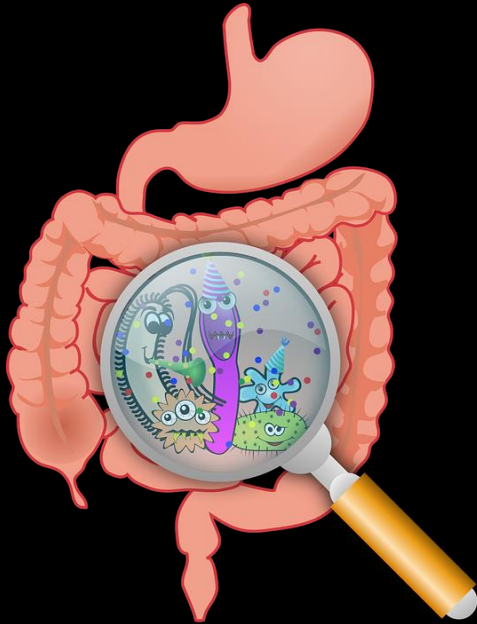


# MICROBIOTE INTESTINAL ET PERFORMANCE SPORTIVE



Frédéric Derbré – MCU /HDR  
[Frederic.derbre@univ-rennes2.fr](mailto:Frederic.derbre@univ-rennes2.fr)



# INTRODUCTION



SCIENTIFIQUES ET COBAYES (2/6)

## Des gélules de caca pour réinitialiser son système digestif

4 minutes de lecture

Fabien Goubet

Publié lundi 10 juillet 2017 à 11:25, modifié lundi 10 juillet 2017 à 11:35.

Souffrant de problèmes intestinaux, le Californien Josiah Zayner a décidé de s'implanter un nouveau microbiote en purgeant son système digestif et en ingérant des gélules composées de la matière fécale de l'un de ses amis

## M Sciences

SCIENCES Vidéos Archéologie Astronomie Biologie Cerveau Géophysique Les défis de la science

ÉDITION ABONNÉS

## Faire de l'exercice stimule aussi notre microbiote intestinal

Des études montrent que l'activité physique modifie favorablement la composition et l'activité des quelque 100 000 milliards de bactéries qui peuplent notre appareil digestif.

**L'ÉQUIPE**

Tous sports

## Le microbiote fécal: le dopage du futur ?

Publié le lundi 26 juin 2017 à 19:18 | Mis à jour le 26/06/2017 à 23:46

Aux Etats-Unis, une chercheuse se basant sur sa propre expérience tente de démontrer qu'une transplantation fécale pourrait faire grimper les performances sportives. Révolution à venir ou hypothèse farfelue ?

Yann Sternis

Le Monde.fr

## Réalités Biomédicales

Rien que de la médecine et de la biologie, mais sous un autre angle

01 NOVEMBRE 2019 PAR MARC GOZLAN

Aux Etats-Unis, une transplantation de microbiote fécal entraîne le décès d'un patient

# INTRODUCTION



**L'ÉQUIPE**

Tous sports

## Le microbiote

**QU'EST CE QUE LE MICROBIOTE ET SON RÔLE DANS NOTRE ORGANISME ?**

**QUE SAIT ON SUR LE RÔLE DU MICROBIOTE INTESTINAL SUR LA PERFORMANCE PHYSIQUE ET LA SANTÉ DES ATHLÈTES ?**

**COMMENT MON ALIMENTATION PEUT INFLUENCER MON MICROBIOTE INTESTINAL ?**

**COMMENT LE SPORT PEUT INFLUENCER MON MICROBIOTE INTESTINAL ?**

### **notre microbiote intestinal**

Des études montrent que l'activité physique modifie favorablement la composition et l'activité des quelque 100 000 milliards de bactéries qui peuplent notre appareil digestif.

01 NOVEMBRE 2019 PAR MARC GOZLAN

Aux Etats-Unis, une transplantation de microbiote fécal entraîne le décès d'un patient

# **PLAN DE L'INTERVENTION**

- 1. PRESENTATION DU MICROBIOTE INTESTINAL ET DES APPROCHES SCIENTIFIQUES POUR L'ETUDIER**
- 2. ROLE DU MICROBIOTE INTESTINAL SUR LA PERFORMANCE PHYSIQUE**
- 3. MODULATION DU MICROBIOTE INTESTINAL PAR L'ALIMENTATION**
- 4. MODULATION DU MICROBIOTE INTESTINAL PAR L'ACTIVITE PHYSIQUE**

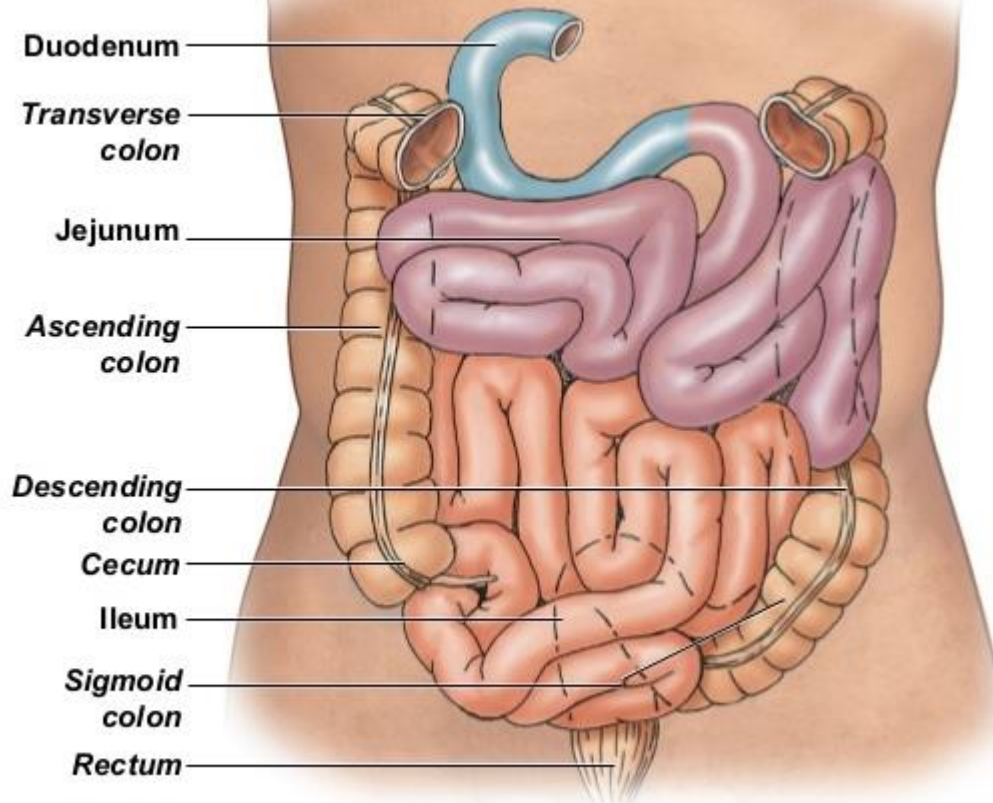
- **DESCRIPTION**
- MICROBIOTE ET PERF.
- MICROBIOTE ET ALIM.
- MICROBIOTE ET SPORT

