

Introduction

Antoni van Leeuwenhoek (1632 – 1723)

- Commerçant à Delft (Pays-Bas)
- Améliore le microscope
- Premières observations de micro-organismes issus de l'intestin de mouche et de grenouille
- Constate l'augmentation des « micro-organismes » dans les selles humaines en cas de diarrhée (1675).



Antoni van Leeuwenhoek –
Rijkmuseum Amsterdam

3- Les
modifications

2- Quelques
rôles

1- La diversité du
microbiote

MICROBIOTE INTESTINAL HUMAIN

Introduction

Des bactéries considérées comme néfastes

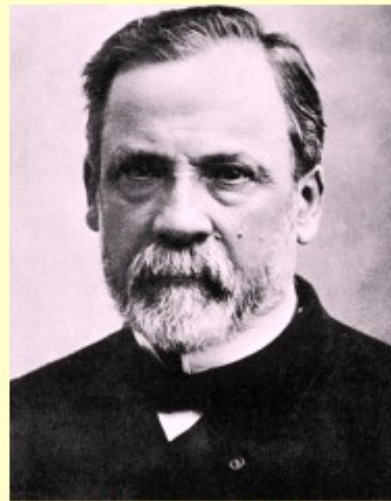
- 1860-1870 : controverse entre les hétérogénistes et les panspermistes
- Pasteur aura du mal à imposer l'idée que des bactéries peuvent être à l'origine de maladies

- L'idée selon laquelle « *Une bactérie donnée est responsable d'une maladie donnée* » (R. Koch 1884)

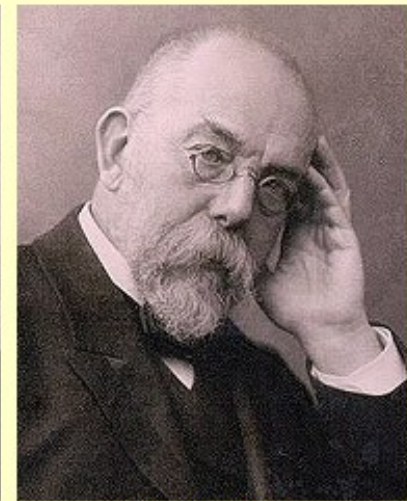
Deviens

« *Les maladies sont causées par les bactéries* »

Les bactéries sont donc alors considérées comme néfastes.



Louis Pasteur
(1822-1895).



Robert Koch
(1843-1910).

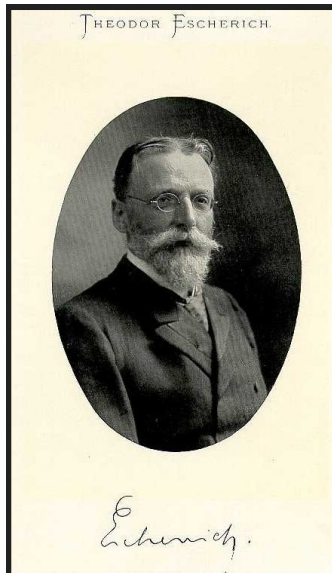
3- Les
modifications

2- Quelques
rôles

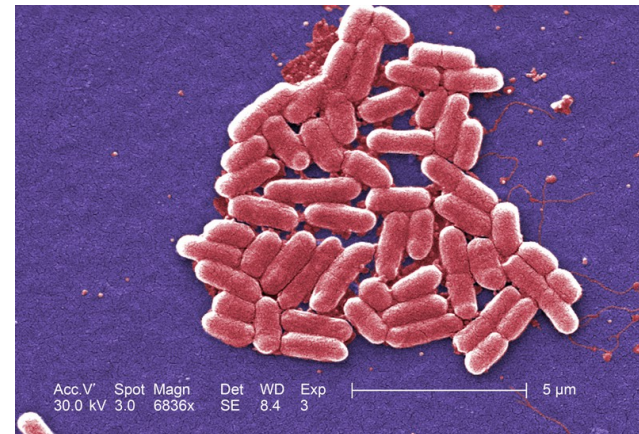
1- La diversité du
microbiote

Introduction

E. Coli, « la » bactérie intestinale ?



- Theodor Escherich (1857-1911), pédiatre autrichien, découvre en 1885 une bactérie (normalement) non-pathogène dans les excréments de chèvre : *Escherichia coli*.
- *E. coli* est une bactérie aéro-anaérobie facultative, elle peut donc se cultiver facilement.



3- Les modifications

2- Quelques rôles

1- La diversité du microbiote

MICROBIOTE INTESTINAL HUMAIN

Introduction

De la flore au microbiote intestinal?

- La première publication sur « *la flore intestinale* » dans une revue à comité de lecture remonte à 1914 (*Science*)
- La première publication utilisant le terme « *microbiote* » remonte à 1956 (pour la bouche).
- La première référence au « *microbiote intestinal* » remonte à 1977 (pour les termites)
- Fin 2016, environ 25 000 articles publiés sur thème du microbiote sont recensés sur la base de donnée Pubmed ; 22 000 de ces articles ont moins de 10 ans.
- Actuellement 5 à 6 000 articles scientifiques sont publiés annuellement sur le sujet.

3- Les
modifications

2- Quelques
rôles

1- La diversité du
microbiote

La diversité du microbiote

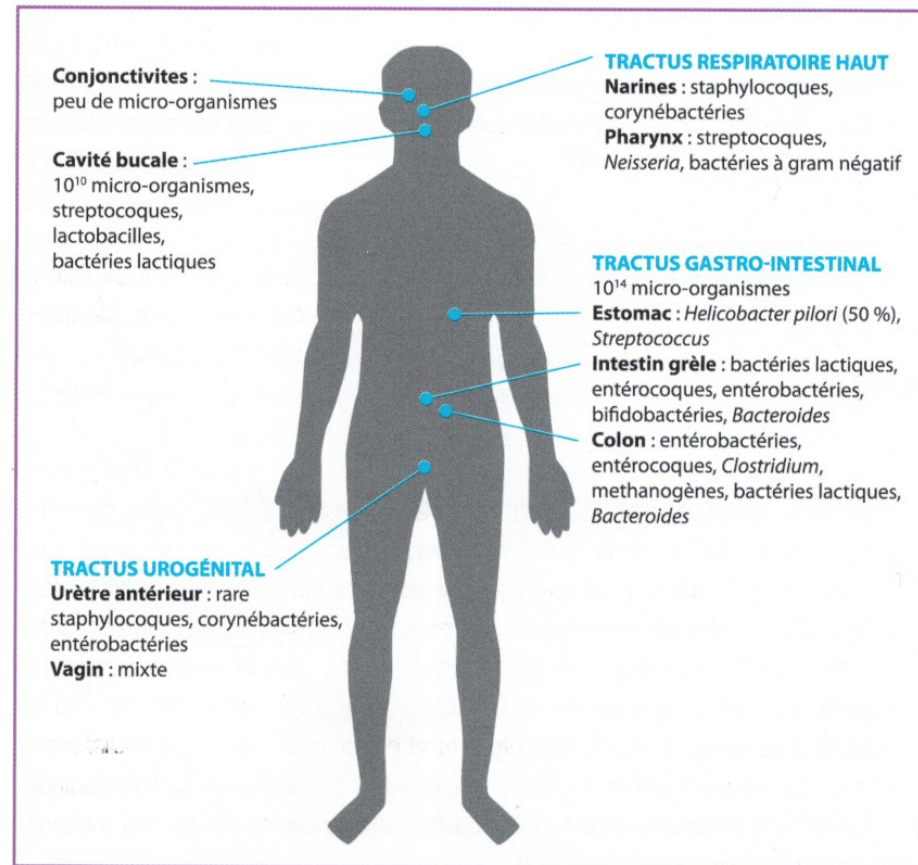
Localisation | Caractérisation | Projet MetaHIT

Localisation du microbiote

Toute la surface de notre corps présente des microorganismes :

- 10^{12} sur notre peau
- 10^{14} au niveau intestinal

L'essentiel du microbiote se situe dans l'intestin grêle et le côlon.



Source : Livre *Biofilm, quand les microbes s'organisent*.
 Editeur : Quae. ISBN : 978-2-7592-1764-9. Parution :
 01/01/2012

3- Les modifications

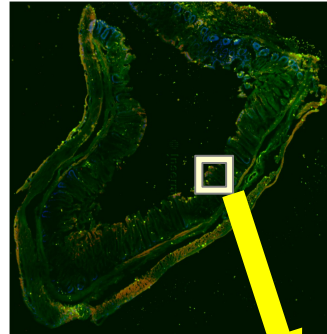
2- Quelques rôles

1- La diversité du microbiote

La diversité du microbiote

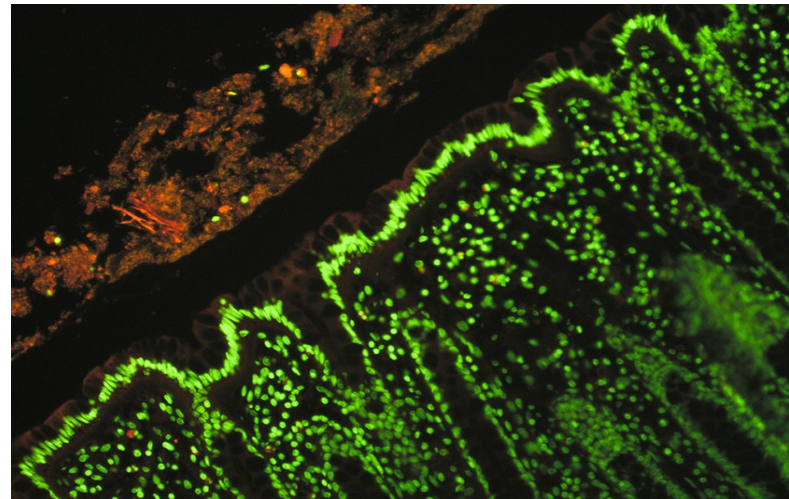
Localisation | Caractérisation | Projet MetaHIT

Coupe d'intestin de souris



Coupe transversale d'intestin

lumière {
Microbiote
Mucus
Épithélium intestinal



10 μ m

Source :
Inserm

3- Les modifications

2- Quelques rôles

1- La diversité du microbiote

La diversité du microbiote

Localisation | Caractérisation | Projet MetaHIT

Etude par coproculture

- En 1975, les bactéries non pathogènes présentes dans l'intestin humain sont étudiées par coproculture (mise en culture d'une suspension des selles).
- Les bactéries aéro-anaérobie facultatives peuvent être mises en culture si leur nombre dépasse 10^9 bactéries/g de selles sèches. Les bactéries anaérobies strictes mises en évidence ne peuvent l'être que si leur nombre dépasse 10^{10} bactéries/g de selles. => De nombreuses bactéries ne sont pas détectées : culture impossible ou trop faible population.
- Peu d'information sur l'abondance relative.

Microbial types

Lactobacilli
Streptococci
Peptostreptococcus
Peptococcus
Bifidobacterium
Clostridium
Eubacterium
Propionibacterium
Ruminococcus
Gemminger
Coprococcus
Catenabacterium
Coliforms
Bacteroides
Fusobacterium
Veillonella

3- Les modifications

2- Quelques rôles

1- La diversité du microbiote

La diversité du microbiote

Localisation | Caractérisation | Projet MetaHIT

Le séquençage pour établir la diversité

- Les progrès du séquençage des acides nucléiques (ADN, ARN) permettent d'envisager d'établir la diversité du microbiote intestinal à partir de données génétiques.
- Le gène étudié doit être ubiquitaire et avoir une vitesse d'évolution compatible avec l'établissement de la diversité des bactéries.
- Le choix se porte sur l'ARN ribosomal 16S (petite sous unité ribosomiale des procaryotes).

1- La diversité du microbiote**2- Quelques rôles****3- Les modifications**

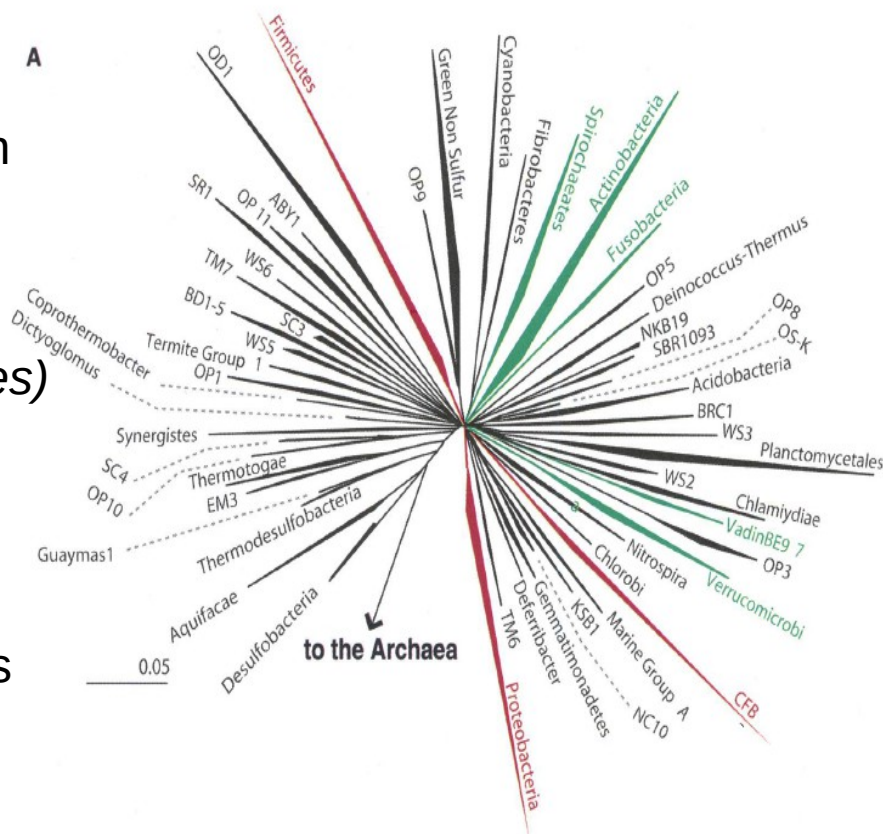
La diversité du microbiote

Localisation | Caractérisation | Projet MetaHIT

Seulement 3 embranchements abondants dans l'intestin humain

Sur les 55 embranchements que comprend le règne bactérien :

- 3 sont abondants dans l'intestin humain :
 - Firmicutes,
 - CFB (Cytophaga-Flavobacterium-Bacteroides)
 - Protobactéries)
- 5 sont rares
- la plupart des embranchements sont indétectables.



