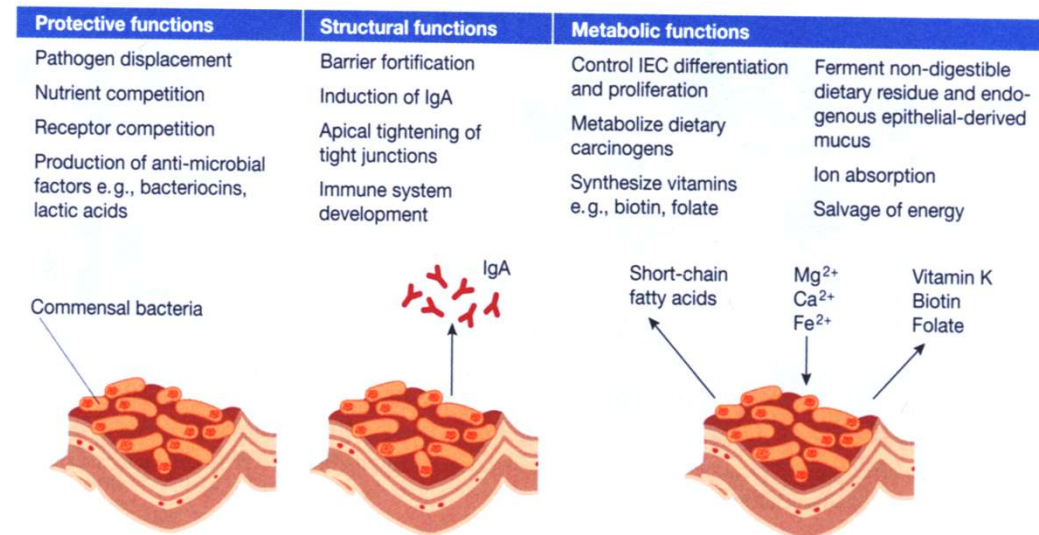
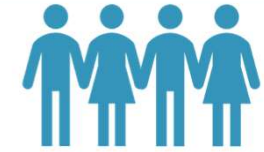
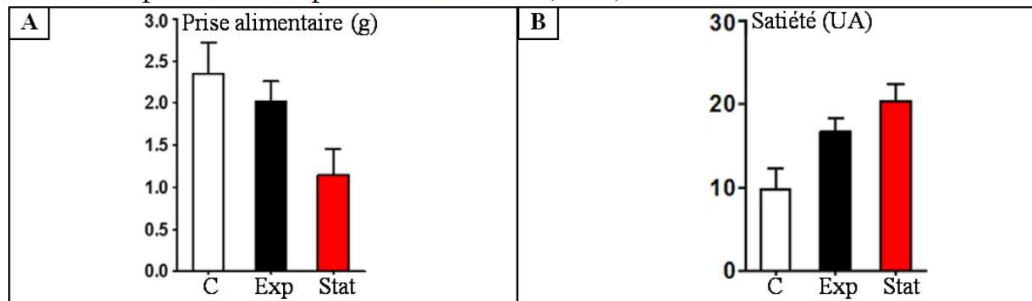
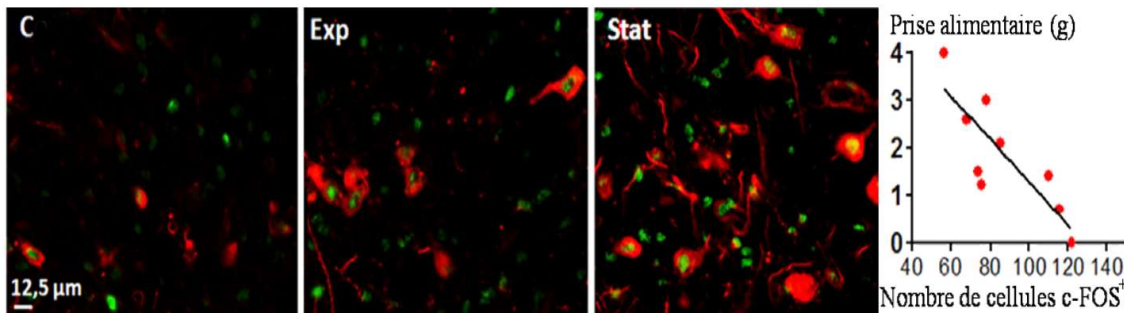