# PRESENTATION DU MICROBIOTE INTESTINAL ET DES APPROCHES SCIENTIFIQUES POUR L'ETUDIER

# LE MICROBIOTE C'EST QUOI ?

- DESCRIPTION
- MICROBIOTE ET PERF.
- MICROBIOTE ET ALIM.
- MICROBIOTE ET SPORT

## LES DIFFERENTS COMPARTIMENTS DE L'INTESTIN



**INTESTIN GRELE**  
DUODENUM, JEJUNUM ET  
ILEON



# LE MICROBIOTE C'EST QUOI ?

- DESCRIPTION
- MICROBIOTE ET PERF.
- MICROBIOTE ET ALIM.
- MICROBIOTE ET SPORT

## LES DIFFERENTS COMPARTIMENTS DE L'INTESTIN

### INTESTIN GRELE DUODENUM, JEJUNUM ET ILEON

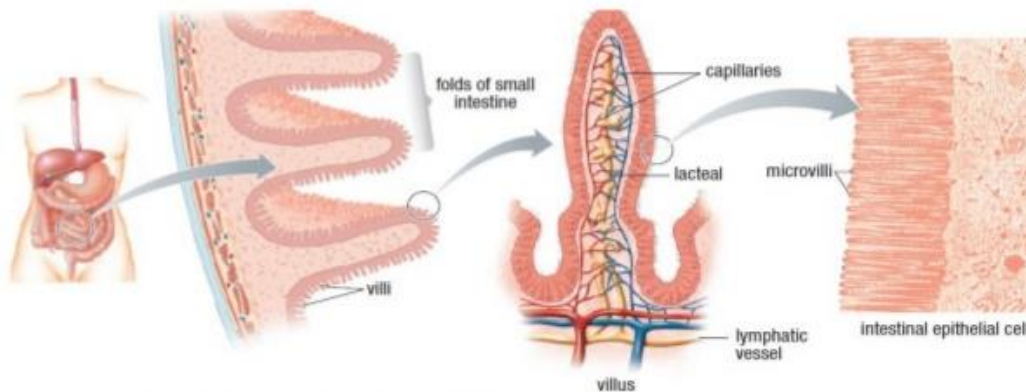
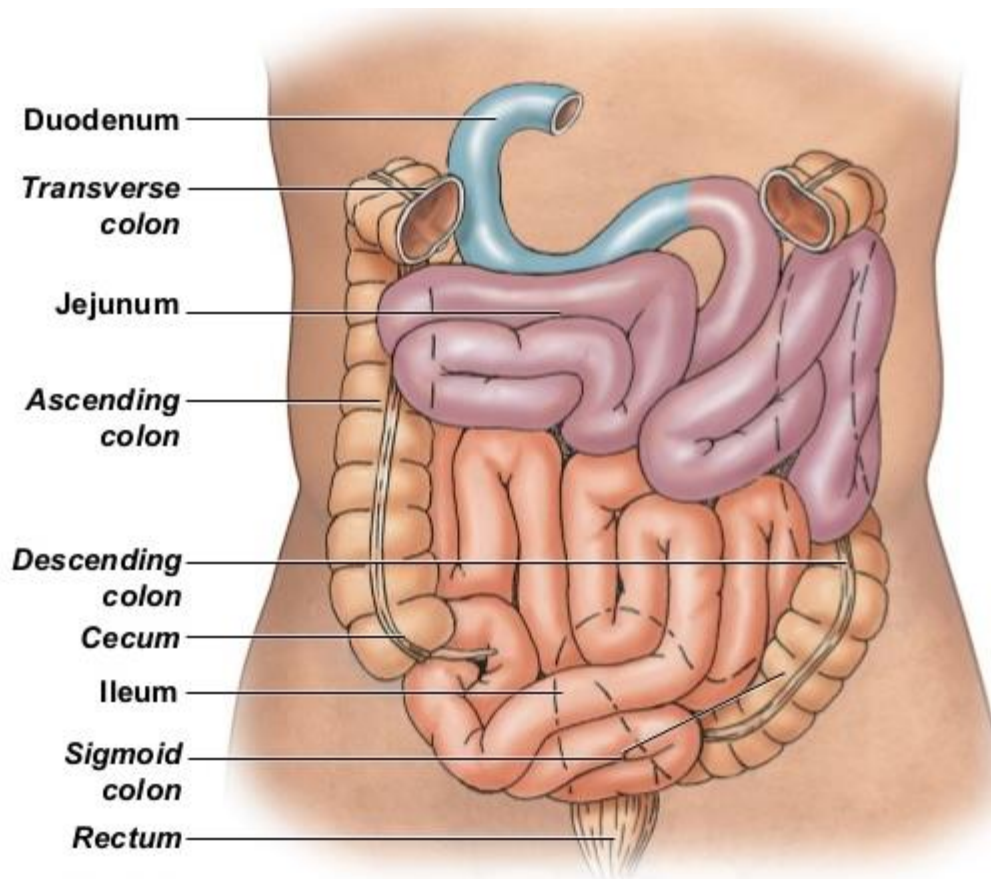


Figure 3 The villi and microvilli greatly increase the surface area available for absorption of nutrients.

# LE MICROBIOTE C'EST QUOI ?

- DESCRIPTION
- MICROBIOTE ET PERF.
- MICROBIOTE ET ALIM.
- MICROBIOTE ET SPORT

## LES DIFFERENTS COMPARTIMENTS DE L'INTESTIN



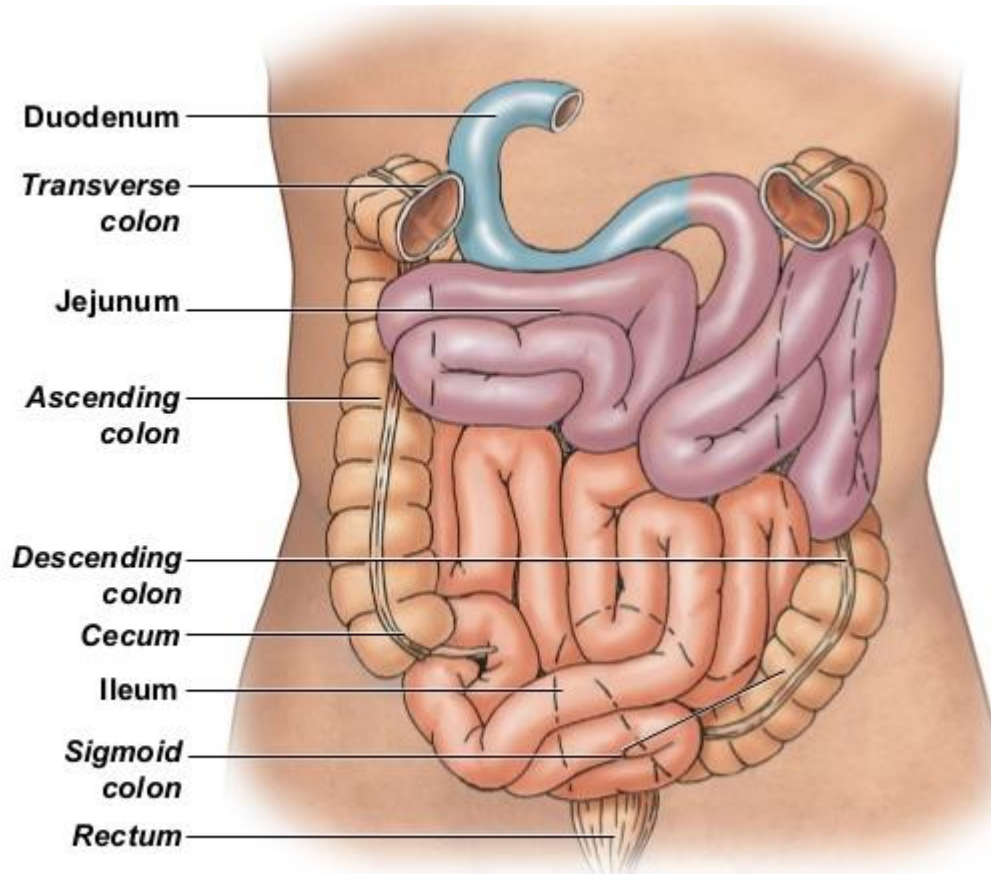
**INTESTIN GRELE**  
DUODENUM, JEJUNUM ET  
ILEON