(Science 2005)

3- Les modifications

2- Quelques rôles

1- La diversité du microbiote

La diversité du microbiote

L'embranchement CFB

-
- to the Bacteria
- 3/353
- 3/4
- 7/17
- 100/117
- 0.10
- 8/277

3- Les modifications

2- Quelques rôles

1- La diversité du microbiote

La diversité du microbiote

Localisation | Caractérisation | Projet MetaHIT

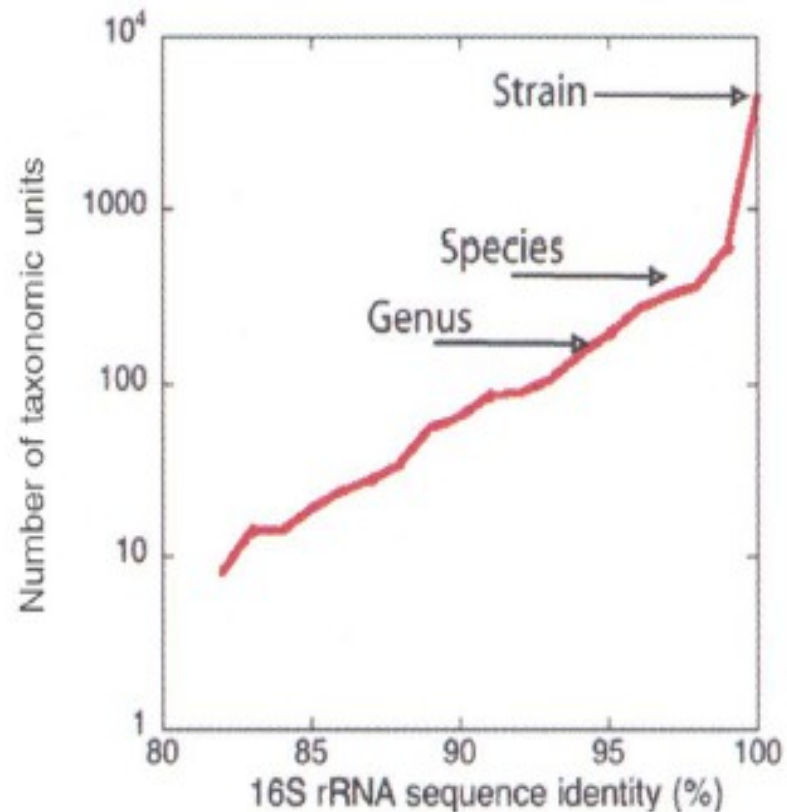
800 espèces bactériennes, 7 000 souches chez l'homme

Chez les bactéries,

- le genre est défini par une identité de séquence de 95 %,
- l'espèce par une identité de 98 %,
- la souche par une identité de 100 %.

A partir de l'analyse de GenBank, on considère que :

- **800 espèces** bactériennes peuvent exister dans l'intestin des humains (mais pas forcément d'un individu)
- pour plus de **7 000 souches** différentes.



(Science 2005)

3- Les modifications

2- Quelques rôles

1- La diversité du microbiote

La diversité du microbioteLocalisation | Caractérisation | **Projet MetaHIT****Le projet MetaHIT**

- De 2008 à 2012 les chercheurs du projet européen et chinois MetaHit ont réalisé le séquençage complet du métagénome (génome du microbiote bactérien) issu d'une 100aine d'individus.
- Le projet a nécessité plus de 50 chercheurs et a été doté d'un budget de 22 M€
- 3,3 millions de gènes non redondants ont été séquencés.



Metagenomics
of the Human Intestinal Tract
European research project

3- Les
modifications2- Quelques
rôles1- La diversité du
microbiote

La diversité du microbioteLocalisation | Caractérisation | **Projet MetaHIT****Les principaux résultats de MetaHIT**

- Le microbiote intestinal humain est composé à 99,6 % de bactéries soit 10^{12} à 10^{14} bactéries, pour un poids de 2 kg.
- Le microbiote de chaque individu comporte environ 500 000 gènes non redondants.
- Chaque individu possède au moins 160 espèces bactériennes différentes dans son microbiote.

**2**kilos de « bons microbes »
chez un adulte3- Les
modifications2- Quelques
rôles1- La diversité du
microbiote

MICROBIOTE INTESTINAL HUMAIN

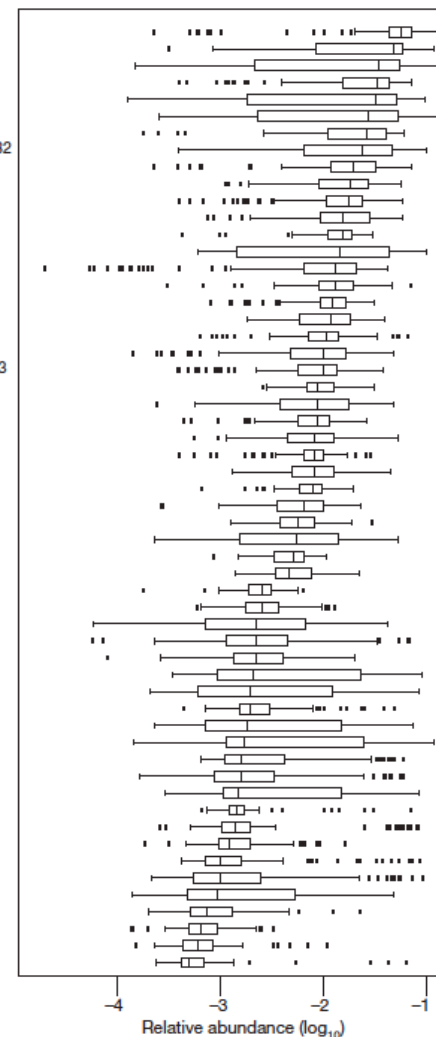
La diversité du microbiote

Localisation | Caractérisation | Projet MetaHIT

Les principaux résultats de MetaHIT

- Les 57 espèces les plus fréquentes sont partagées par 90 % de la population mondiale.
- L'abondance relative de ces espèces peut varier de 1 à 1000 entre les microbiotes intestinaux humains.

Bacteroides uniformis
Alistipes putredinis
Parabacteroides merdae
Dorea longicatena
Ruminococcus bromii L2-63
Bacteroides caccae
Clostridium sp. SS2-1
Bacteroides thetaiotaomicron VPI-5482
Eubacterium hallii
Ruminococcus torques L2-14
Unknown sp. SS3 4
Ruminococcus sp. SR1 5
Faecalibacterium prausnitzii SL3 3
Ruminococcus lactaris
Collinsella aerofaciens
Dorea formicigenerans
Bacteroides vulgatus ATCC 8482
Roseburia intestinalis M50 1
Bacteroides sp. 2_1 7
Eubacterium siraeum 70 3
Parabacteroides distasonis ATCC 8503
Bacteroides sp. 9_1_42FAA
Bacteroides ovatus
Bacteroides sp. 4_3_47FAA
Bacteroides sp. 2_2_4
Eubacterium rectale M104 1
Bacteroides xylanisolvens XB1A
Coprococcus comes SL7 1
Bacteroides sp. D1
Bacteroides sp. D4
Eubacterium ventriosum
Bacteroides dorei
Ruminococcus obeum A2-162
Subdoligranulum variabile
Bacteroides capillosus
Streptococcus thermophilus LMD-9
Clostridium leptum
Holdemanella filiformis
Bacteroides stercoris
Coprococcus eutactus
Clostridium sp. M62 1
Bacteroides eggerthii
Butyrivibrio crossotus
Bacteroides finegoldii
Parabacteroides johnsonii
Clostridium sp. L2-50
Clostridium nexile
Bacteroides pectinophilus
Anaerotruncus colihominis
Ruminococcus gnavus
Bacteroides intestinalis
Bacteroides fragilis 3_1_12
Clostridium asparagiforme
Enterococcus faecalis TX0104
Clostridium scindens
Blautia hansenii



1- La diversité du microbiote

2- Quelques rôles

3- Les modifications

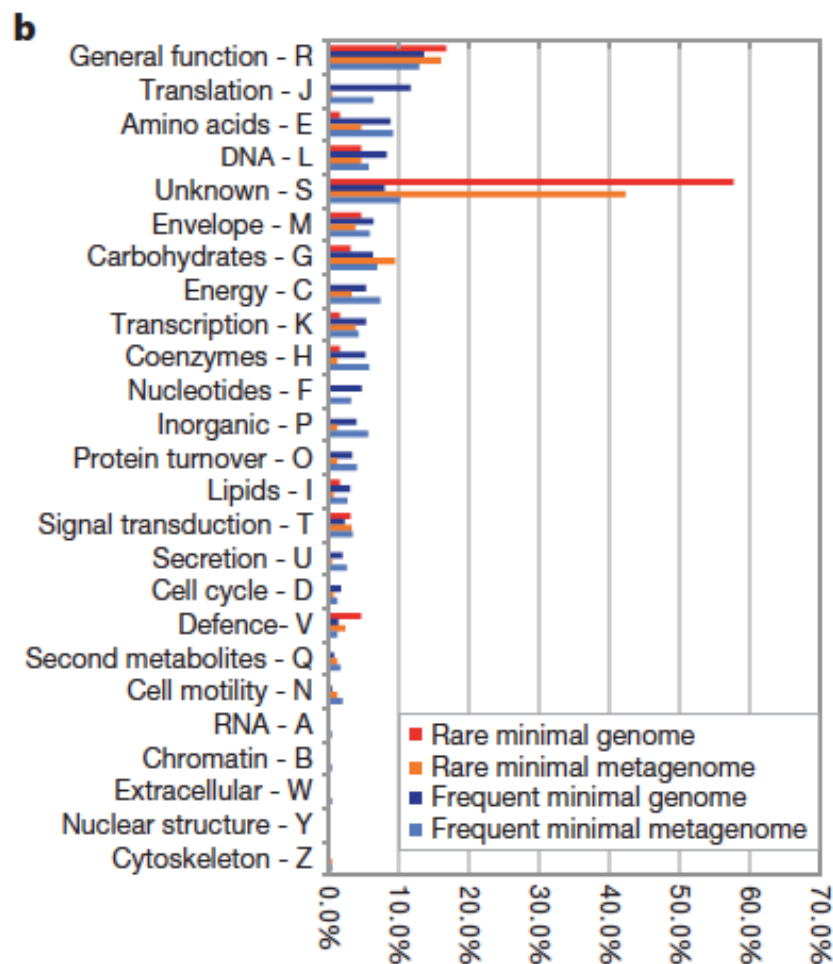
MICROBIOTE INTESTINAL HUMAIN

La diversité du microbiote

Localisation | Caractérisation | **Projet MetaHIT**

Les principaux résultats de MetaHIT

- On peut définir un génome bactérien minimal et un métagénome minimal qui sont partagés au sein de la population (environ 200 000 gènes).
- La plupart des gènes séquencés ont une fonction actuellement inconnue.



(Nature 2010)

1- La diversité du microbiote

2- Quelques rôles

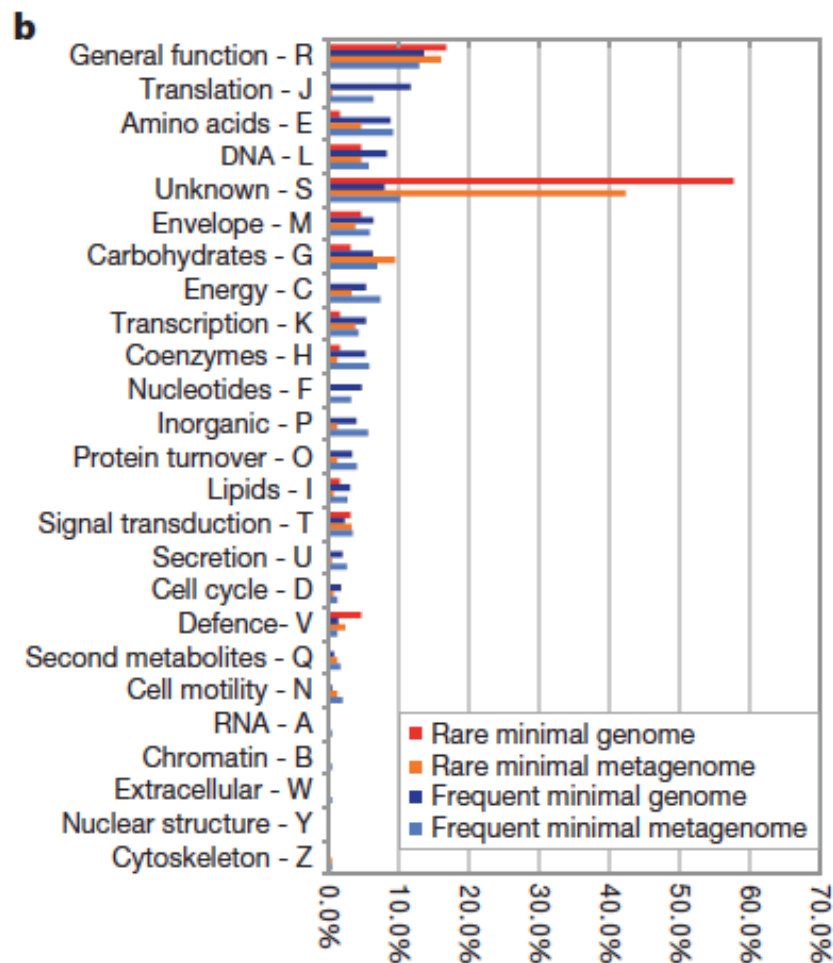
3- Les modifications

La diversité du microbiote

Localisation | Caractérisation | **Projet MetaHIT**

Les principaux résultats de MetaHIT

- On peut définir un génome bactérien minimal et un métagénome minimal qui sont partagés au sein de la population (environ 200 000 gènes).
- La plupart des gènes séquencés ont une fonction actuellement inconnue.