Figure 56 : Aperçu des rôles du microbiote intestinal

Documents 2-1A et 2-1B : Une solution tampon (C) ou les **protéines totales** extraites de cultures d'*E. coli*, en phase exponentielle (Exp) ou stationnaire (Stat), sont injectées dans la cavité abdominale de rats. Suite à l'injection, les rats sont privés d'alimentation pendant une nuit puis disposent de nourriture à volonté. On mesure alors la quantité de nourriture qu'ils ingèrent pendant 2 heures (2-1A). La satiété est quantifiée chez ces rats, pendant 24 heures après le début de la prise alimentaire, à l'aide d'un calcul prenant en compte la quantité de nourriture consommée et l'intervalle de temps entre deux prises alimentaires (2-1B).

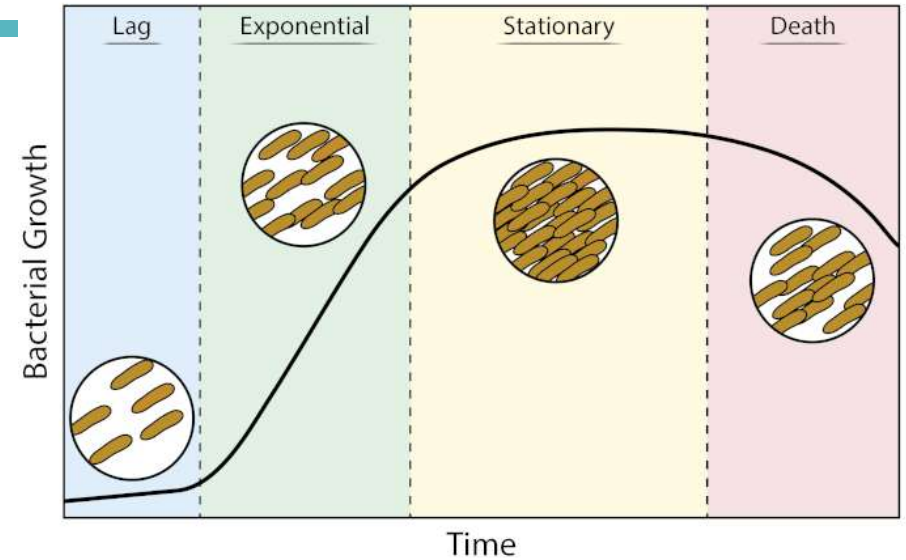


Comme dans les documents 2-1A et 2-1B, une solution tampon (C) ou les **protéines totales** extraites de cultures d'*E. Coli*, en phase exponentielle (Exp) ou stationnaire (Stat) sont injectées dans la cavité abdominale de rats. La prise alimentaire des rats est évaluée pendant deux heures, puis ils sont sacrifiés. Des sections d'hypothalamus sont incubées avec des anticorps spécifiques du facteur de transcription c-FOS couplés à un fluorophore vert, ainsi que des anticorps spécifiques des β -endorphines couplés à un fluorophore rouge (voir l'introduction du thème 2 pour les informations sur ces molécules). Les cellules émettant un signal vert (c-FOS⁺) sont dénombrées.



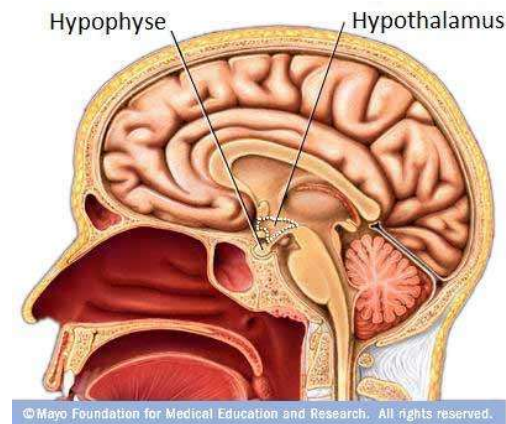
BCPST1 - ENCPB - S. DALAINE

Bacterial Growth Curve



<https://www.jove.com/protocol/10511/growth-curves-cfu-and-optical-density-measurements?>