# LE MICROBIOTE C'EST QUOI ?

- DESCRIPTION
- MICROBIOTE ET PERF.
- MICROBIOTE ET ALIM.
- MICROBIOTE ET SPORT

## LES DIFFERENTS COMPARTIMENTS DE L'INTESTIN



**INTESTIN GRELE**  
DUODENUM, JEJUNUM ET  
ILEON

ABSORBE LA GRANDE  
MAJORITE DES NUTRIMENTS

**GROS INTESTIN**  
COLON

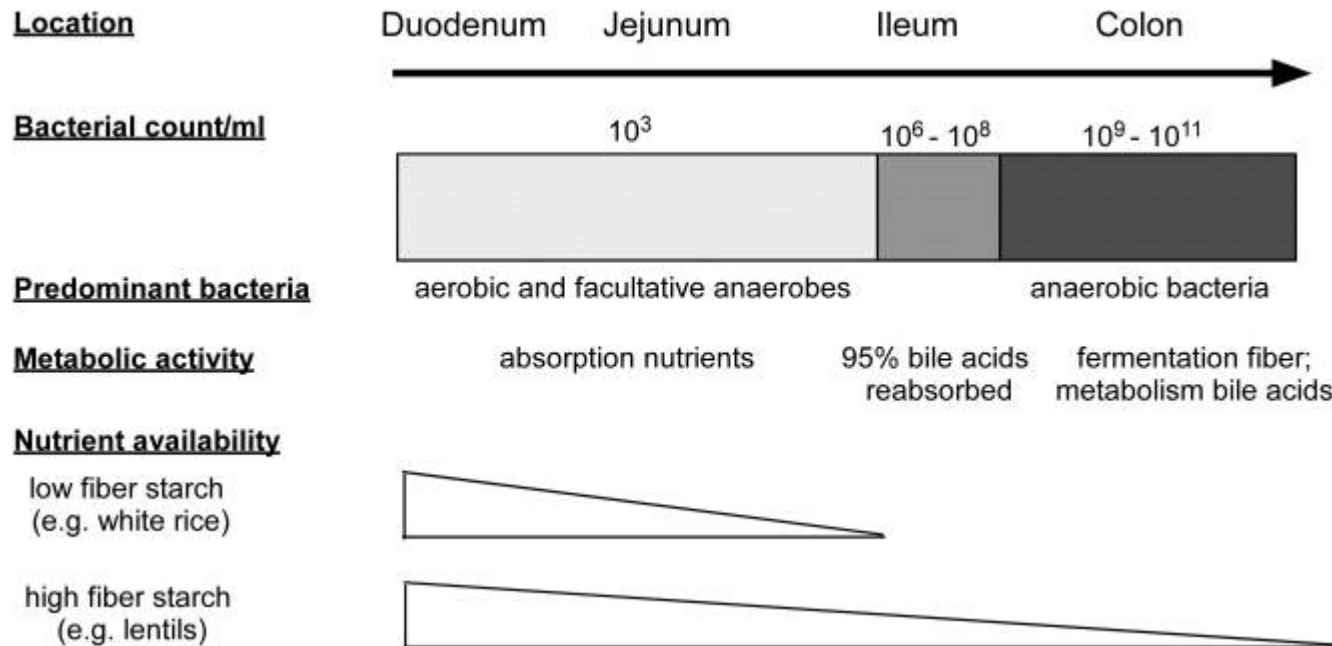
ABSORBE PRINCIPALEMENT  
L'EAU ET LES ELECTROLYTES

DEGRADE LES FIBRES  
ALIMENTAIRES

# LE MICROBIOTE C'EST QUOI ?

- DESCRIPTION
- MICROBIOTE ET PERF.
- MICROBIOTE ET ALIM.
- MICROBIOTE ET SPORT

## LES DIFFERENTS COMPARTIMENTS DE L'INTESTIN



*Utzschnieder, J Clin End Metab, 2016*

# LE MICROBIOTE C'EST QUOI ?

- DESCRIPTION
- MICROBIOTE ET PERF.
- MICROBIOTE ET ALIM.
- MICROBIOTE ET SPORT

LES BACTERIES VIVANT DANS L'INTESTIN FORME LE MICROBIOTE INTESTINAL

PROTEGENT DES AGENTS  
PATHOGENES

REGULE LE SYSTÈME  
IMMUNITAIRE



MODULE LE FONCTIONNEMENT  
DES ENTEROCYTES

EXTRAIRE DE L'ENERGIE DE  
L'ALIMENTATION

10000 milliards de bactéries vivant dans notre tractus gastro-intestinal

Autant que de cellules humaines dans l'organisme

*Sender, Plos Biol, 2016*

# LE MICROBIOTE C'EST QUOI ?

- DESCRIPTION
- MICROBIOTE ET PERF.
- MICROBIOTE ET ALIM.
- MICROBIOTE ET SPORT

LES BACTERIES VIVANT DANS L'INTESTIN FORME LE MICROBIOTE INTESTINAL

PROTEGENT DES AGENTS  
PATHOGENES

REGULE LE SYSTÈME  
IMMUNITAIRE



MODULE LE FONCTIONNEMENT  
DES ENTEROCYTES

EXTRAIRE DE L'ENERGIE DE  
L'ALIMENTATION

DYSBIOSE

# LE MICROBIOTE C'EST QUOI ?

- DESCRIPTION
- MICROBIOTE ET PERF.
- MICROBIOTE ET ALIM.
- MICROBIOTE ET SPORT

COMMENT CONNAITRE LA COMPOSITION DE CE MICROBIOTE INTESTINAL ?

## ANALYSE METAGENOMIQUE

Déterminer l'ordre des gènes dans une séquence ou l'ADN complet d'un individu d'une espèce (**Séquençage**) et comparer celle-ci à d'autres individus d'espèces différentes

## METAGENOMIQUE BACTERIENNE

Uniquement centrée sur la comparaison du génome de différentes bactéries présentes dans un échantillon

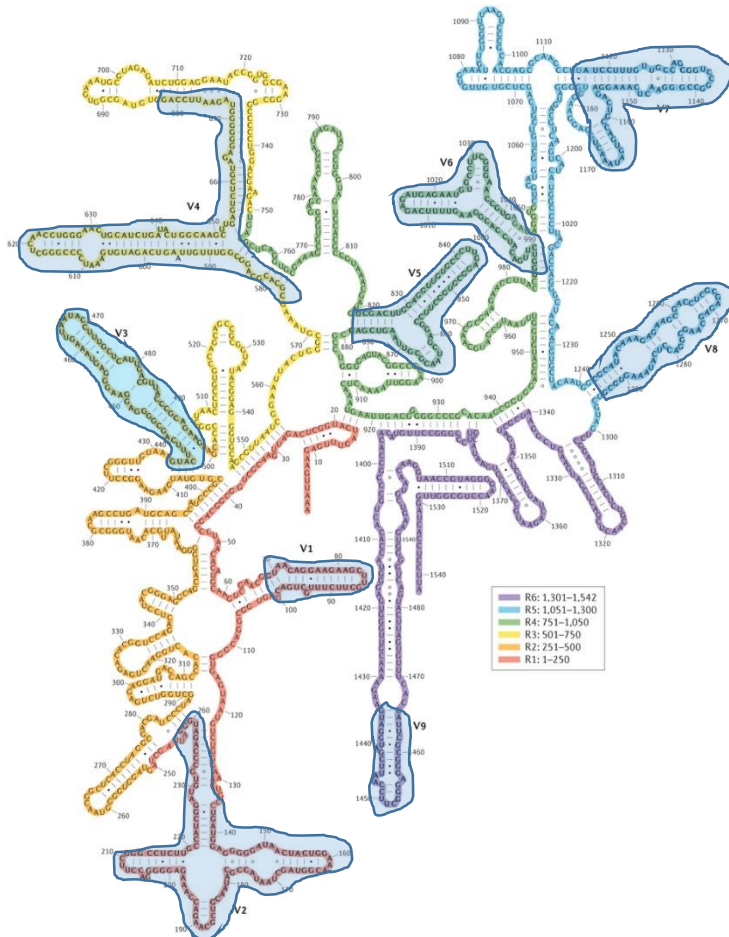
Repose sur l'analyse du gène qui code pour l'ARN 16s



# LE MICROBIOTE C'EST QUOI ?

- DESCRIPTION
- MICROBIOTE ET PERF.
- MICROBIOTE ET ALIM.
- MICROBIOTE ET SPORT

## COMMENT CONNAITRE LA COMPOSITION DE CE MICROBIOTE INTESTINAL ?



Séquences de l'ARN 16s qui peuvent varier d'une espèce de bactérie à l'autre



# LE MICROBIOTE C'EST QUOI ?

- DESCRIPTION
- MICROBIOTE ET PERF.
- MICROBIOTE ET ALIM.
- MICROBIOTE ET SPORT

COMMENT CONNAITRE LA COMPOSITION DE CE MICROBIOTE INTESTINAL ?