(Nature 2010)

3- Les modifications

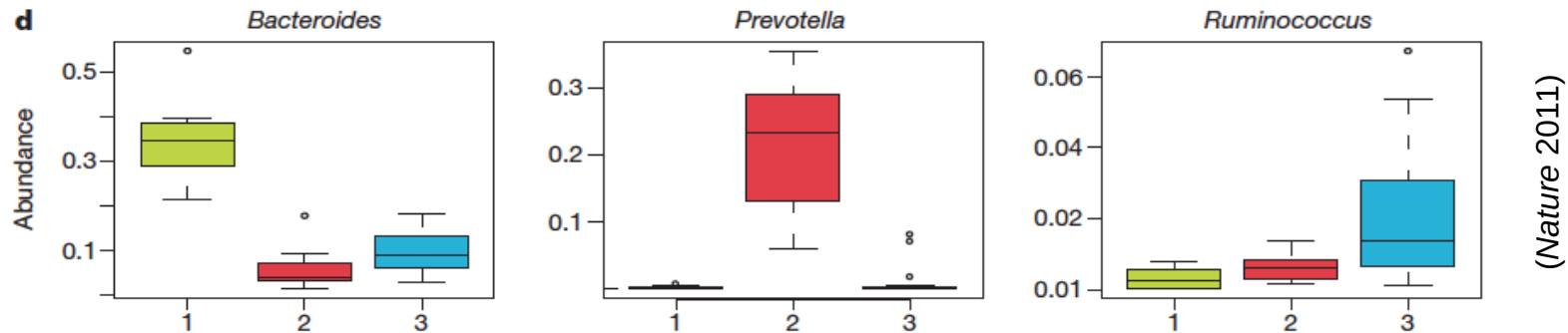
2- Quelques rôles

1- La diversité du microbiote

La diversité du microbiote

Localisation | Caractérisation | Projet MetaHIT

Les principaux résultats de MetaHIT



L'analyse de l'abondance relative de différents genres permet de définir 3 entérotypes, indépendants de l'âge, du sexe ou de l'origine géographique. Ces entérotypes sont souvent comparés à des groupes sanguins.

3- Les modifications

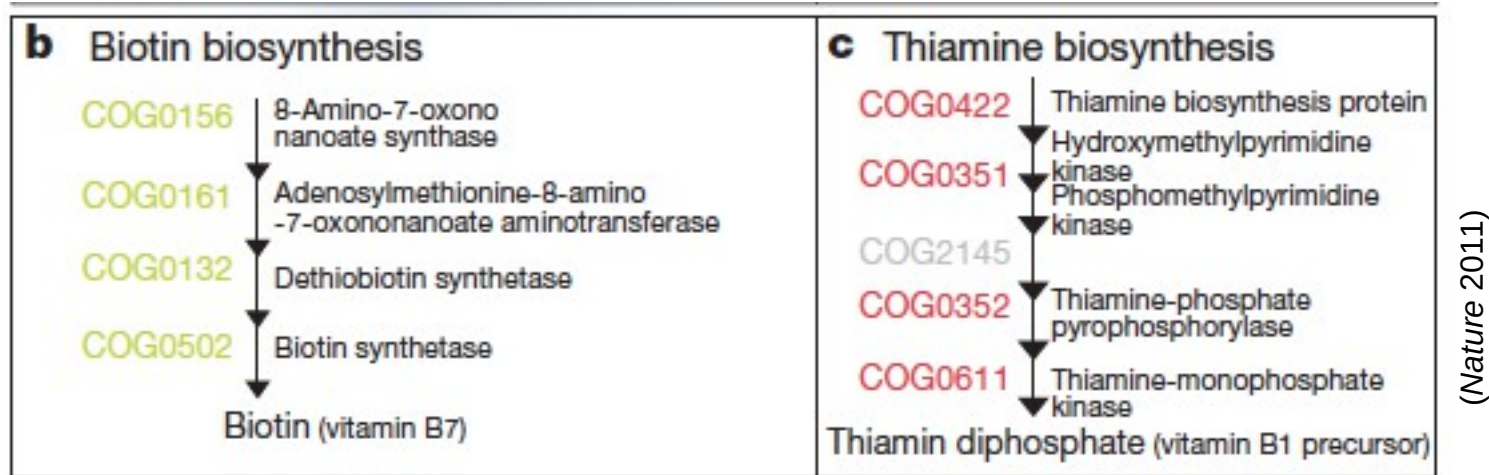
2- Quelques rôles

1- La diversité du microbiote

La diversité du microbiote

Localisation | Caractérisation | Projet MetaHIT

Les principaux résultats de MetaHIT



On observe des différences entre les entérotypes :

- le groupe 1 possède une surreprésentation des enzymes permettant la synthèse de la vitamine B7 (à partir du benzoate, E211) ;
- le groupe 2 possède une surreprésentation des enzymes permettant la synthèse d'un précurseur de la vitamine B1.

Les implications de ces différences ne sont pas comprises actuellement.

3- Les modifications

2- Quelques rôles

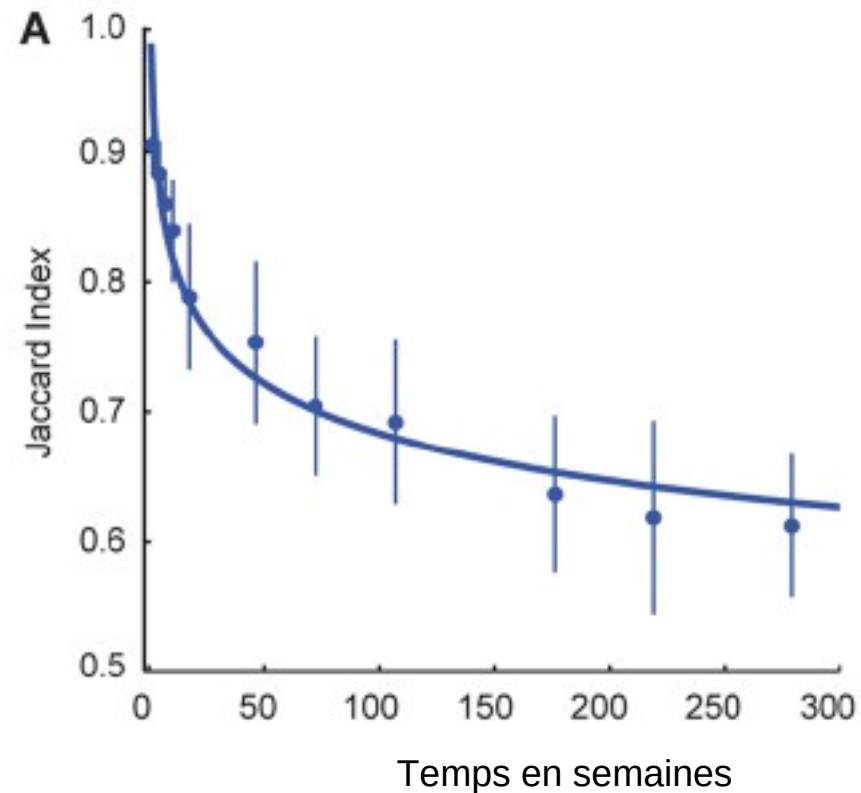
1- La diversité du microbiote

La diversité du microbiote

Localisation | Caractérisation | Projet MetaHIT

Stabilité et résilience du microbiote

- Le microbiote d'un individu est **stable** : la durée d'existence d'une souche dans le microbiote se mesure en dizaines d'années.
- Chez l'adulte, le microbiote est **résilient** : après une perturbation (antibiotiques), il revient la plupart du temps à un état fonctionnel.



(Science 2013)

3- Les modifications

2- Quelques rôles

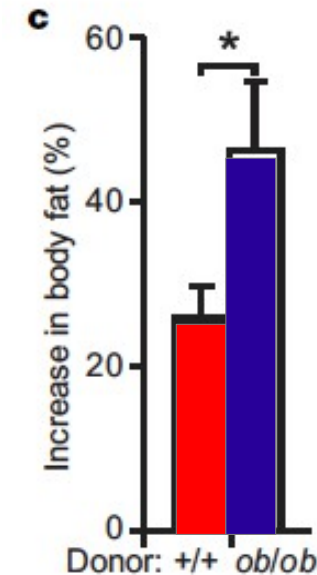
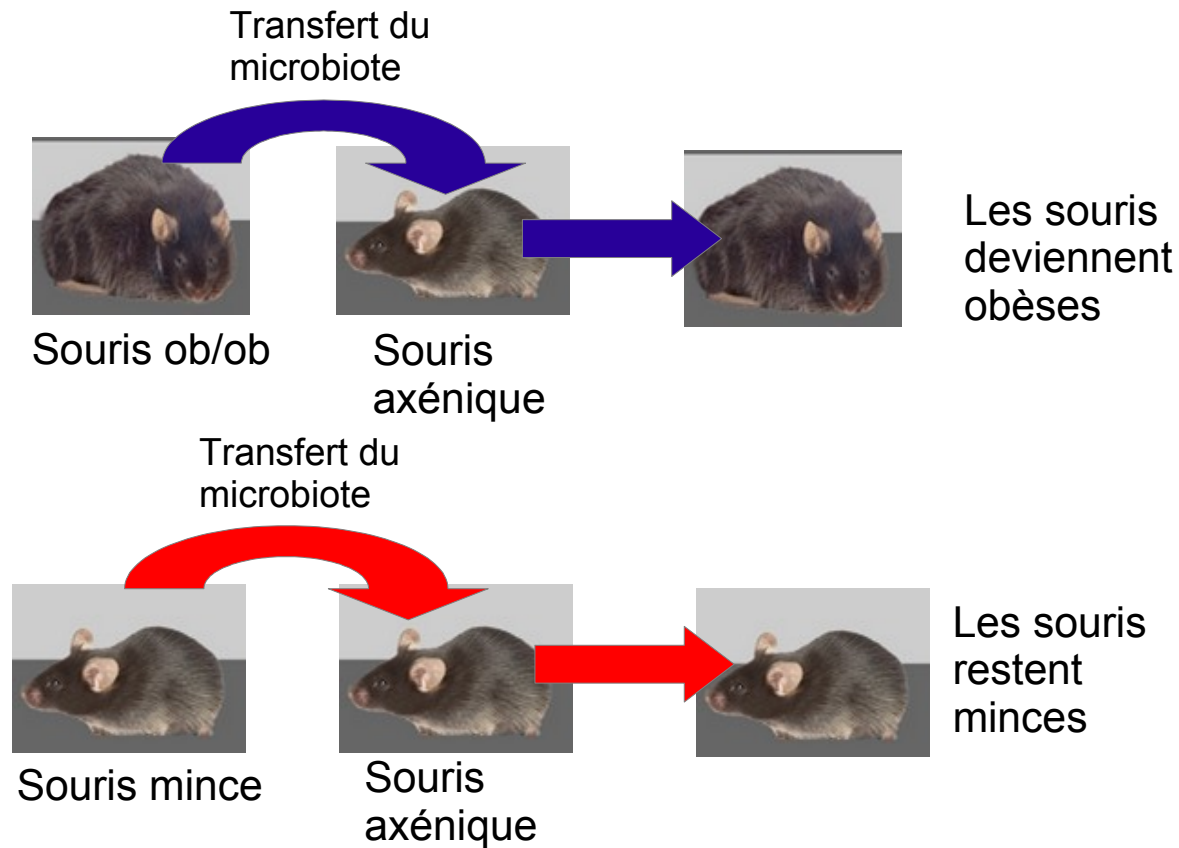
1- La diversité du microbiote

MICROBIOTE INTESTINAL HUMAIN

Quelques rôles du microbiote

Métabolisme énergétique | Inflammation | Comportement

Le microbiote, acteur essentiel du métabolisme énergétique



(Nature 2006)

3- Les modifications

2- Quelques rôles

1- La diversité du microbiote

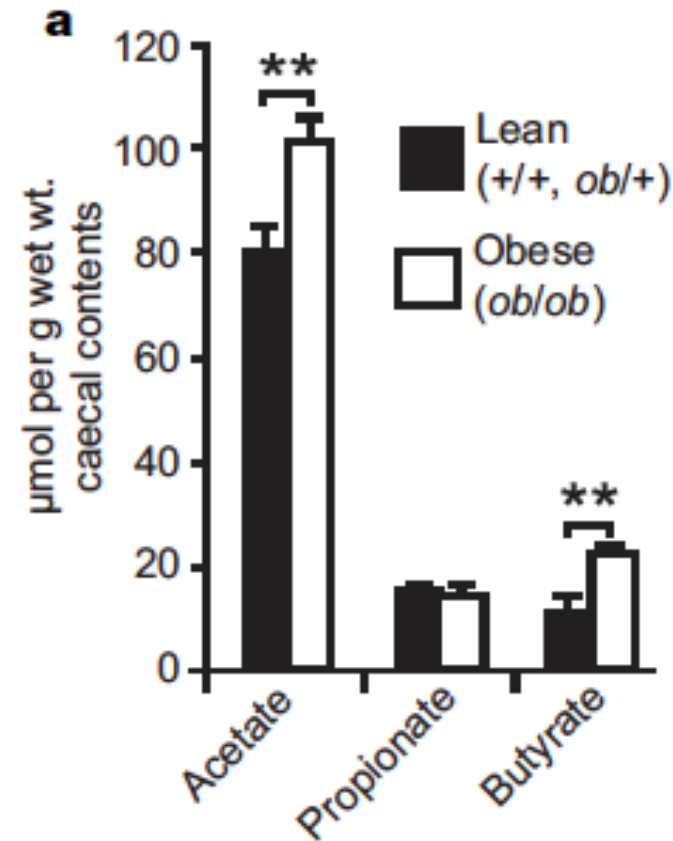
MICROBIOTE INTESTINAL HUMAIN

Quelques rôles du microbiote

Métabolisme énergétique | Inflammation | Comportement

Le microbiote, acteur essentiel du métabolisme énergétique

- Les **acides gras à chaîne courte** proviennent de la fermentation de sucres complexes non digestibles par l'être humain, comme la pectine.
- Le caecum des souris ob/ob est enrichi en **acétate** et **butyrate**.
- L'**acétate** est utilisé par les muscles, le cœur et le cerveau.
- Le propionate est utilisé par le foie pour la néoglucogénèse.
- Le **butyrate** est utilisé par les entérocytes pour la production de glucose.