Courbe de croissance des bactéries: évaluation par densité optique



- SV-C La cellule dans son environnement

- SV-C-I- La cellule au sein de l'organisme

PLAN DE COURS

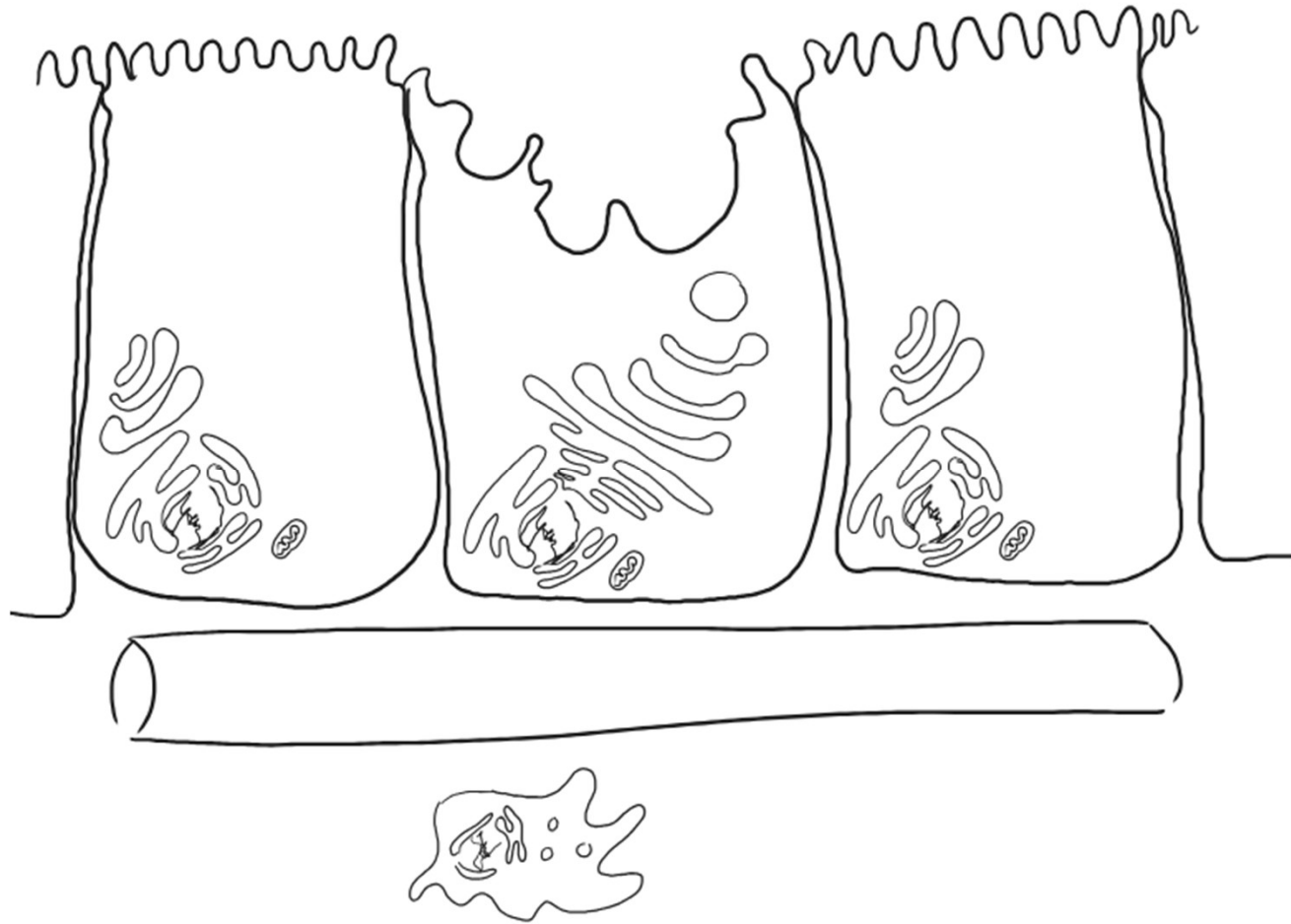
- I. Les matrices extracellulaires, des constituants fondamentaux des tissus
 - A. Structure en réseau des matrices extracellulaires et résistance mécanique des tissus
 1. Des molécules fibreuses résistantes à l'extension.
 2. Un gel glucidique hydrophile résistant à la compression
 3. Des molécules formatrices de réseau
 - B. Une diversité de matrices extracellulaires selon les tissus
 1. Des variations de composition des matrices
 2. Des variations dans l'agencement des fibres dans la matrice
 - C. Production des matrices extracellulaires par les cellules.
 1. Synthèse des constituants
 2. Remodelage de la paroi cellulaire
 3. Bilan sur les MEC