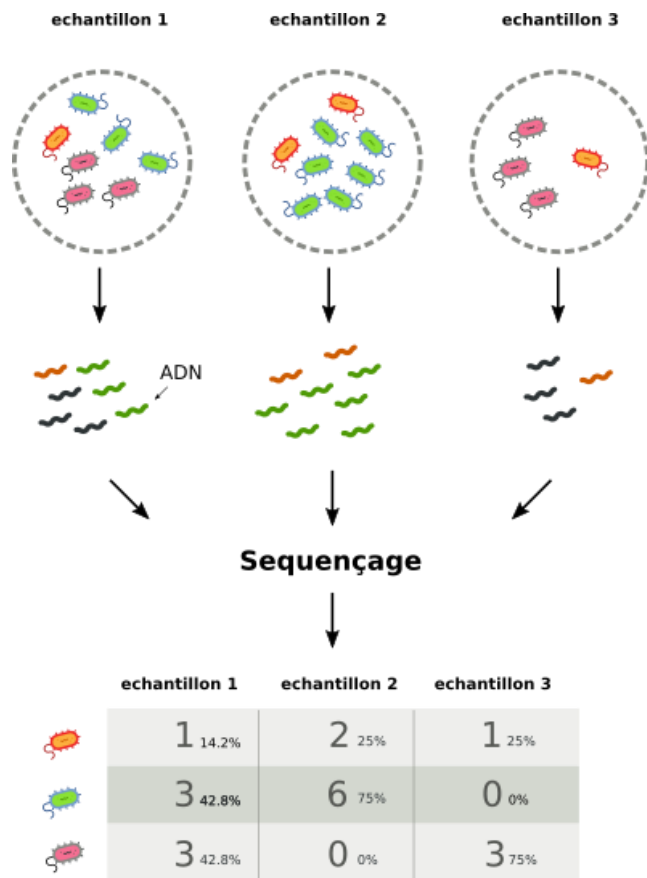
COMPARAISON DES SEQUENCES PRESENTES DANS L'ECHANTILLON AVEC SEQUENCES PRESENTES DANS UNE BASE DE DONNEES



# LE MICROBIOTE C'EST QUOI ?

- DESCRIPTION
- MICROBIOTE ET PERF.
- MICROBIOTE ET ALIM.
- MICROBIOTE ET SPORT

## COMMENT CONNAITRE LA COMPOSITION DE CE MICROBIOTE INTESTINAL ?



CREATION D'UNE TABLE OTU (*OPERATIONAL TAXONOMIC UNIT*)

PERMET DE CONNAITRE L'ABONDANCE D'UNE BACTERIE DANS UN ECHANTILLON

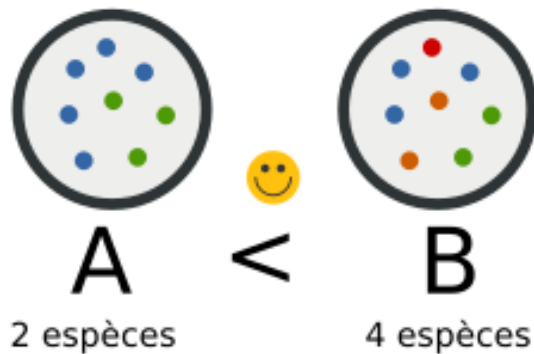
Table des OTUs

# LE MICROBIOTE C'EST QUOI ?

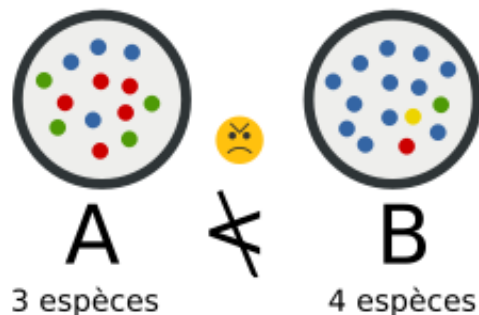
- DESCRIPTION
- MICROBIOTE ET PERF.
- MICROBIOTE ET ALIM.
- MICROBIOTE ET SPORT

COMMENT CONNAITRE LA COMPOSITION DE CE MICROBIOTE INTESTINAL ?

INDICATEURS UTILISES POUR CARACTERISER UN MICROBIOTE INTESTINAL



La **diversité alpha** est une mesure indiquant la diversité d'un échantillon unique. Le nombre d'espèce est par exemple un indicateur d'alpha diversité.



MAIS Le nombre d'espèce n'est pas toujours adapté....

# LE MICROBIOTE C'EST QUOI ?

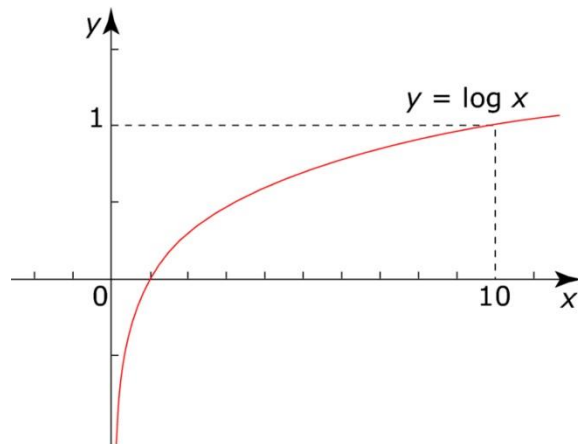
- DESCRIPTION
- MICROBIOTE ET PERF.
- MICROBIOTE ET ALIM.
- MICROBIOTE ET SPORT

COMMENT CONNAITRE LA COMPOSITION DE CE MICROBIOTE INTESTINAL ?

INDICATEUR PRINCIPAL UTILISE POUR CARACTERISER UN MICROBIOTE INTESTINAL

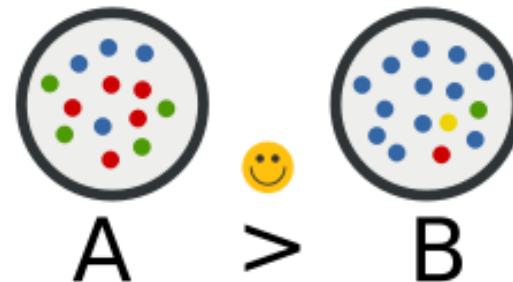
INDICE DE SHANNON – DIVERSITE ALPHA

$$H(X) = H_2(X) = - \sum_{i=1}^n P_i \log_2 P_i.$$



Exemple A

$$-\left(\frac{4}{13} \log\left(\frac{4}{13}\right) + \frac{5}{13} \log\left(\frac{5}{13}\right) + \frac{4}{13} \log\left(\frac{4}{13}\right)\right) = 1.09$$



Shannon = 1.09

Shannon = 0.72

# LE MICROBIOTE C'EST QUOI ?

- DESCRIPTION
- MICROBIOTE ET PERF.
- MICROBIOTE ET ALIM.
- MICROBIOTE ET SPORT

COMMENT CONNAITRE LA COMPOSITION DE CE MICROBIOTE INTESTINAL ?

POUR ALLER PLUS LOIN



## Introduction à la métagénomique

// under `bioinformatique` `génétique`

// Par Sacha Schutz

Le **microbiote** et la **métagénomique** sont les deux mots tendances de ces dernières années dans les laboratoires de microbiologie. Derrière eux se cacheraient les réponses à de nombreuses maladies comme le **diabète**, la **maladie de Crohn** et même l'**autisme** ou la **schizophrénie**.

Commençons donc par définir ces deux termes:

- Le **microbiote** est l'ensemble des micro-organismes (bactéries, virus, champignons, levures) vivants dans un environnement spécifique appelé **microbiome**. L'exemple typique est le microbiote intestinal. Votre intestin est composé de millions d'espèces bactériennes différentes formant une communauté écologique en symbiose avec votre organisme et nécessaire à son bon fonctionnement. Il joue entre autre un rôle de barrière vis-à-vis d'autres agents microbiens pathogènes. La destruction du microbiote intestinal par des antibiotiques est par exemple responsable des infections intestinales par *Clostridium difficile*.

Pour vous prouver l'importance du microbiome, retenez que le génome humain est composé d'environ 23 000 gènes. Le nombre de gènes retrouvés dans l'ensemble des micro-organismes du microbiome intestinal se compte en millions.

<http://dridk.me/metagenomique.html>

# LE MICROBIOTE C'EST QUOI ?

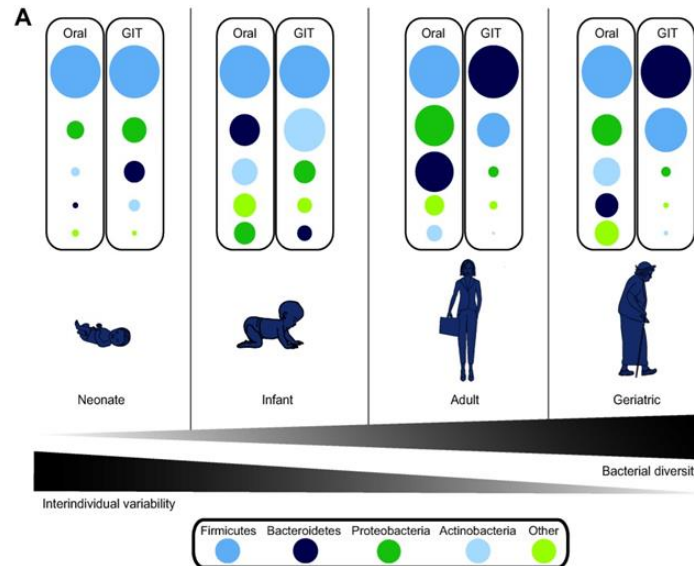
- DESCRIPTION
- MICROBIOTE ET PERF.
- MICROBIOTE ET ALIM.
- MICROBIOTE ET SPORT

QUELLES FAMILLES DE BACTERIES COMPOSENT LE MICROBIOTE INTESTINALE ?