(Nature 2006)

3- Les modifications

2- Quelques rôles

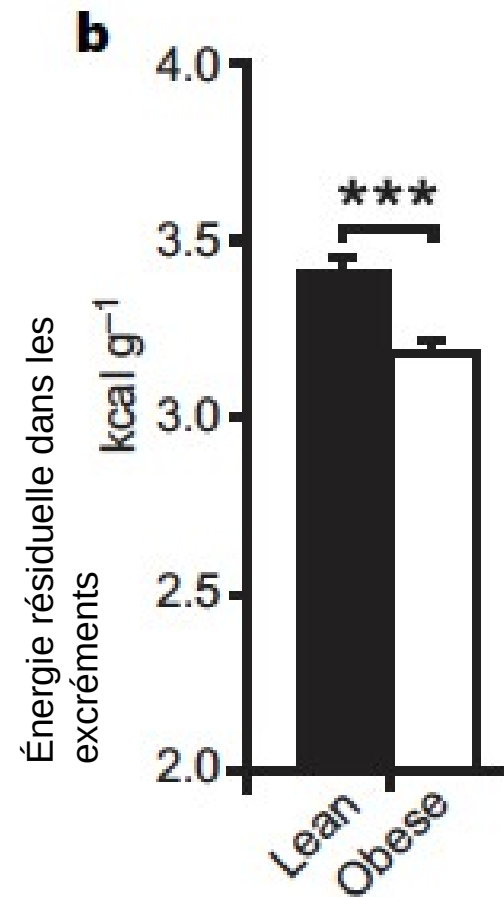
1- La diversité du microbiote

Quelques rôles du microbiote

Métabolisme énergétique | Inflammation | Comportement

Le microbiote, acteur essentiel du métabolisme énergétique

- Les souris ob/ob ont un **meilleur rendement** énergétique.
- Cette capacité à extraire plus d'énergie de l'alimentation est transférable avec le microbiote.



(Nature 2006)

1- La diversité du microbiote

2- Quelques rôles

3- Les modifications

MICROBIOTE INTESTINAL HUMAIN

Quelques rôles du microbiote

Métabolisme énergétique | Inflammation | Comportement

Le microbiote, acteur essentiel du métabolisme énergétique



3- Les modifications

2- Quelques rôles

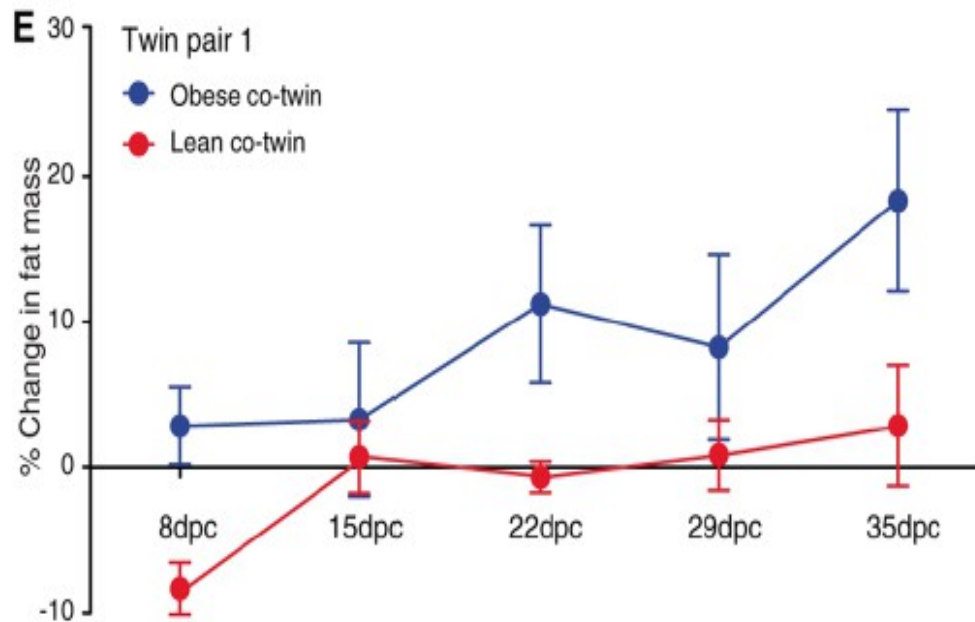
1- La diversité du microbiote

MICROBIOTE INTESTINAL HUMAIN

Quelques rôles du microbiote

Métabolisme énergétique | Inflammation | Comportement

Le microbiote, acteur essentiel du métabolisme énergétique



Le transfert du microbiote issu de jumelles discordantes pour l'obésité permet de transférer l'obésité à des souris initialement minces avec un régime pauvre en graisses et riche en fibres.

(Science 2013)

3- Les modifications

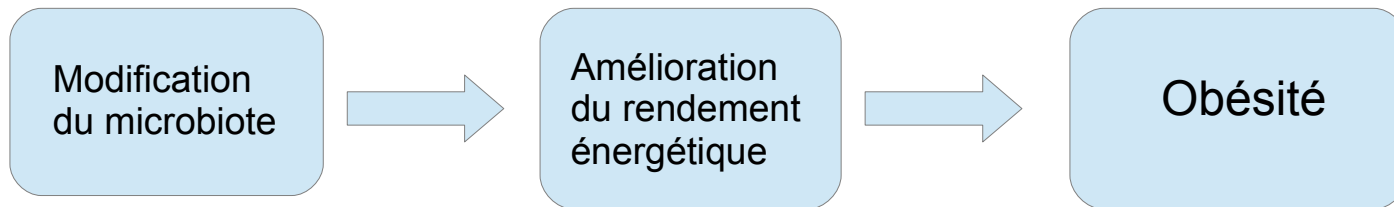
2- Quelques rôles

1- La diversité du microbiote

Quelques rôles du microbiote

Métabolisme énergétique | Inflammation | Comportement

On aboutit à une première hypothèse :



Ce mécanisme pourrait également être impliqué dans l'adaptation physiologique au froid.

Limite : actuellement chez l'homme le transfert de microbiote ne permet pas de limiter l'obésité, contrairement aux modèles murins.

3- Les modifications

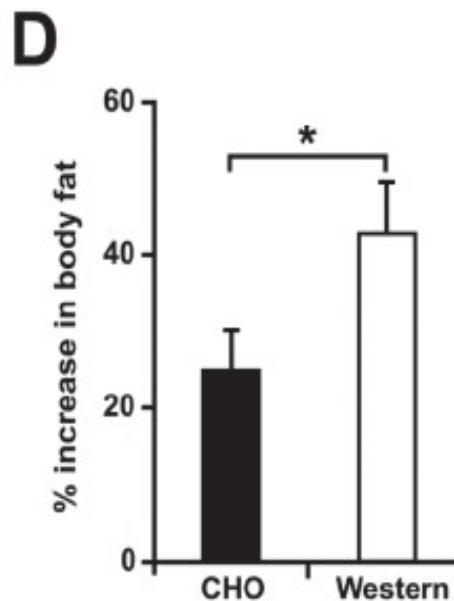
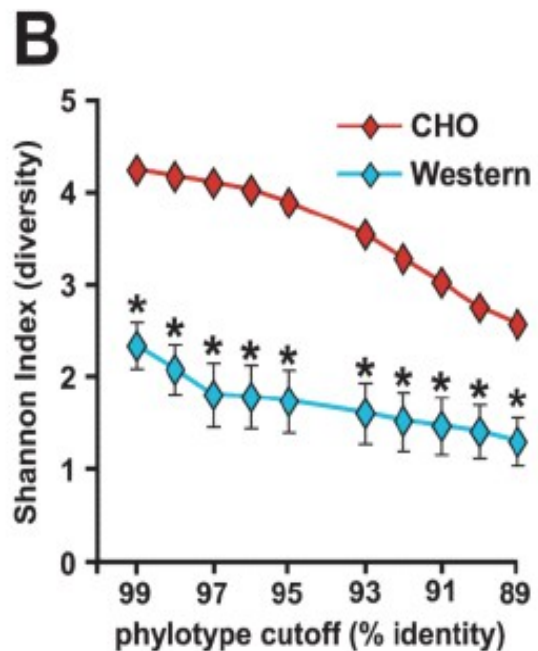
2- Quelques rôles

1- La diversité du microbiote

MICROBIOTE INTESTINAL HUMAIN

Quelques rôles du microbiote

Métabolisme énergétique | Inflammation | Comportement



L'obésité induite par un **régime alimentaire riche en graisses et pauvre en fibres** est associé avec une baisse de diversité du microbiote intestinal

Par ailleurs la proportion de bactéries **gram-** devient plus importante chez les sujets obèses.

3- Les modifications

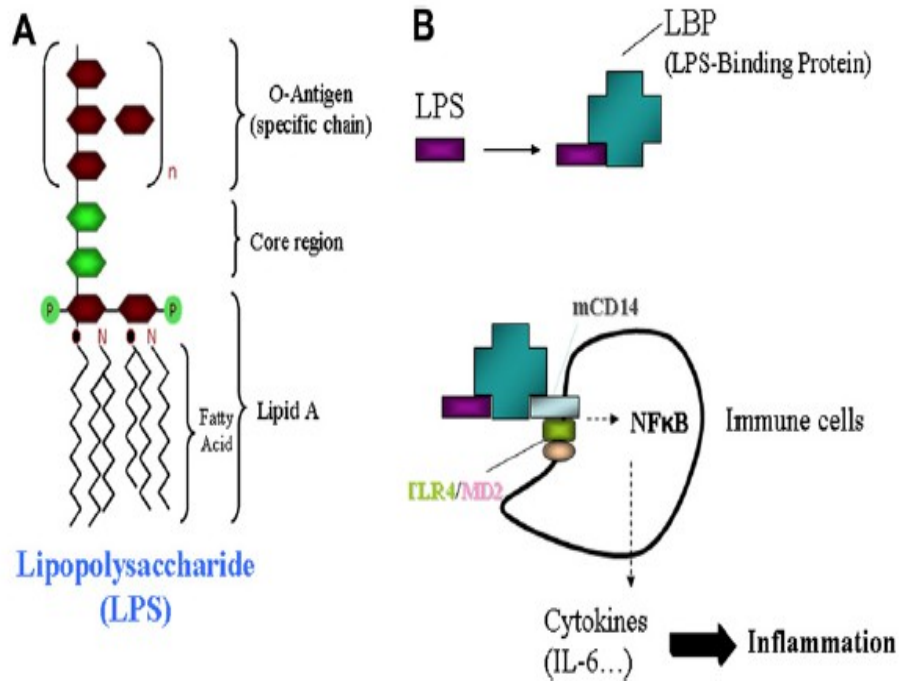
2- Quelques rôles

1- La diversité du microbiote

MICROBIOTE INTESTINAL HUMAIN

Quelques rôles du microbiote

Métabolisme énergétique | Inflammation | Comportement



Les **LPS** de la paroi des bactéries gram- sont à l'origine d'une inflammation de bas grade dans les tissus.

3- Les modifications

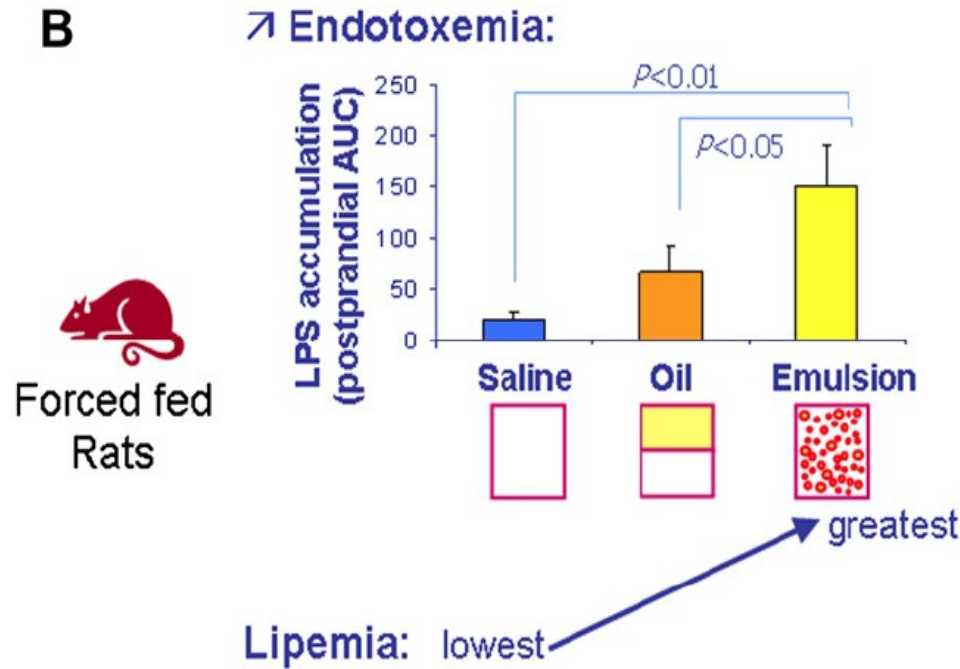
2- Quelques rôles

1- La diversité du microbiote

MICROBIOTE INTESTINAL HUMAIN

Quelques rôles du microbiote

Métabolisme énergétique | Inflammation | Comportement



Un régime enrichi en lipides provoque une accumulation de LPS dans le plasma.