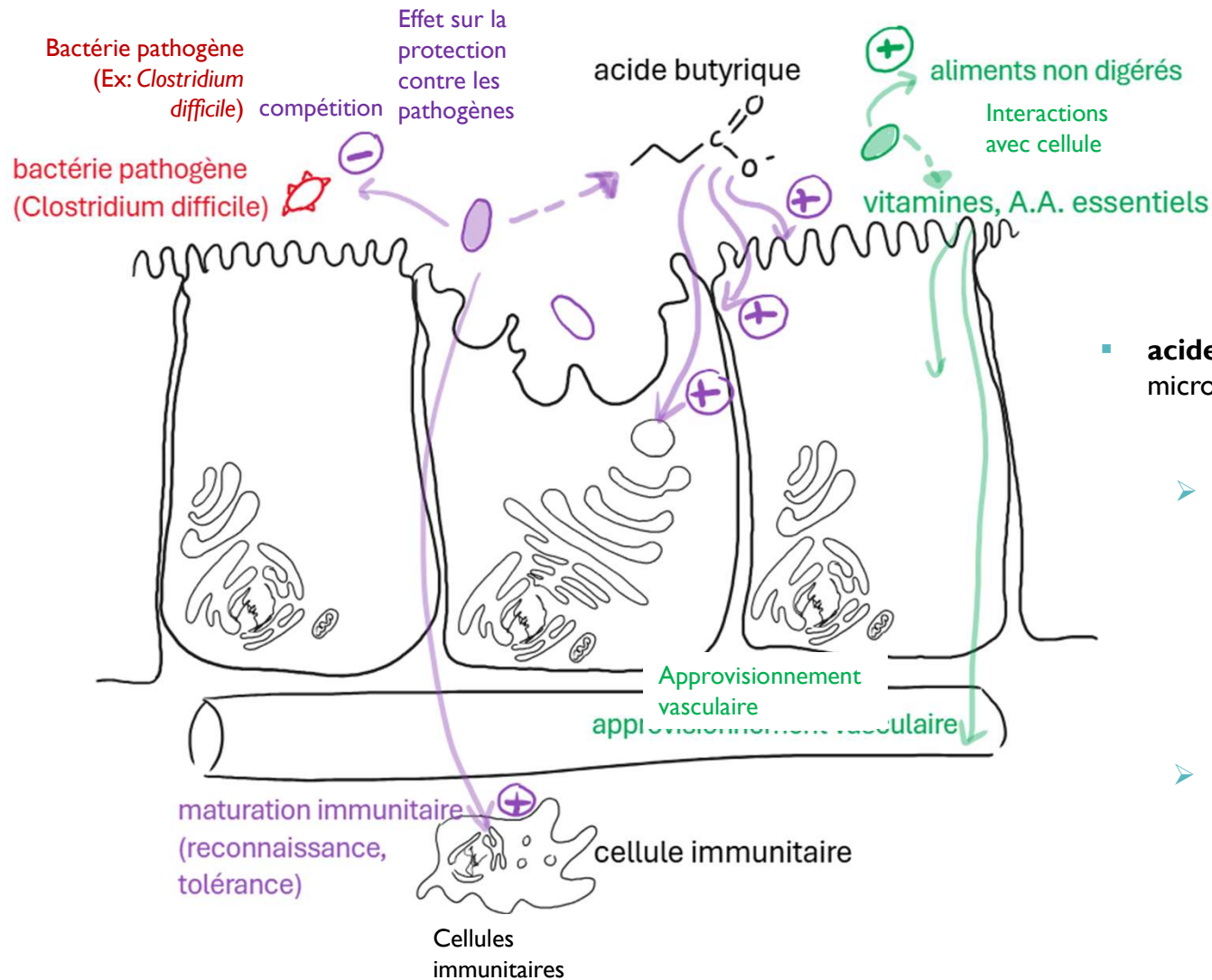
II. Cohésion et communication intercellulaire au sein des tissus

- A. Cohésion des cellules en un tissu fonctionnel
 1. La paroi végétale assure la cohésion des tissus végétaux
 2. Les jonctions serrées assurent l'étanchéité de l'épithélium et maintiennent la polarité cellulaire.
 3. Les jonctions d'ancrage assurent la cohésion des tissus animaux.
 4. Les jonctions d'ancrage adaptent le fonctionnement et le développement cellulaire à son environnement
 - B. Communication intercellulaire au sein d'un tissu
 1. Des structures réalisant une connexion entre cytoplasmes.
 2. Un passage de molécules contrôlé.
 3. Des échanges à rôle trophique et informatif.
- ## III. Des cellules en interaction avec d'autres organismes
- A. Interactions entre les racines et les microorganismes de la rhizosphère
 - B. Interactions entre épithélium intestinal et microbiote
 1. Des échanges symbiotiques de matière
 2. Un dialogue moléculaire : des échanges d'information