PLUS DE 2000 ESPECES DE BACTERIES DIFFERENTES  
REGROUPES EN 12 FAMILLES PRINCIPALES

CHEZ L'HOMME, 4 FAMILLES PRINCIPALES: FIRMICUTES,  
BACTEROIDETES, ACTINOBACTERIA ET PROTEOBACTERIA



*Hugon, Lancet Infect, 2015*

*Greenhalgh, Env Microbiol, 2016*



# LE MICROBIOTE C'EST QUOI ?

- DESCRIPTION
- MICROBIOTE ET PERF.
- MICROBIOTE ET ALIM.
- MICROBIOTE ET SPORT

## PRINCIPAUX MODELES EXPERIMENTAUX



**SOURIS GNOTOBIOTIQUES : NEES DE PARENTS ELEVES EN MILIEU STERILE, ELLES-MÊME ELEVEES EN MILIEU STERILE**

**AUCUNE BACTERIE INTESTINALE**

*Hansen, Plos One, 2012*

**TRAITEMENT ANTIOTBIOTIQUE A LARGE SPECTRE: SOURIS ELEVEES DANS DES CONDITIONS NORMALES ET TRAITÉES PENDANT PLUSIEURS JOURS**

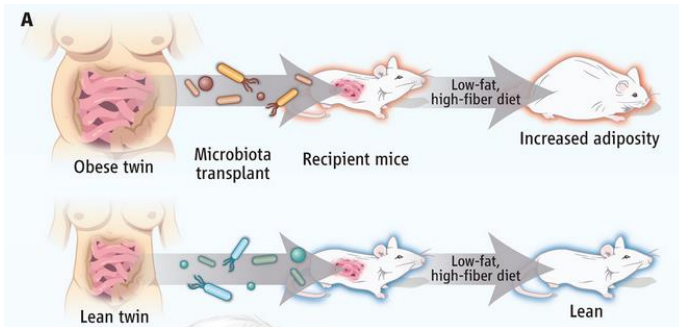


**DESTRUCTION DE PLUS DE 95% DES BACTERIES INTESTINALES**

# LE MICROBIOTE C'EST QUOI ?

- DESCRIPTION
- MICROBIOTE ET PERF.
- MICROBIOTE ET ALIM.
- MICROBIOTE ET SPORT

## PRINCIPAUX MODELES EXPERIMENTAUX



**TRANSPLANTATION FECALE : DESTRUCTION DES BACTERIES INTESTINALES PAR TRAITEMENT ANTI-BIOTIQUE PUIS TRANSPLANTATION DE BACTERIES ISSUS DE FECES DE DIFFERENTES POPULATIONS (OBESE, ACTIF, VEGETARIEN, CARNIVORE...)**

*Cammorata, J Clin Gast, 2014*

# LE MICROBIOTE C'EST QUOI ?

- DESCRIPTION
- MICROBIOTE ET PERF.
- MICROBIOTE ET ALIM.
- MICROBIOTE ET SPORT

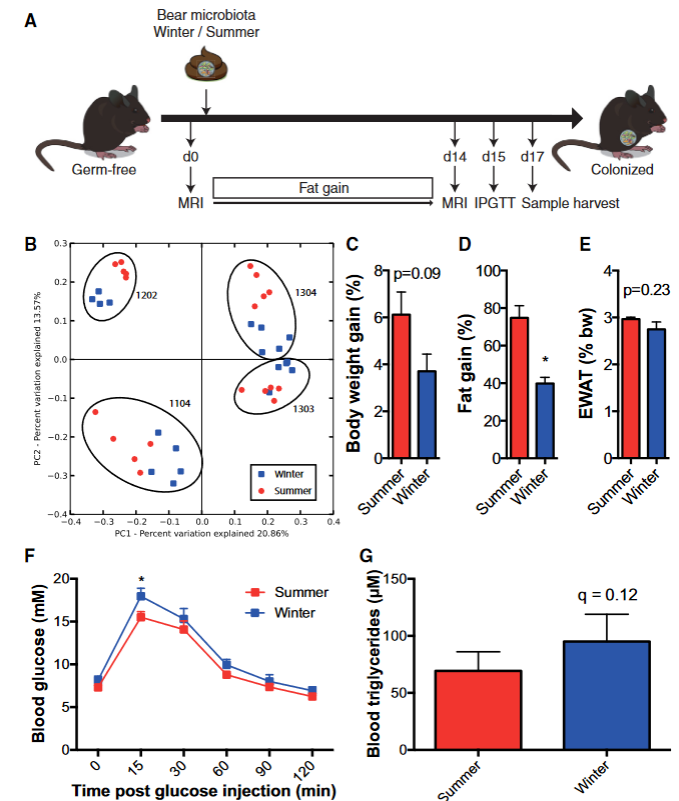
## PRINCIPAUX MODELES EXPERIMENTAUX

### Cell Reports

#### The Gut Microbiota Modulates Energy Metabolism in the Hibernating Brown Bear *Ursus arctos*



Article



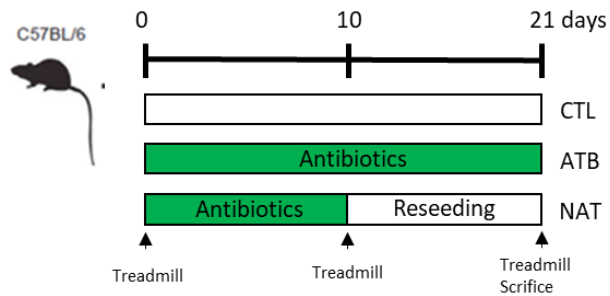
- DESCRIPTION
- **MICROBIOTE ET PERF.**
- MICROBIOTE ET ALIM.
- MICROBIOTE ET SPORT

# ROLE DU MICROBIOTE INTESTINAL SUR LA PERFORMANCE PHYSIQUE

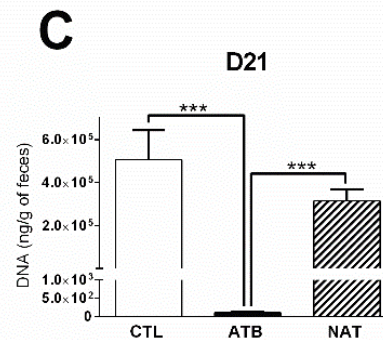
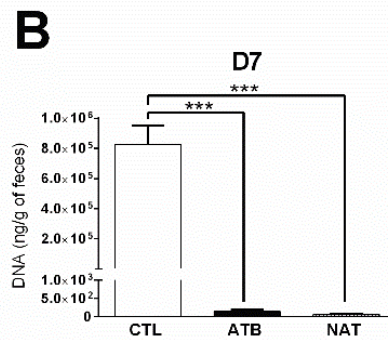
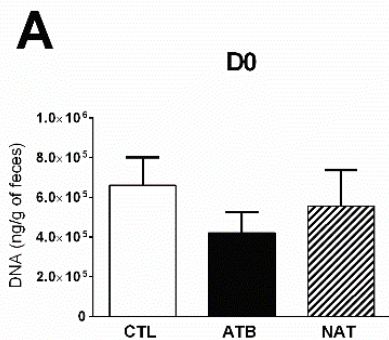
# MICROBIOTE ET PERFORMANCE SPORTIVE