3- Les modifications

2- Quelques rôles

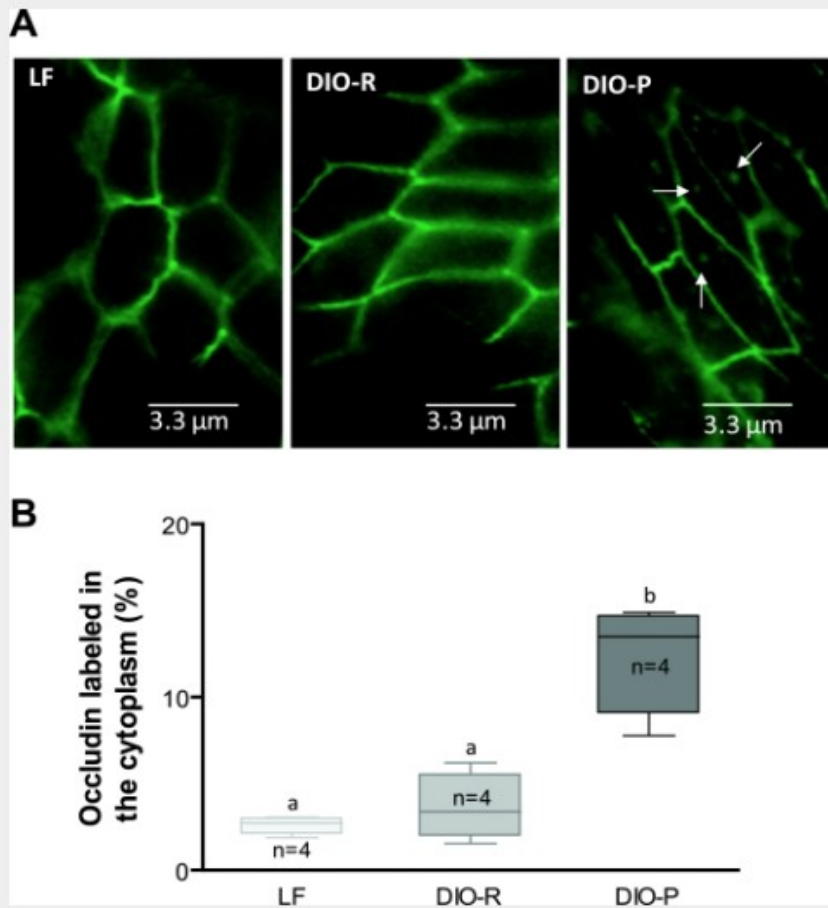
1- La diversité du microbiote

(Biochimie, 2011)

MICROBIOTE INTESTINAL HUMAIN

Quelques rôles du microbiote

Métabolisme énergétique | Inflammation | Comportement



L'obésité induite par un régime riche en graisses est associée avec une augmentation de la perméabilité de la muqueuse intestinale.

Les mécanismes impliqués viennent d'être élucidés et mettent en jeu un « dialogue croisé » entre le microbiote et le système immunitaire.

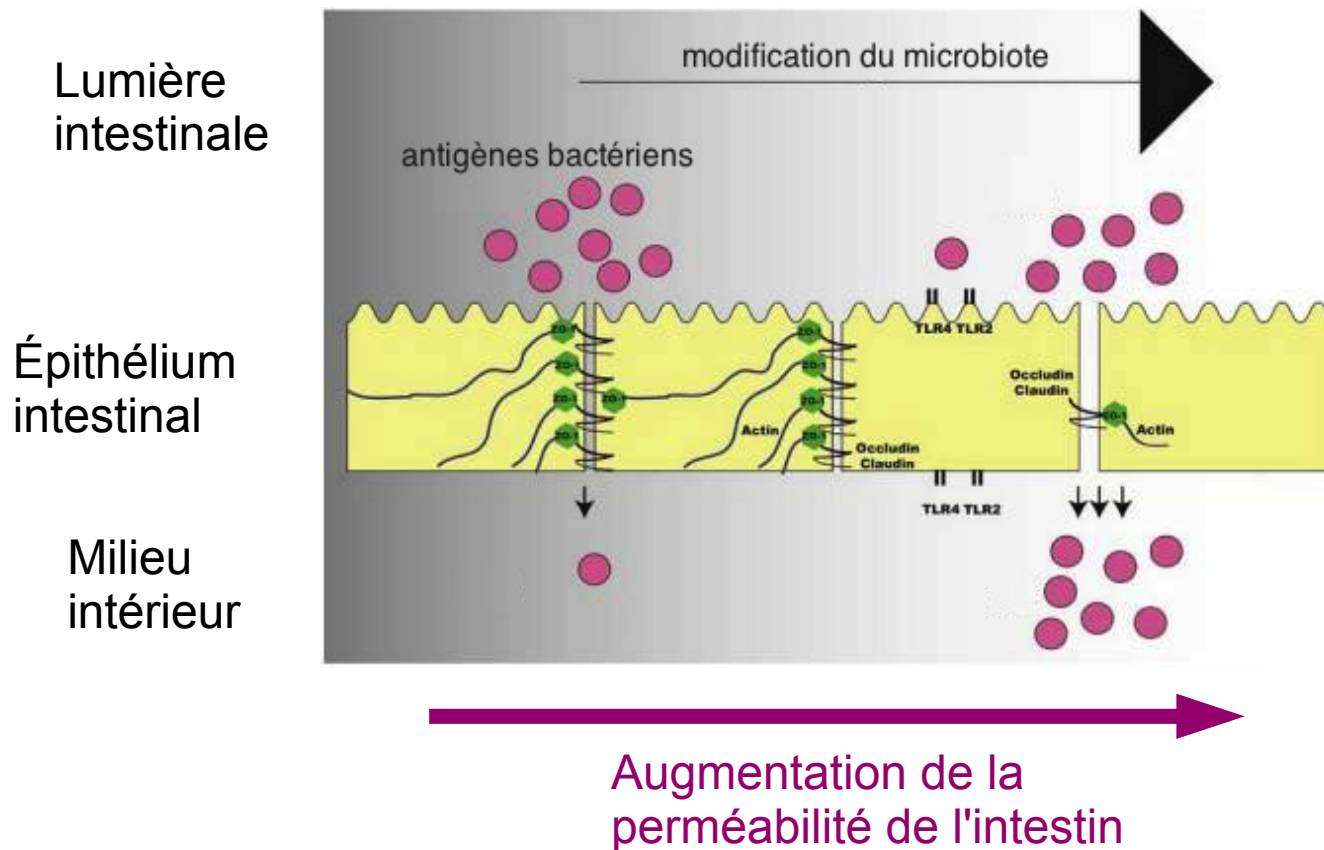
3- Les modifications

2- Quelques rôles

1- La diversité du microbiote

Quelques rôles du microbiote

Métabolisme énergétique | Inflammation | Comportement



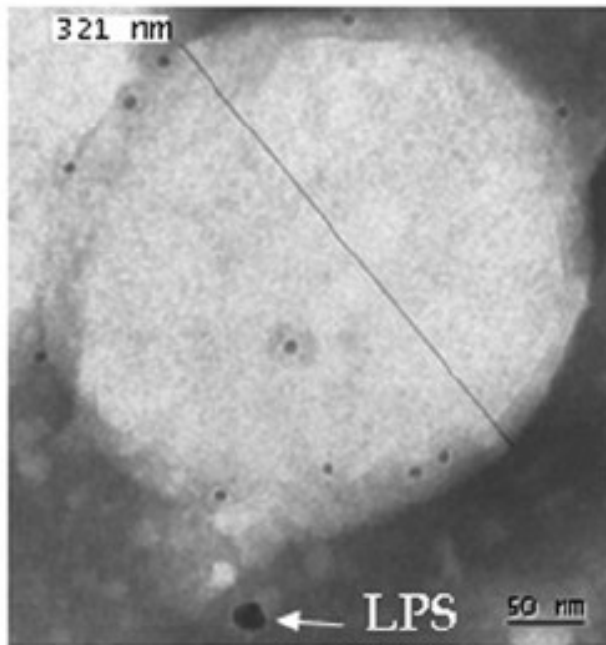
1- La diversité du microbiote

2- Quelques rôles

3- Les modifications

Quelques rôles du microbiote

Métabolisme énergétique | Inflammation | Comportement



Les LPS associés aux chylomicrons sont protégés de la dégradation enzymatique dans le plasma.

(*Biochimie*, 2011)

1- La diversité du microbiote

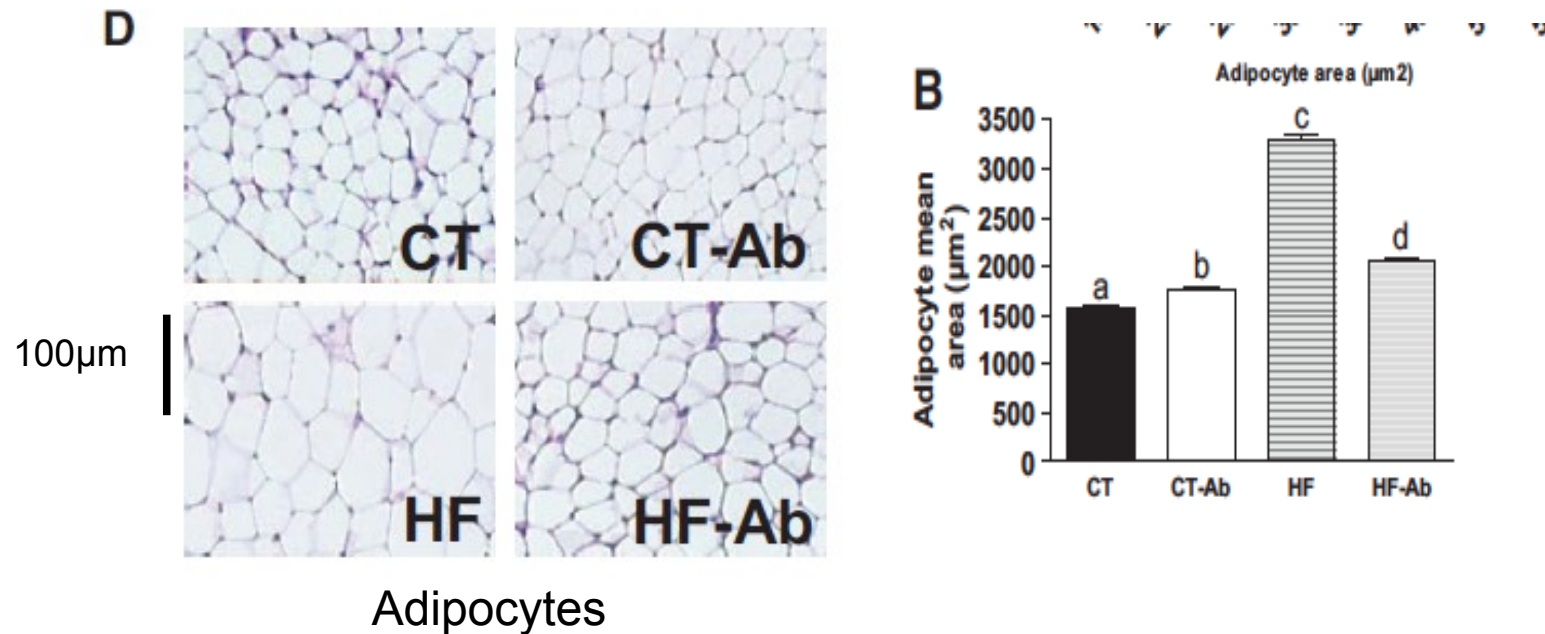
2- Quelques rôles

3- Les modifications

MICROBIOTE INTESTINAL HUMAIN

Quelques rôles du microbiote

Métabolisme énergétique | Inflammation | Comportement



Un régime riche en graisses ne provoque pas l'obésité chez des animaux dont le microbiote est détruit par des antibiotiques.

(*Diabetes*, 2008)

3- Les modifications

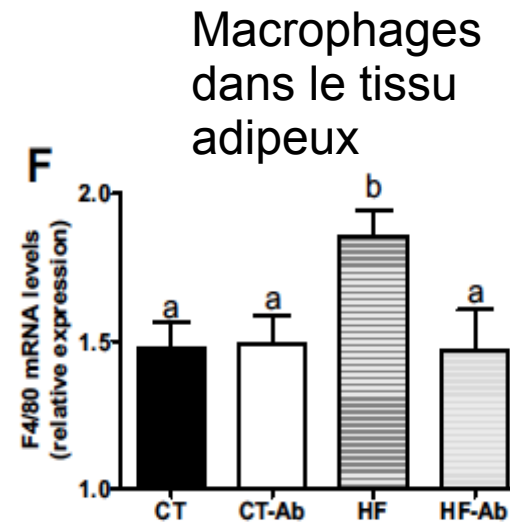
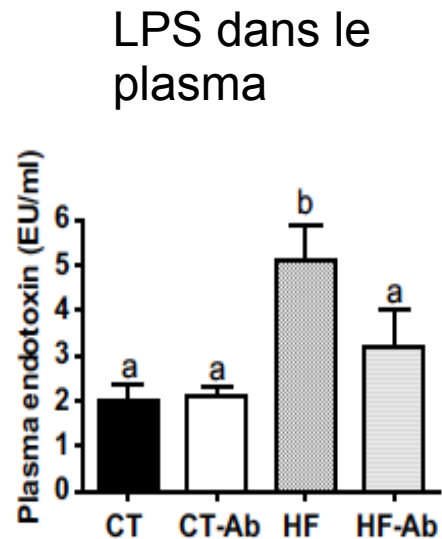
2- Quelques rôles

1- La diversité du microbiote

MICROBIOTE INTESTINAL HUMAIN

Quelques rôles du microbiote

Métabolisme énergétique | Inflammation | Comportement



L'obésité induite par un régime riche en graisses est associé avec :

- une augmentation des LPS plasmatique
- une infiltration de macrophages dans le tissu adipeux.