B. INTERACTIONS ENTRE ÉPITHÉLIUM INTESTINAL ET MICROBIOTE

2. Un dialogue moléculaire : des échanges d'information





- **acide butyrique:** produit par le microbiote intestinal des mammifères.
 - ✓ production amplifiée par fibres solubles
 - carburant à la muqueuse intestinale
 - ✓ Nutrition des entérocytes
 - ✓ Augmentation des microvillosités
 - ✓ Stimulation de l'expression des protéines de jonction serrée → renforcement de l'effet barrière de la muqueuse intestinale
 - immunostimulant local (différence entre bactéries symbiotiques et agents pathogènes)

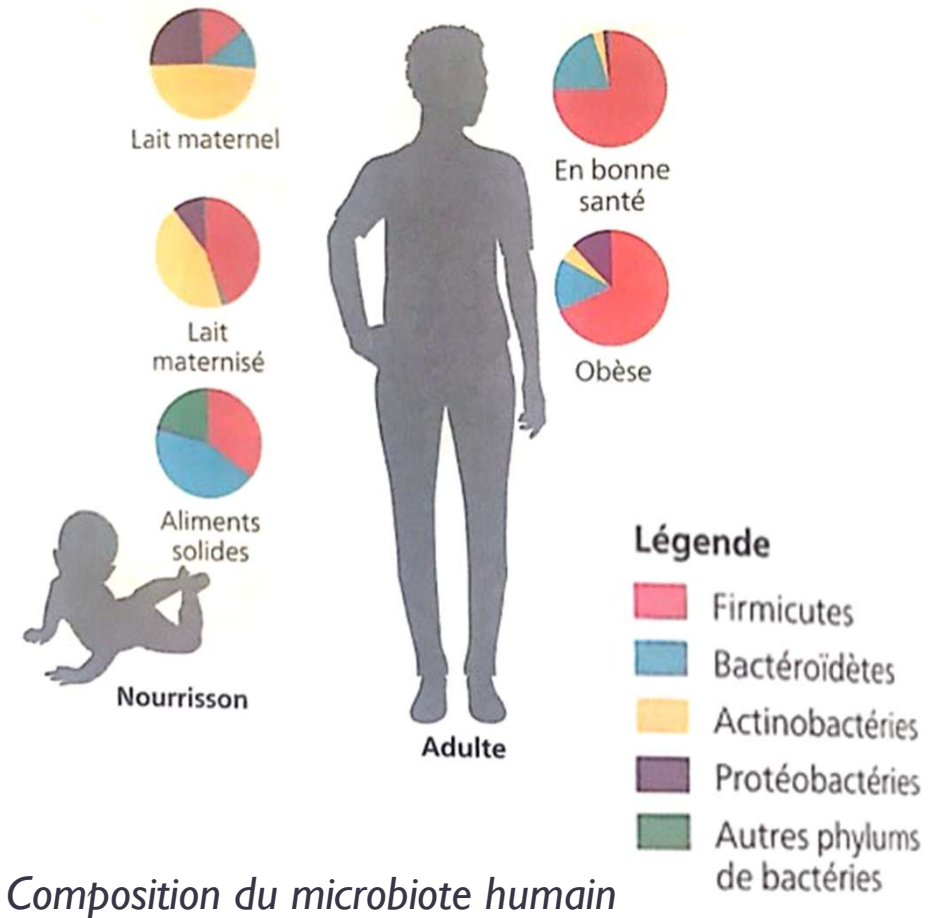
B. INTERACTIONS ENTRE ÉPITHÉLIUM INTESTINAL ET MICROBIOTE

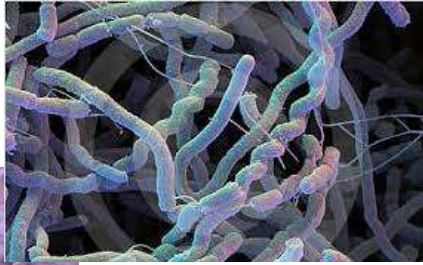
Rôle du microbiote – chez l'Homme

Microbiote : (n.m.) ensembles des microorganismes d'un écosystème



- Le TD (en particulier l'intestin) abrite un **microbiote** qui **participe** à la **digestion chimique**.
- Ce microbiote est **constitué** de **différents** types de **microorganismes** : bactéries, champignons, archées, virus.
- La **composition** du microbiote est **variable** en fonction de nombreux facteurs : âge, alimentation, état physiologique...
- Rôle :
 - **dégradation** des aliments grâce à des enzymes que l'organisme ne possède pas (par fermentation) (ex : dégradation de fibres végétales)
 - Facilitation de l'**absorption** de certains éléments (Ca, Mg, Fe, AG)
 - Participation à la **synthèse** de **vitamines** (K, B12, B8) et certains **AAE** (V, I, L)
- Un **déséquilibre** de la flore intestinale peut s'accompagner de **dysfonctionnements**, voire de **maladies**.





Cf SV-A-1

	Abondance	Quelques espèces	Molécules hydrolysées
Bactéries	10 ⁹ à 10 ¹⁰ /mL de jus de rumen	<i>Bacteroides succinogenes</i> <i>Ruminococcus albus</i> <i>Ruminococcus flavefaciens</i> <i>Butyrivibrio fibrisolvens</i>	cellulose
	1 kg de bactéries chez un bovin	<i>Bacteroides ruminicola</i> <i>Butyrivibrio fibrisolvens</i>	hémicelluloses protéines
		<i>Bacteroides amylophilus</i> <i>Streptococcus bovis</i> <i>Bacteroides ruminicola</i>	Amidon protéines
Ciliés	10 ⁴ à 10 ⁶ /mL de jus de rumen 2 kg de ciliés chez un bovin	Entodiniomorphes	Glucides, certaines espèces sont cellulolytiques Protéines Lipides (galactolipides)
Champignons (moisissures)	10 ⁴ /mL de jus de rumen	Chytridiomycète	Fibres indigestibles par les autres micro-organismes



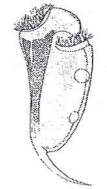
Ciliés?
Archées?



Entodinium longinucleatum



Diplodinium multivesiculum



Epidinium ecaudatum

Rôle des protozoaires
Les **protozoaires** jouent un rôle indirect dans la digestion :

- ils **brassent mécaniquement** le bol alimentaire
- ils **consomment** certaines **bactéries** → renouvellement de la flore
- ils sont eux-mêmes **digérés**