- DESCRIPTION
- MICROBIOTE ET PERF.
- MICROBIOTE ET ALIM.
- MICROBIOTE ET SPORT

## DEPLETION DU MICROBIOTE INTESTINAL – IMPACT SUR LA PERFORMANCE



*Souris traitées avec antibiotiques*

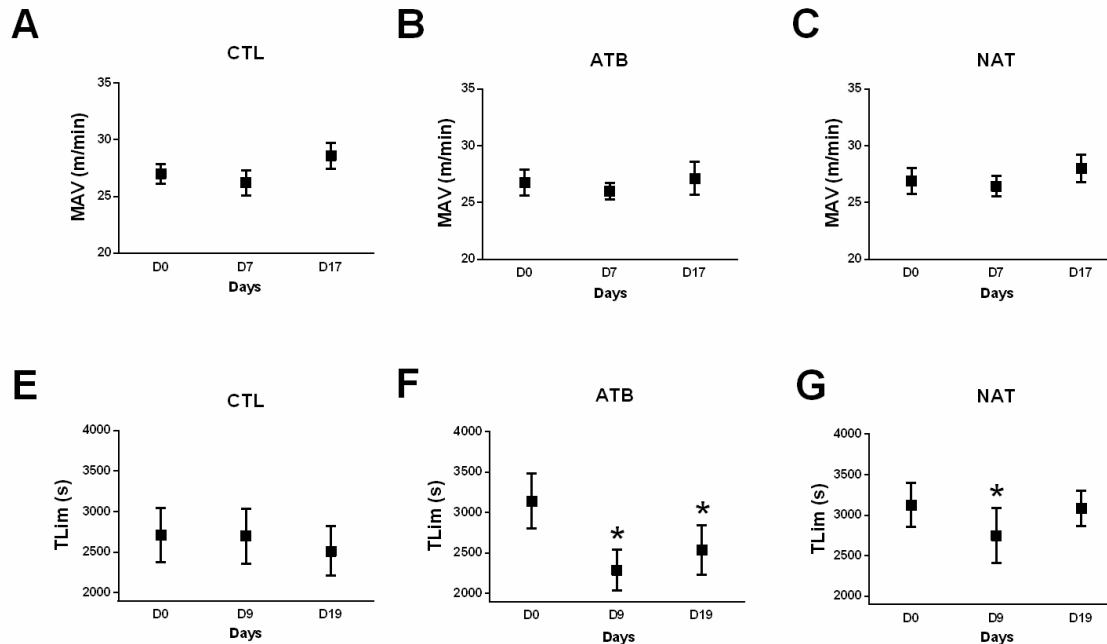


**DMeM** Unité Mixte de Recherche  
INRA – Université de Montpellier  
Dynamique Musculaire et Métabolisme

# MICROBIOTE ET PERFORMANCE SPORTIVE

- DESCRIPTION
- MICROBIOTE ET PERF.
- MICROBIOTE ET ALIM.
- MICROBIOTE ET SPORT

## DEPLETION DU MICROBIOTE INTESTINAL – IMPACT SUR LA PERFORMANCE



*Souris traitées avec antibiotiques*



**LA CMA DES SOURIS TRAITÉES AUX ANTIOTBIOTIQUES EST ALTERÉE, MAIS PAS LA PMA**

**DMeM** Unité Mixte de Recherche  
INRA – Université de Montpellier  
Dynamique Musculaire et Métabolisme



# MICROBIOTE ET PERFORMANCE SPORTIVE

- DESCRIPTION
- MICROBIOTE ET PERF.
- MICROBIOTE ET ALIM.
- MICROBIOTE ET SPORT

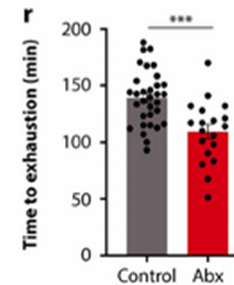
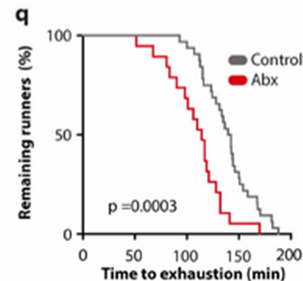
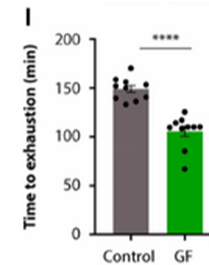
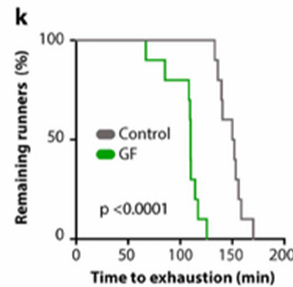
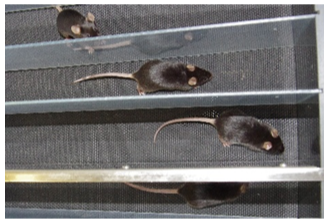
## DEPLETION DU MICROBIOTE INTESTINAL – IMPACT SUR LA PERFORMANCE

Article

### A microbiome-dependent gut–brain pathway regulates motivation for exercise

nature

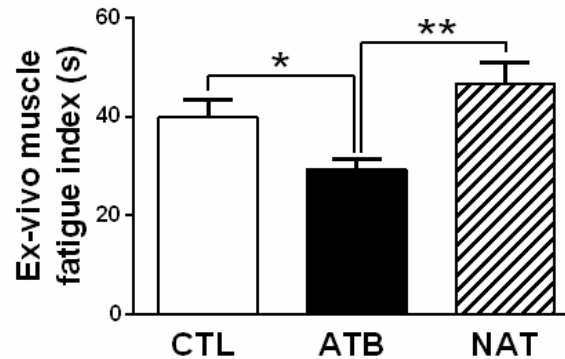
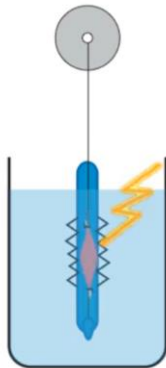
Tests de course sur tapis



# MICROBIOTE ET PERFORMANCE SPORTIVE

- DESCRIPTION
- MICROBIOTE ET PERF.
- MICROBIOTE ET ALIM.
- MICROBIOTE ET SPORT

## DEPLETION DU MICROBIOTE INTESTINAL – IMPACT SUR LA PERFORMANCE



*Souris traitées avec antibiotiques*



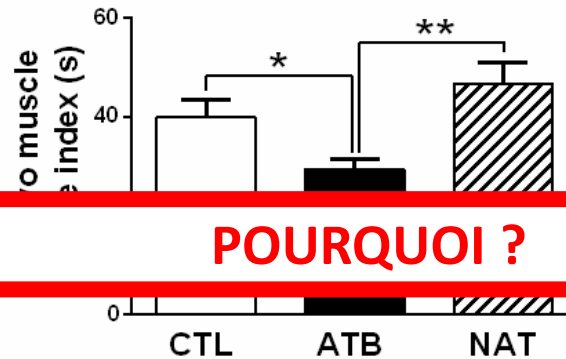
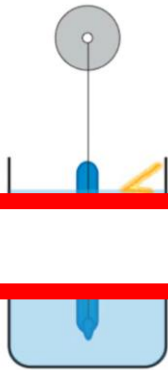
**LE TRAITEMENT ANTIBIOTIQUE INDUIT UNE FATIGUE MUSCULAIRE EN CONDITION EX-VIVO**

**DMeM** Unité Mixte de Recherche  
INRA – Université de Montpellier  
Dynamique Musculaire et Métabolisme

# MICROBIOTE ET PERFORMANCE SPORTIVE

- DESCRIPTION
- MICROBIOTE ET PERF.
- MICROBIOTE ET ALIM.
- MICROBIOTE ET SPORT

## DEPLETION DU MICROBIOTE INTESTINAL – IMPACT SUR LA PERFORMANCE



**POURQUOI ?**



*Souris traitées avec antibiotiques*



**LE TRAITEMENT ANTIBIOTIQUE INDUIT UNE FATIGUE MUSCULAIRE EN CONDITION EX-VIVO**

**DMeM** Unité Mixte de Recherche  
INRA – Université de Montpellier  
Dynamique Musculaire et Métabolisme

# MICROBIOTE ET PERFORMANCE SPORTIVE

- DESCRIPTION
- MICROBIOTE ET PERF.
- MICROBIOTE ET ALIM.
- MICROBIOTE ET SPORT

## RAPPELS SUR LES FACTEURS PHYSIOLOGIQUES CONDITIONNANT LA PERFORMANCE AEROBIE

PERFORMANCE AEROBIE : ETRE CAPABLE D'AVOIR UNE MUSCULAIRE LA PLUS IMPORTANTE POSSIBLE SANS QU'UNE FATIGUE MUSCULAIRE APPARAISSE

PUISSANCE MAXIMAL AEROBIE

VO<sub>2</sub>max

CAPACITE MAXIMALE AEROBIE

Etre capable d'avoir une activité musculaire à un pourcentage le plus proche de VO<sub>2</sub>max sans se fatiguer

Débit cardiaque maximal (Q<sub>max</sub>)