(Diabetes, 2008)

3- Les modifications

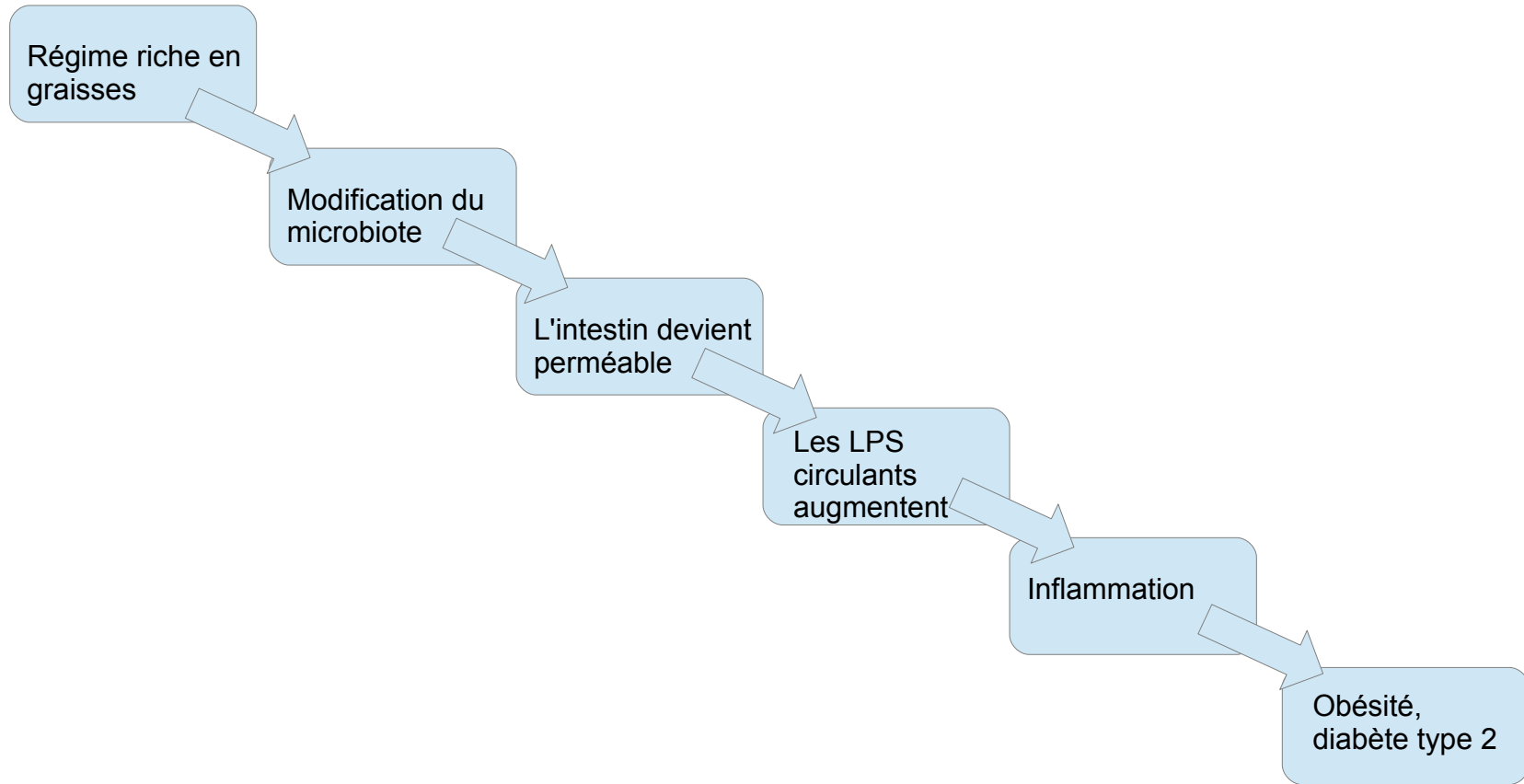
2- Quelques rôles

1- La diversité du microbiote

MICROBIOTE INTESTINAL HUMAIN

Quelques rôles du microbiote

Métabolisme énergétique | Inflammation | Comportement



3- Les modifications

2- Quelques rôles

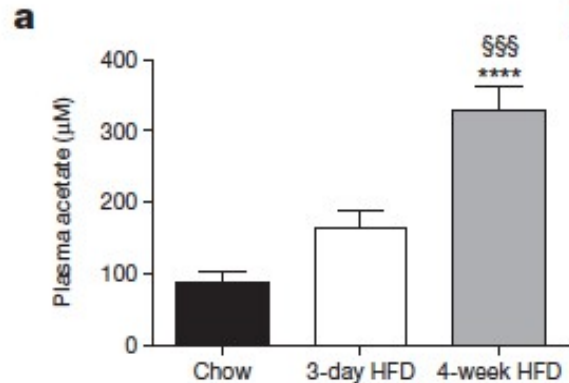
1- La diversité du microbiote

(Diabetes, 2008)

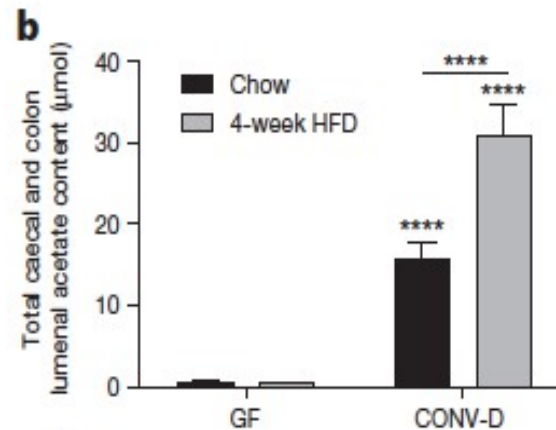
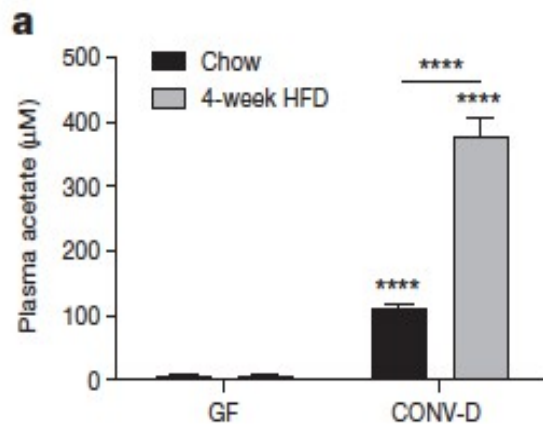
MICROBIOTE INTESTINAL HUMAIN

Quelques rôles du microbiote

Métabolisme énergétique | Inflammation | Comportement



Le microbiote est responsable de l'augmentation de l'acétate dans le plasma lorsque le régime alimentaire des souris est riche en graisses.



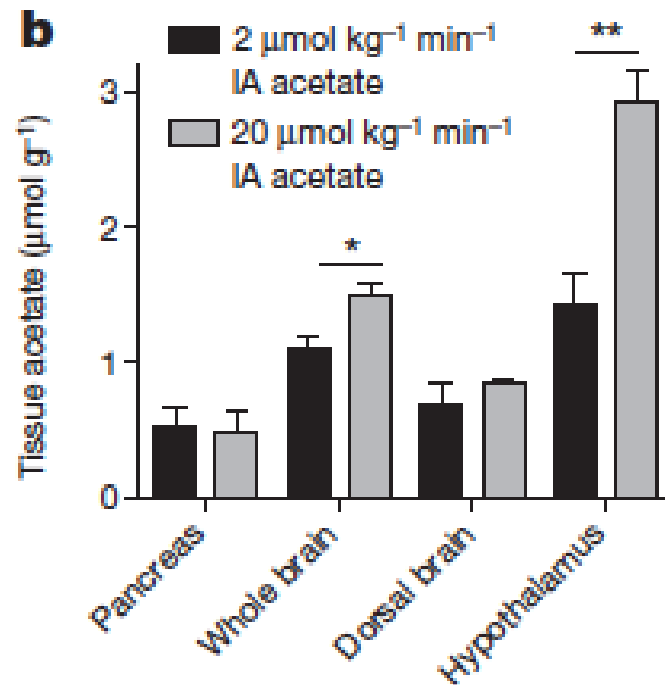
3- Les modifications

2- Quelques rôles

1- La diversité du microbiote

Quelques rôles du microbiote

Métabolisme énergétique | Inflammation | Comportement



On retrouve l'acétate absorbé
au niveau de l'hypothalamus.

Axe
Intestin → Cerveau

1- La diversité du
microbiote

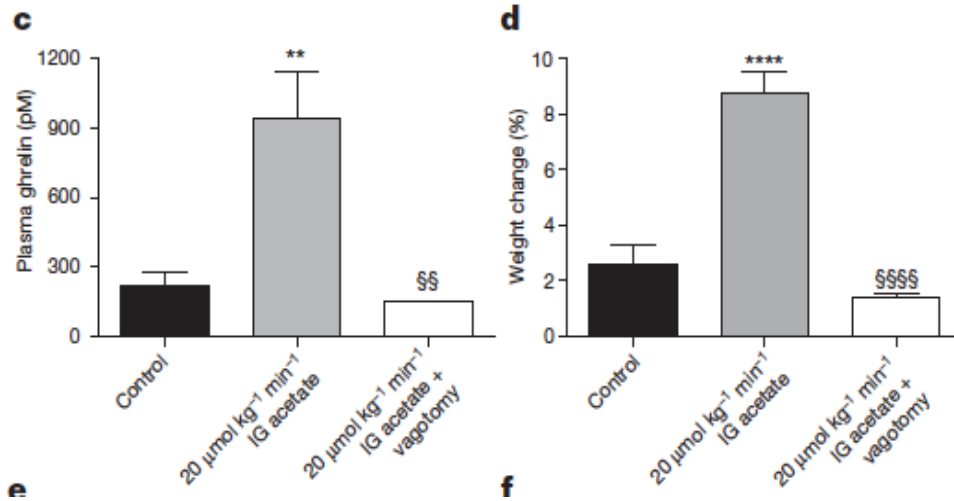
2- Quelques
rôles

3- Les
modifications

MICROBIOTE INTESTINAL HUMAIN

Quelques rôles du microbiote

Métabolisme énergétique | Inflammation | Comportement



L'acétate est responsable de la sécrétion de ghréline (hormone de la faim, sécrétée par l'estomac) par un mécanisme utilisant le nerf vague (X).

3- Les modifications

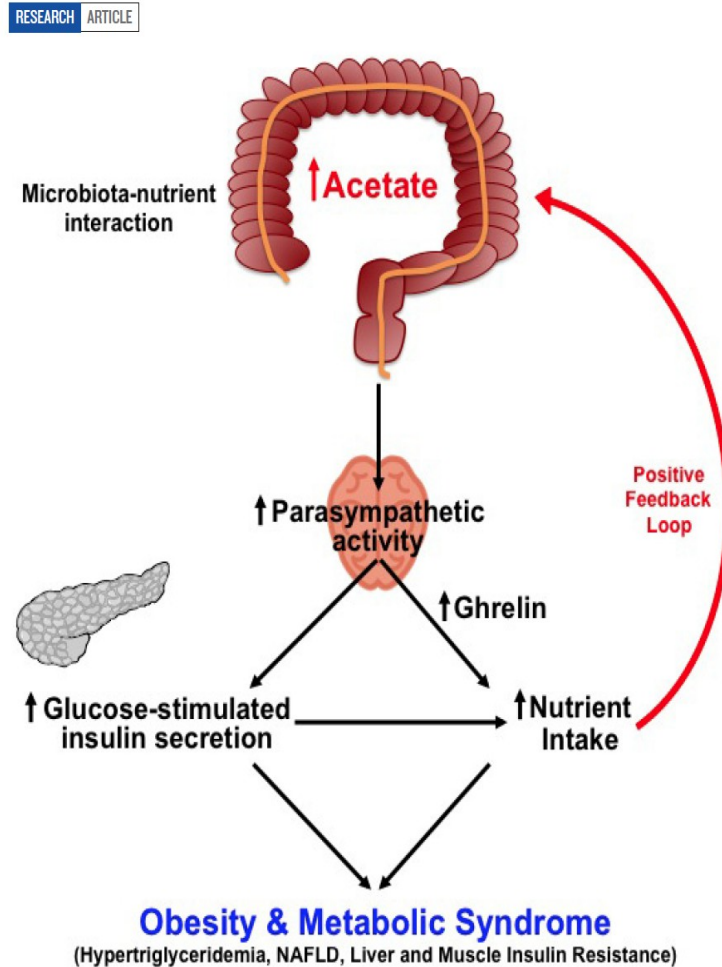
2- Quelques rôles

1- La diversité du microbiote

MICROBIOTE INTESTINAL HUMAIN

Quelques rôles du microbiote

Métabolisme énergétique | Inflammation | Comportement



Deux idées à retenir :

- il existe un axe intestin-cerveau.
- le microbiote peut modifier le comportement alimentaire de son hôte (la souris).