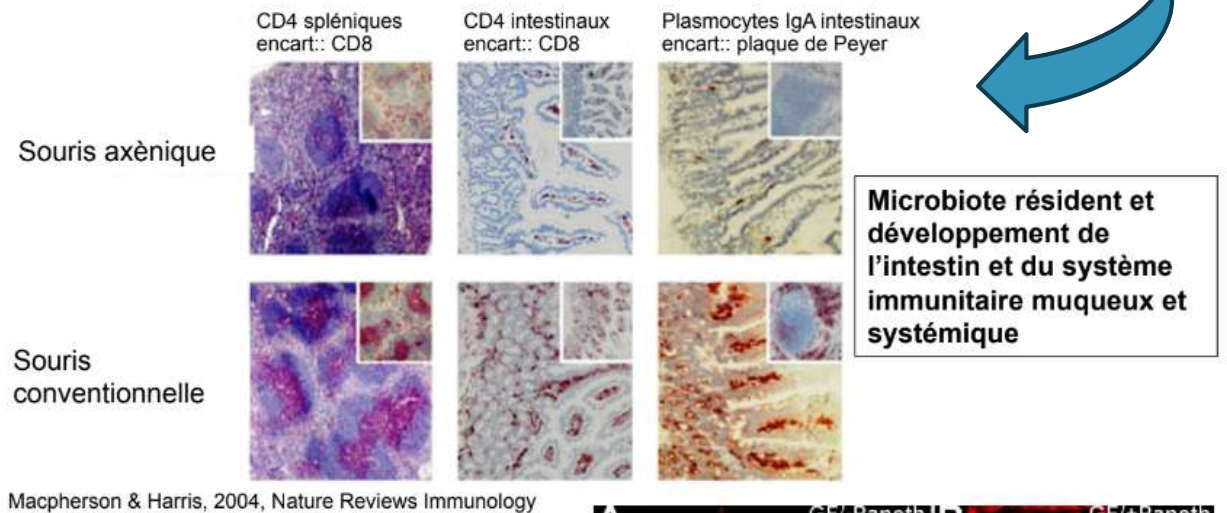
B. INTERACTIONS ENTRE ÉPITHÉLIUM INTESTINAL ET MICROBIOTE

2. Un dialogue moléculaire : des échanges d'information

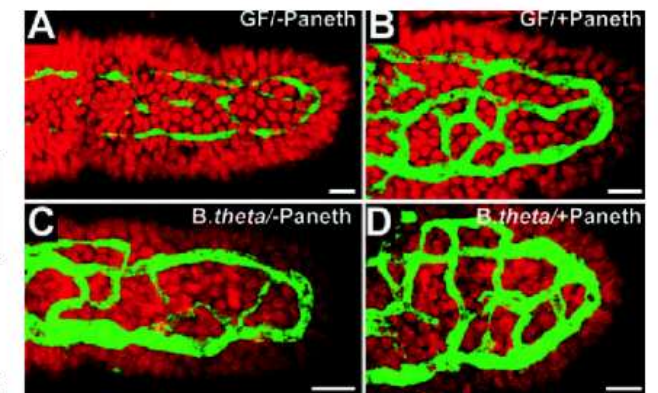
■ **Souris axénique**, conséquence sur le système immunitaire:

- Physiologie, métabolisme, **immunité profondément altérés** (Gordon & Pesti, 1972, Bacteriol Rev):
- Paroi intestinale très fine / fragile
- Immaturité de la vascularisation capillaire intestinale / **diminution de production de facteurs d'angiogénèse** (Stappenbeck & coll, 2002, PNAS)