Capacité de transport de l'O<sub>2</sub> dans le sang (Hémoglobine)

Vascularisation musculaire

Capacité oxydative maximale musculaire

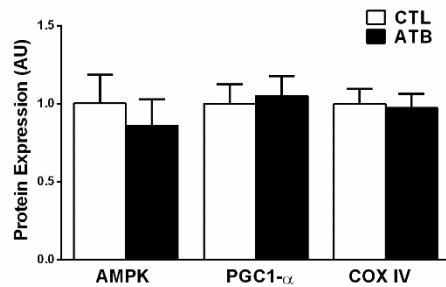
# MICROBIOTE ET PERFORMANCE SPORTIVE

- DESCRIPTION
- MICROBIOTE ET PERF.
- MICROBIOTE ET ALIM.
- MICROBIOTE ET SPORT

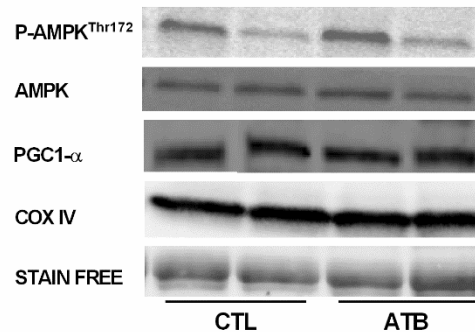
## DEPLETION DU MICROBIOTE INTESTINAL – IMPACT SUR LE MUSCLE

### Capacité oxydative maximale musculaire

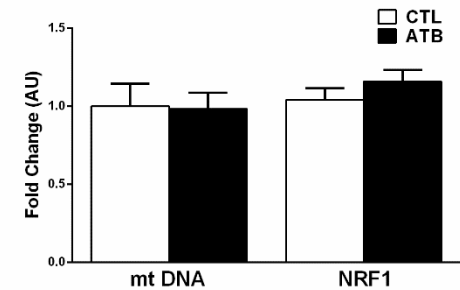
D



E



F



LA BIOGENESE MITOCHONDRIALE MUSCULAIRE N'EST PAS AFFECTEE PAR LA DEPLETION DU MICROBIOTE INTESTINAL

# MICROBIOTE ET PERFORMANCE SPORTIVE

- DESCRIPTION
- MICROBIOTE ET PERF.
- MICROBIOTE ET ALIM.
- MICROBIOTE ET SPORT

## RAPPELS SUR LES FACTEURS PHYSIOLOGIQUES CONDITIONNANT LA PERFORMANCE AEROBIE

PERFORMANCE AEROBIE : ETRE CAPABLE D'AVOIR UNE MUSCULAIRE LA PLUS IMPORTANTE POSSIBLE SANS QU'UNE FATIGUE MUSCULAIRE APPARAISSE

PUISSANCE MAXIMAL AEROBIE

VO<sub>2</sub>max

Débit cardiaque maximal (Q<sub>max</sub>)

Capacité de transport de l'O<sub>2</sub> dans le sang (Hémoglobine)

Vascularisation musculaire

Capacité oxydative maximale musculaire

CAPACITE MAXIMALE AEROBIE

Etre capable d'avoir une activité musculaire à un pourcentage le plus proche de VO<sub>2</sub>max sans se fatiguer

Réserves en substrats énergétiques

Accumulation musculaire de phosphate inorganique

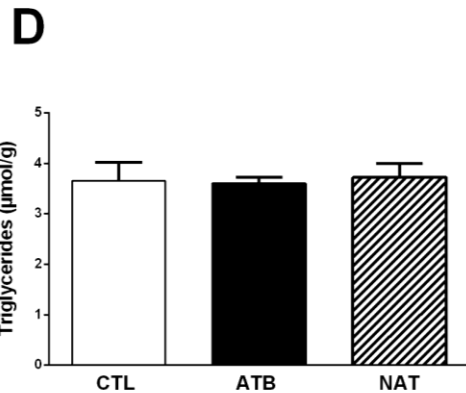
Facteurs centraux

# MICROBIOTE ET PERFORMANCE SPORTIVE

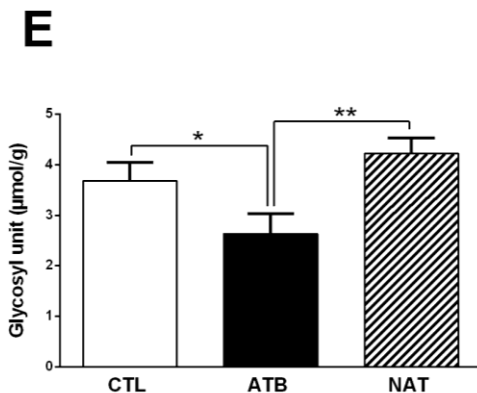
- DESCRIPTION
- MICROBIOTE ET PERF.
- MICROBIOTE ET ALIM.
- MICROBIOTE ET SPORT

## DEPLETION DU MICROBIOTE INTESTINAL – IMPACT SUR LE MUSCLE

Réserves en substrats énergétiques



*Souris traitées avec antibiotiques*



STOCKS EN GLYCOGENE REDUITS AVEC LE TRAITEMENT ANTIBIOTIQUE

RECOLONISATION BACTERIENNE DE L'INTESTIN RAMENE LES STOCKS DE GLYCOGENE A DES VALEURS NORMALES



# MICROBIOTE ET PERFORMANCE SPORTIVE

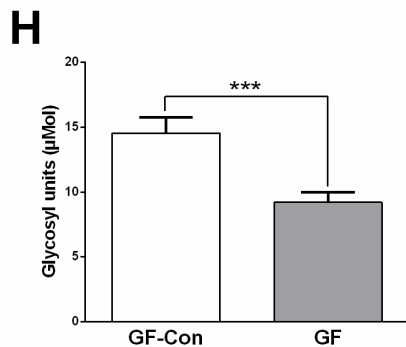
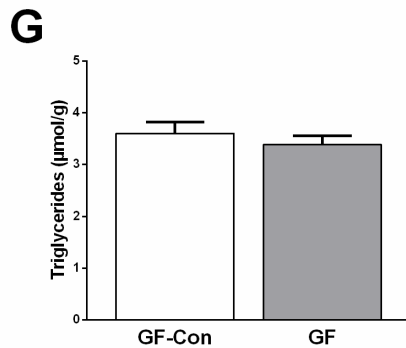
- DESCRIPTION
- MICROBIOTE ET PERF.
- MICROBIOTE ET ALIM.
- MICROBIOTE ET SPORT

## DEPLETION DU MICROBIOTE INTESTINAL – IMPACT SUR LE MUSCLE

### Réserves en substrats énergétiques



*Souris gnotobiotiques*



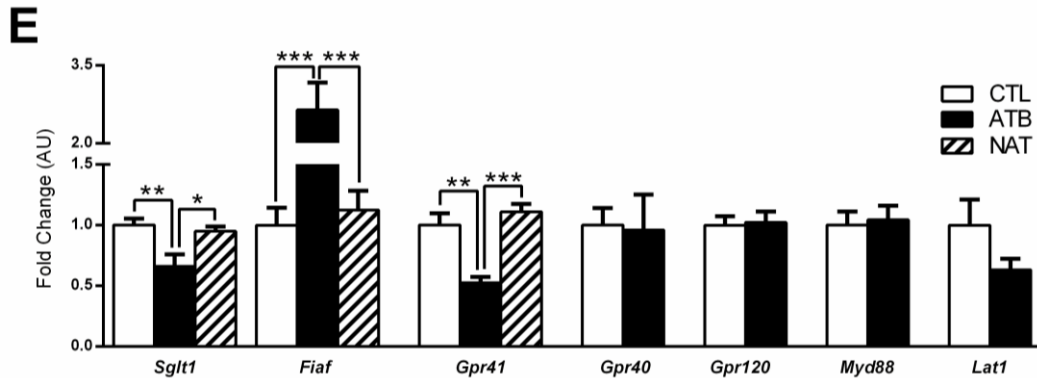
**STOCKS EN GLYCOGENE REDUITS CHEZ LES SOURIS SANS MICROBIOTE INTESTINAL**

# MICROBIOTE ET PERFORMANCE SPORTIVE

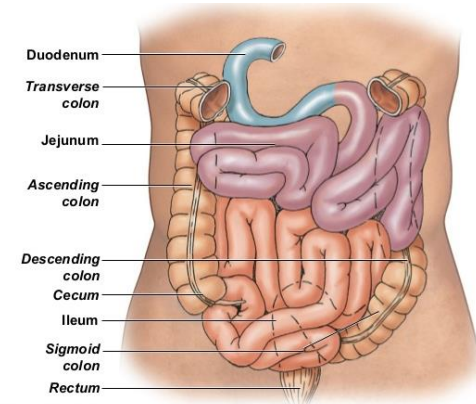
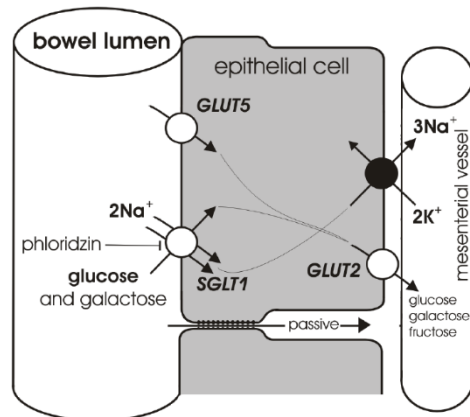
- DESCRIPTION
- MICROBIOTE ET PERF.
- MICROBIOTE ET ALIM.
- MICROBIOTE ET SPORT