3- Les modifications

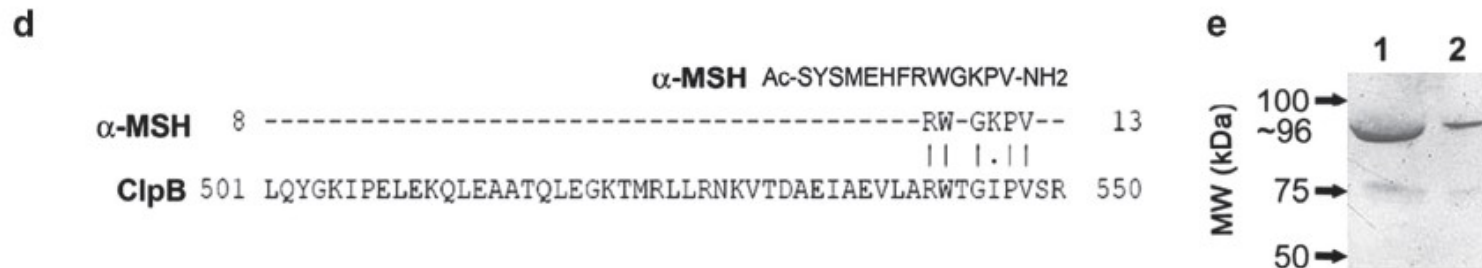
2- Quelques rôles

1- La diversité du microbiote

MICROBIOTE INTESTINAL HUMAIN

Quelques rôles du microbiote

Métabolisme énergétique | Inflammation | Comportement



E. coli produit un peptide ClpB proche de l'hormone melancyto-stimulante alpha (α -MSH), hormone qui a une action **anorexigène** (à l'origine de la satiété) via l'hypothalamus.

3- Les modifications

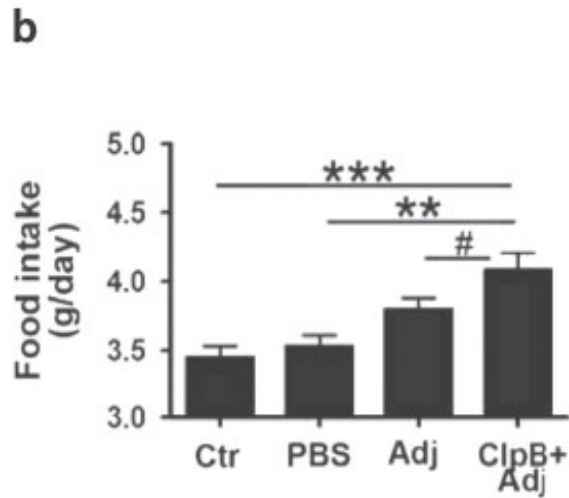
2- Quelques rôles

1- La diversité du microbiote

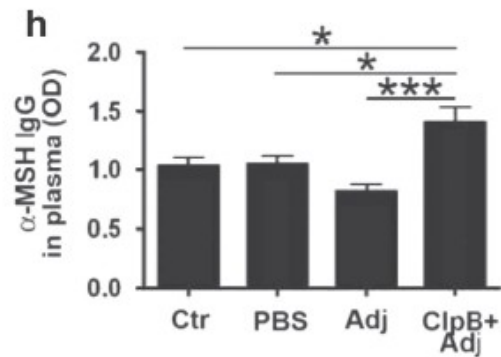
MICROBIOTE INTESTINAL HUMAIN

Quelques rôles du microbiote

Métabolisme énergétique | Inflammation | Comportement



- Chez la souris, ClpB provoque l'augmentation de la prise alimentaire.



- Chez la souris, ClpB provoque l'augmentation des anticorps dirigés contre α -MSH.

3- Les modifications

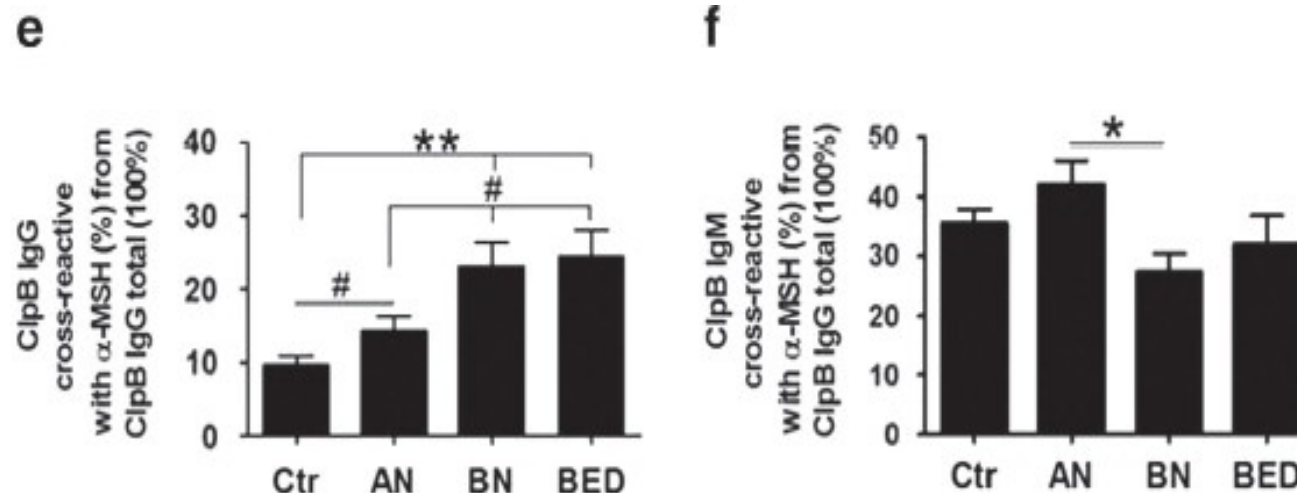
2- Quelques rôles

1- La diversité du microbiote

MICROBIOTE INTESTINAL HUMAIN

Quelques rôles du microbiote

Métabolisme énergétique | Inflammation | Comportement



Chez des sujets humains souffrant de désordres alimentaires, on observe une présence anormale d'anticorps dirigés contre CplB et réagissant avec α -MSH.

(Transl Psychiatry, 2014)

1- La diversité du microbiote

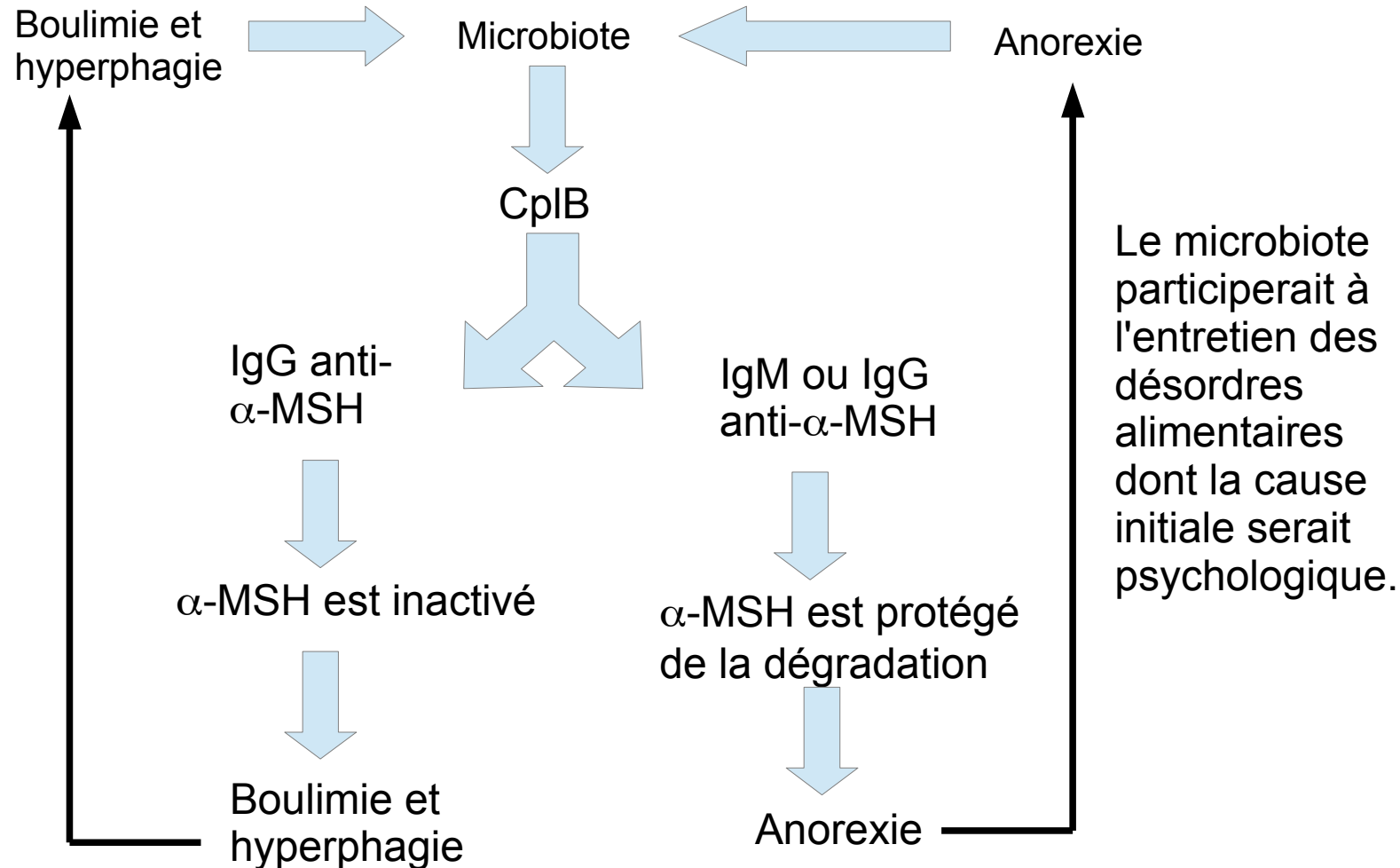
2- Quelques rôles

3- Les modifications

MICROBIOTE INTESTINAL HUMAIN

Quelques rôles du microbiote

Métabolisme énergétique | Inflammation | Comportement



3- Les modifications

2- Quelques rôles

1- La diversité du microbiote

Quelques rôles du microbiote

Métabolisme énergétique | Inflammation | Comportement

3 hypothèses pour relier le microbiote et l'obésité :

- Augmentation du rendement énergétique (rôle digestif et métabolique),
- Installation d'une inflammation de faible intensité (système immunitaire : dialogue croisé),
- Modification du comportement alimentaire (système nerveux : axe intestin cerveau).

1- La diversité du microbiote

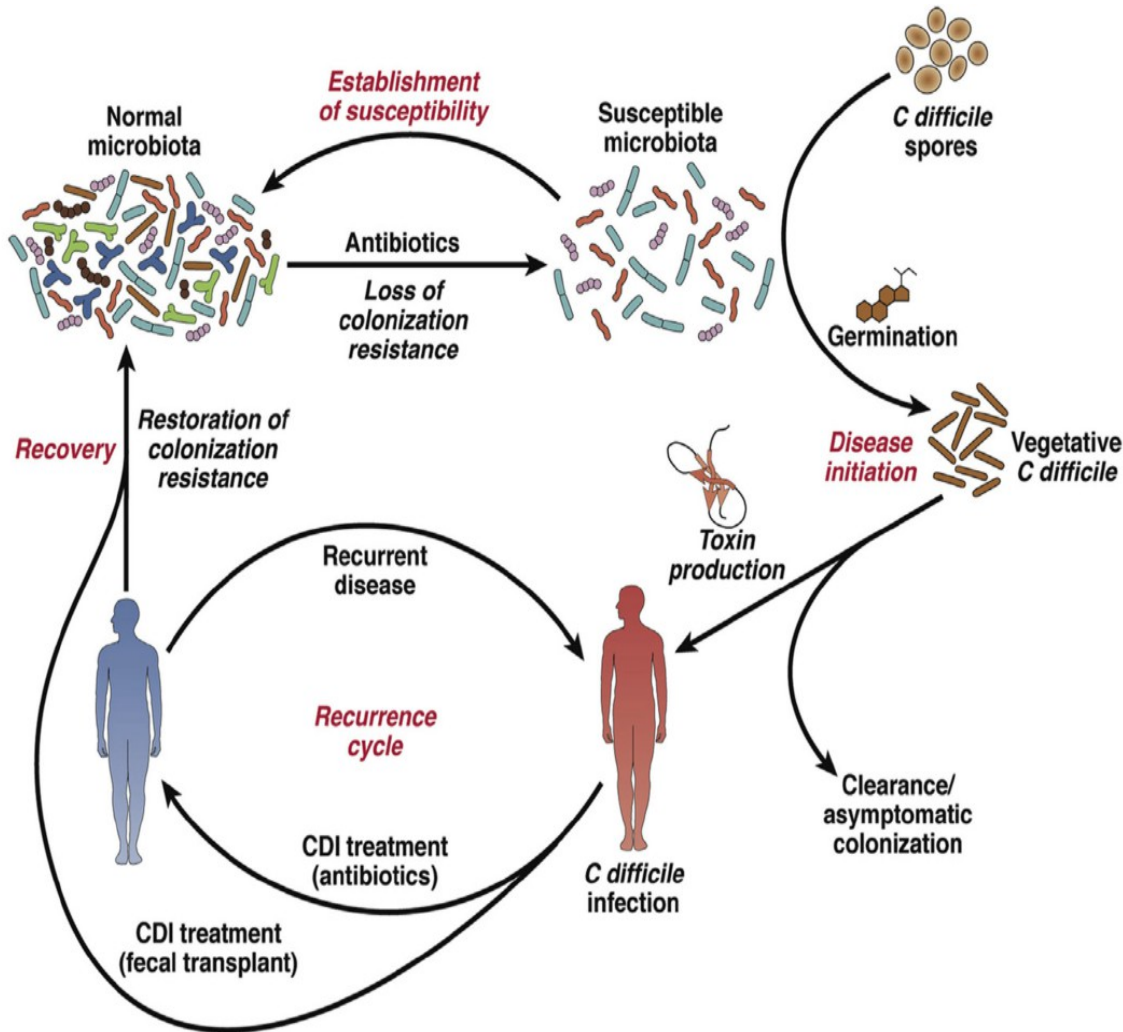
2- Quelques rôles

3- Les modifications

MICROBIOTE INTESTINAL HUMAIN

Modifications du microbiote

Infection à *Clostridium* | Diabète | Choléra



Un traitement antibiotique peut rendre sensible aux infections par *Clostridium difficile*.