- Réduction de motilité intestinale = diminution d'expression de neuromédiateurs et immaturité du système nerveux myo-entérique (Kabouridis & coll., 2015, Neuron)
- Absence de dégradation des mucines = gros caecum occupant une grande partie de la cavité abdominale entraînant un risque d'occlusion/rupture

Cellules de Paneth: fond des cryptes, **rôle dans l'immunité innée**



Villosités intestinales murines
Immunomarquage FITC = Facteur de Willebrand
(vaisseaux de la lamina propria)



B. INTERACTIONS ENTRE ÉPITHÉLIUM INTESTINAL ET MICROBIOTE

2. Un dialogue moléculaire : des échanges d'information

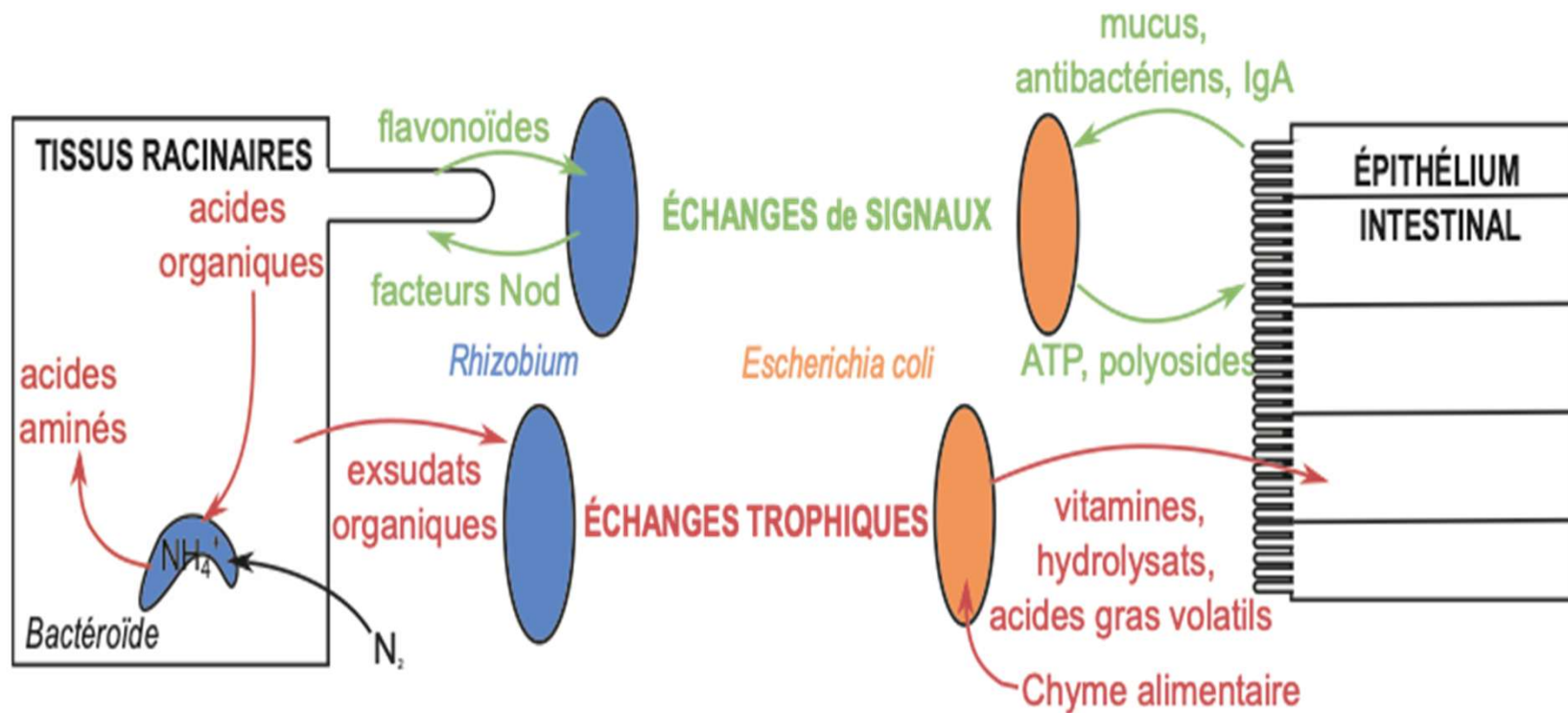
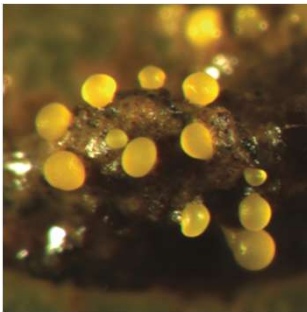


Figure 5.6 Exemples d'interactions entre les tissus des organismes pluricellulaires et les bactéries.

OUVERTURE

Organismes à caractère pluricellulaire discutable :



Myxobactéries

Organisme bactérien capable de s'associer en amas multicellulaire mobile, avec des cellules spécialisées dans la reproduction



Cyanobactéries

Filaments de bactéries photosynthétiques associées les unes aux autres. Spécialisation cellulaire (certaines cellules du filament, les hétérocystes, sont spécialisées dans le métabolisme de l'azote)

RAPPORT DE JURY

- **Définitions à connaître :** Cellule, tissu, matrice extracellulaire, lame basale, convergence évolutive, symplasma, fibroblaste, tissu conjonctif

Extraits de rapports

Epreuve	Commentaires
Agro-Véto, oral de biologie biogéosciences, 2023	Le jury regrette que les candidats n'utilisent que trop rarement le formulaire mis à disposition pendant toute la préparation ainsi que pendant tout le déroulé de l'épreuve. Pour rappel, ce formulaire peut appuyer des propos en lien avec toute explication d'un phénomène biochimique. Souligner les rapports structure/fonction des molécules en se basant sur le formulaire est donc valorisé.
ENS, épreuve de biologie, 2022	La paroi pecto-cellulosique est très souvent négligée, et la membrane plasmique des cellules végétales souvent oubliée sur les figures. La description des jonctions mécaniques entre les cellules est moyennement maîtrisée : confusions entre jonctions étanches et d'adhérence, lien avec le cytosquelette non représenté ou avec les mauvais filaments... En revanche le lien avec les échelles supérieures (tissus, organes) est souvent mentionné. Les notions de jonctions GAP et de plasmodesmes sont mal maîtrisées, surtout les seconds (approximations en termes de structure et de taille d'exclusion). En plus de donner des tailles d'exclusion en kDa il est pertinent de donner des exemples de molécules (ions, glucose, nucléotides, acides aminés...) qui peuvent passer la structure.

SUJETS DE SYNTHÈSE AGRO-VÉTO 2015-2023 SV-C I

- Les matrices extra-cellulaires
- La paroi des cellules végétales
- Comparaison des matrices extracellulaires animale et végétale
- Comparaison tissu épithélial – tissu conjonctif (2023)
- Les cellules au sein d'un tissu (2023)
- Qu'est-ce qu'un tissu ? (2023)
- Qu'est-ce qu'un tissu végétal ? (2023)