On observe 40 % de récurrence et 5 % de multirécidive.

Les souches de *C. difficile* sont de plus en plus virulentes et résistantes aux traitements.

Le nombre d'infections nécessitant une hospitalisation est d'environ 250 000 cas par an dans les pays développés pour un coût de 4,8 milliards de \$.

3- Les modifications

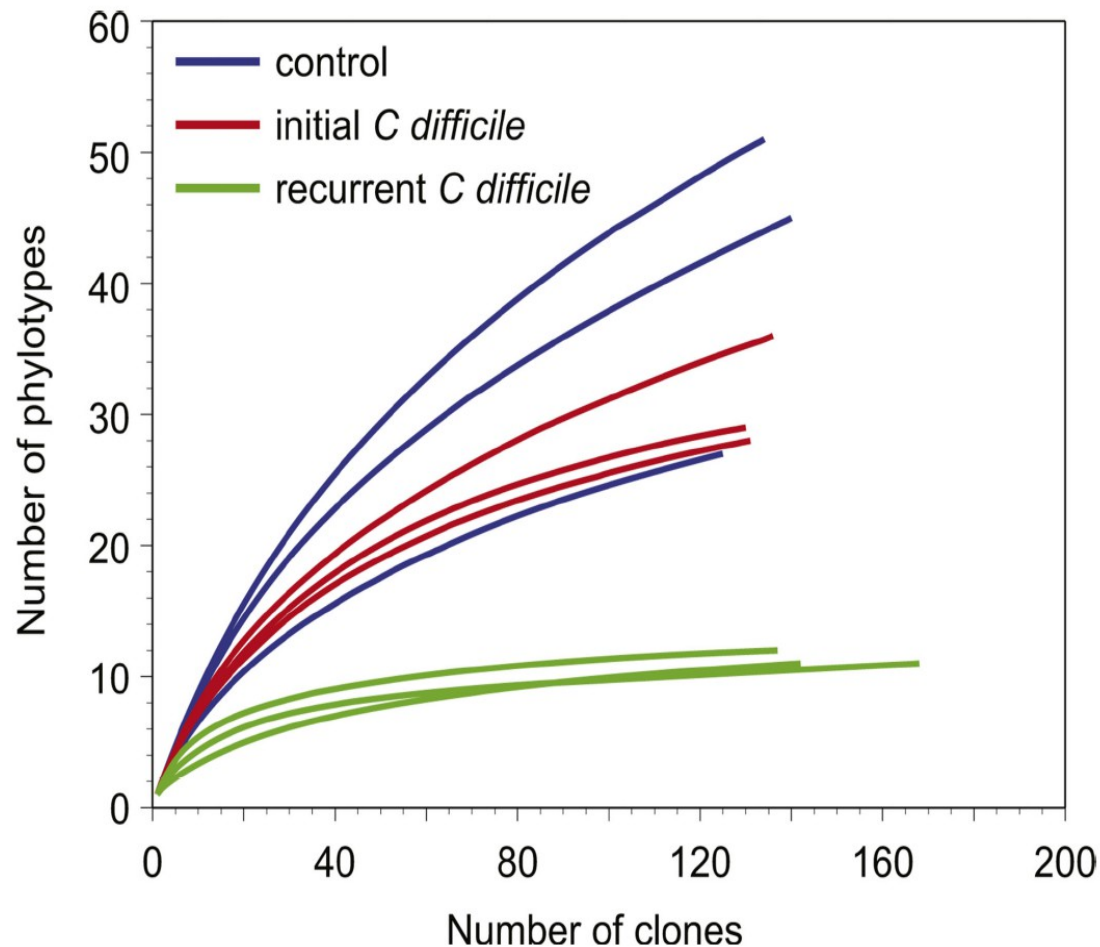
2- Quelques rôles

1- La diversité du microbiote

MICROBIOTE INTESTINAL HUMAIN

Modifications du microbiote

Infection à *Clostridium* | Diabète | Choléra



Les patients souffrant d'ICD récidivante présentent une faible diversité du microbiote intestinal.

3- Les modifications

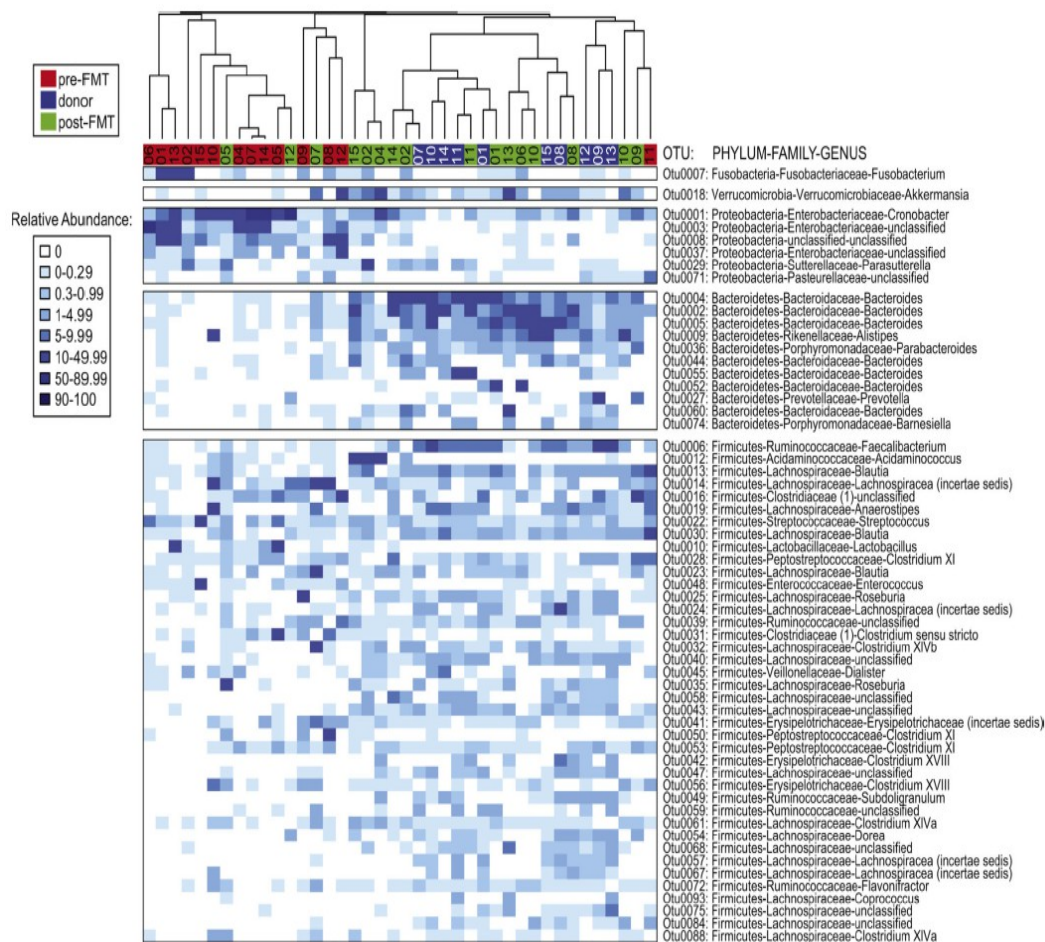
2- Quelques rôles

1- La diversité du microbiote

MICROBIOTE INTESTINAL HUMAIN

Modifications du microbiote

Infection à *Clostridium* | Diabète | Choléra



La transplantation de microbiote fécal (FMT) est efficace dans environ 90 % des cas pour soigner l'ICD.

La FMT restaure la diversité du microbiote.

La FMT serait utilisée en médecine traditionnelle chinoise depuis 1 700 ans et avait déjà été utilisée en 1958 dans un hopital de Denver (Colorado).

3- Les modifications

2- Quelques rôles

1- La diversité du microbiote

Modifications du microbiote

Infection à Clostridium | Diabète | Choléra

3 groupes chez la femme de plus de 70 ans :
T2D, NGT et IGT : 30 % qui développeront un T2D.

Facteur étudié	Indice de masse corporelle (masse/taille ²)	Rapport taille/hanche	Tour de taille	Composition du métagénome du microbiote
Corrélation avec la présence du diabète de type 2	0,58	0,60	0,70	0,83

Chez les femmes de plus de 70 ans présentant un diabète de type 2 (T2D), la composition du métagénome du microbiote est le marqueur le plus corrélé à la présence du T2D.

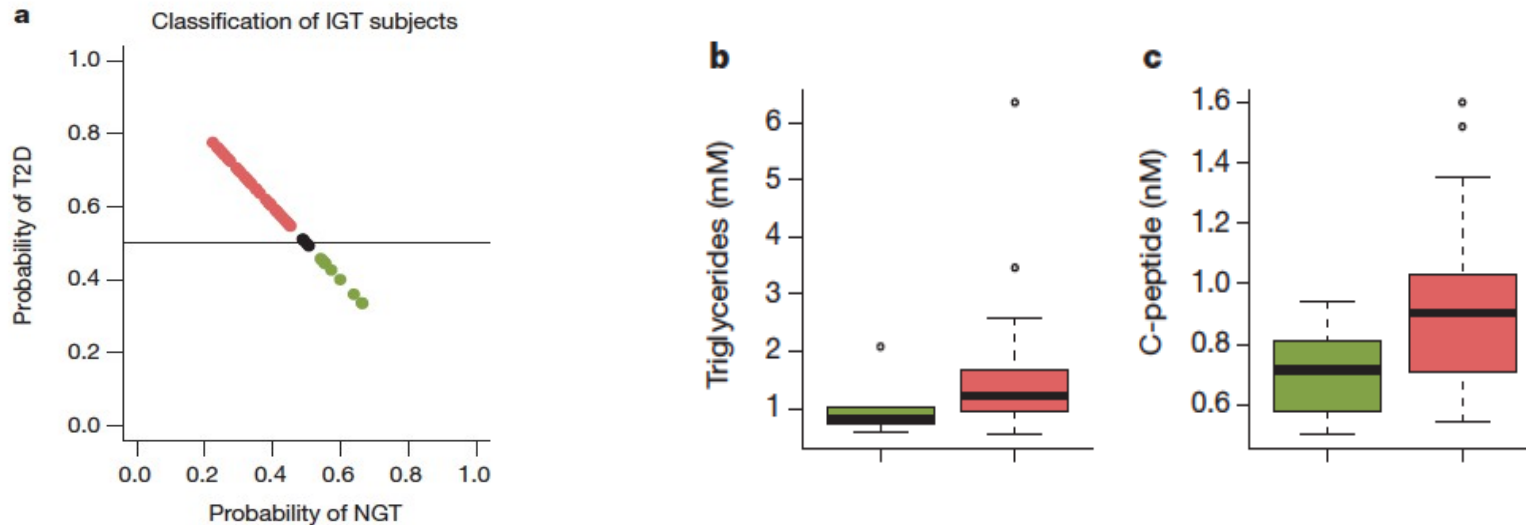
3- Les modifications

2- Quelques rôles

1- La diversité du microbiote

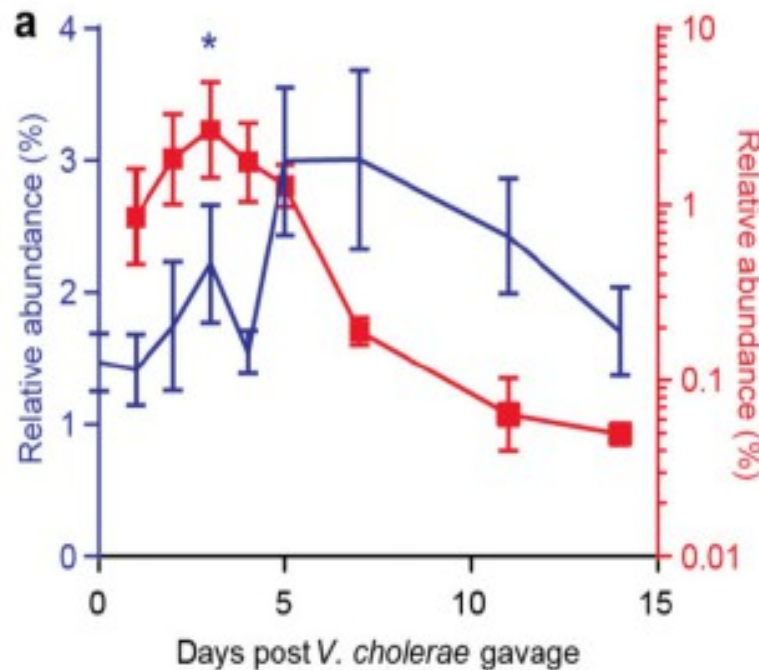
Modifications du microbiote

Infection à Clostridium | Diabète | Choléra



La composition du microbiote pourrait servir d'indicateur avancé de la survenue future d'un T2D pour des femmes intolérantes au glucose sans diabète.

Modifications du microbiote

Infection à *Clostridium* | Diabète | Choléra

Chez l'Homme *Ruminococcus obeum* est associé à la guérison du choléra.

Chez la souris, *R. obeum* limite la prolifération de *Vibrio cholera*.

Le gène *luxS* transfecté dans une autre bactérie (*E. Coli*) a le même effet.

3- Les modifications

2- Quelques rôles

1- La diversité du microbiote

Conclusion

Quelques idées clés :

- Nos fonctions ne se limitent pas à nos cellules mais utilisent également celle de notre microbiote : certains auteurs parlent désormais de « méta-organisme » = un hôte + son microbiote.
- Les principales fonctions du microbiote :
 - digestive et métabolique
 - immunitaire
 - neurologique.
- Les progrès dans la connaissance du microbiote laisse entrevoir la possibilité de nouveaux outils prédictifs ou thérapeutiques en complément des outils diagnostiques et de la pharmacologie classique. Ces outils visent une médecine individualisée.

1- La diversité du microbiote

2- Quelques rôles

3- Les modifications

Merci de votre attention

1- La diversité du microbiote

2- Quelques rôles

3- Les modifications