## DEPLETION DU MICROBIOTE INTESTINAL – IMPACT SUR L'INTESTIN

Pourquoi une déplétion en glycogène sans microbiote intestinal ?



*Souris traitées avec antibiotiques*



© 2012 Pearson Education, Inc.

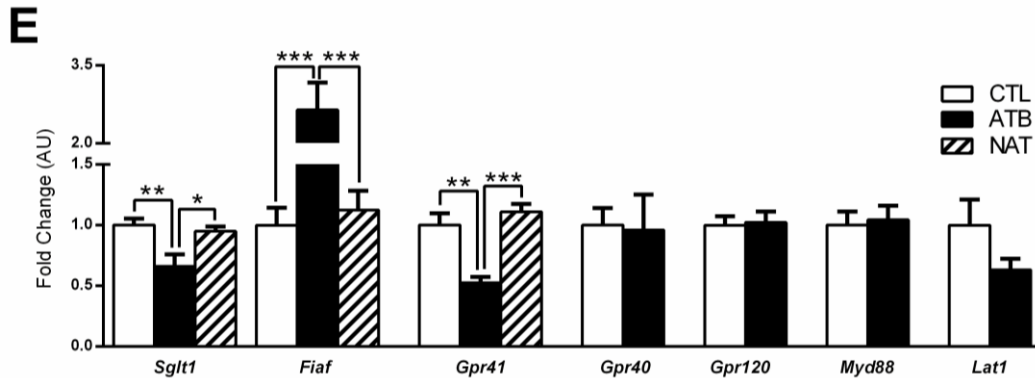
*Nay et al. , 2019, Am J Physiol Endo Meta*

# MICROBIOTE ET PERFORMANCE SPORTIVE

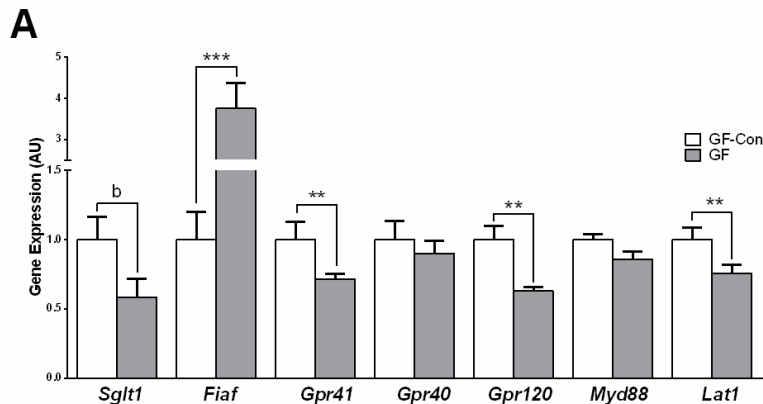
- DESCRIPTION
- MICROBIOTE ET PERF.
- MICROBIOTE ET ALIM.
- MICROBIOTE ET SPORT

## DEPLETION DU MICROBIOTE INTESTINAL – IMPACT SUR L'INTESTIN

Pourquoi une déplétion en glycogène sans microbiote intestinal ?



*Souris traitées avec antibiotiques*



*Souris gnotobiotiques*

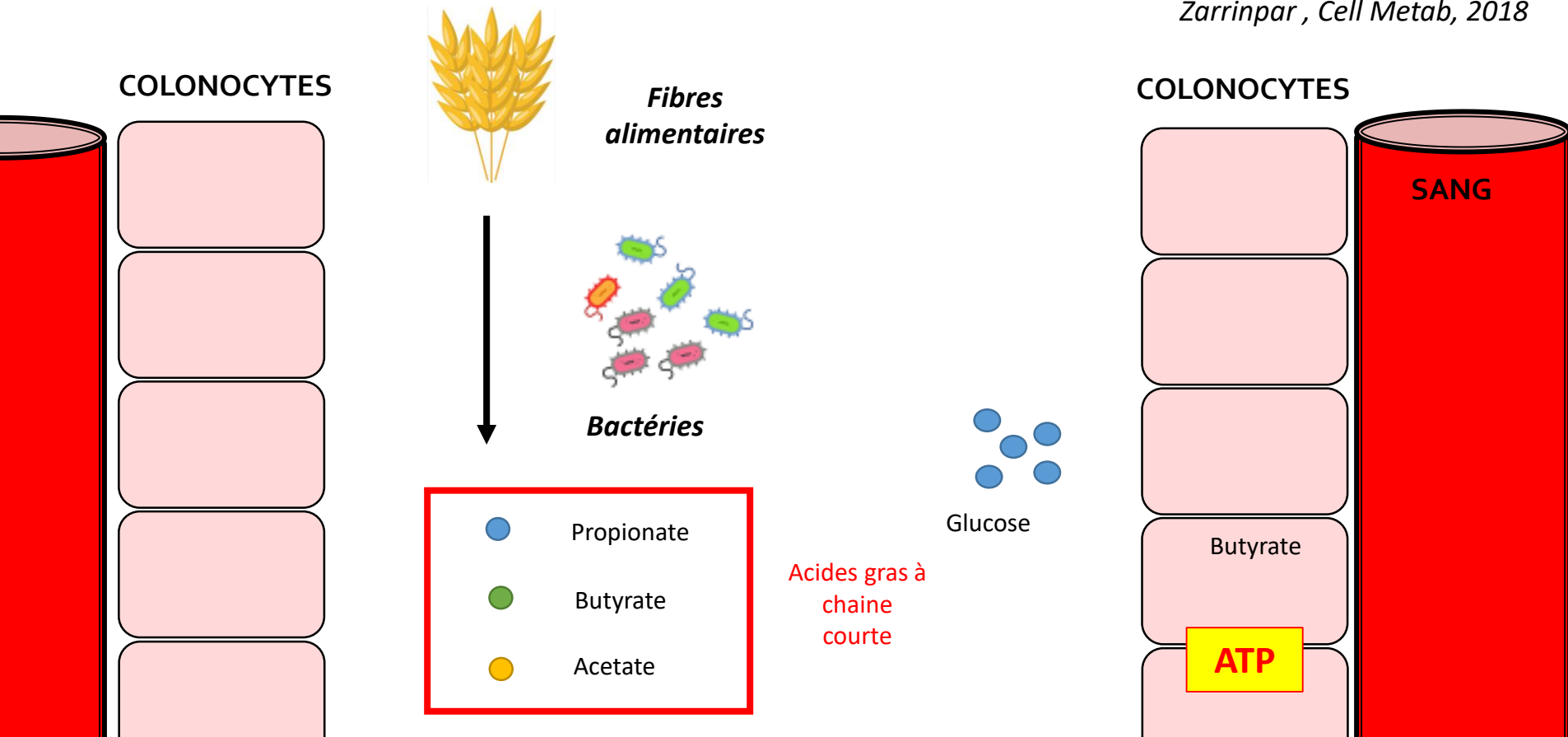
# MICROBIOTE ET PERFORMANCE SPORTIVE

- DESCRIPTION
- MICROBIOTE ET PERF.
- MICROBIOTE ET ALIM.
- MICROBIOTE ET SPORT

## DEPLETION DU MICROBIOTE INTESTINAL – IMPACT SUR L'INTESTIN

Pourquoi une déplétion en glycogène sans microbiote intestinal ?

Zarrinpar, Cell Metab, 2018



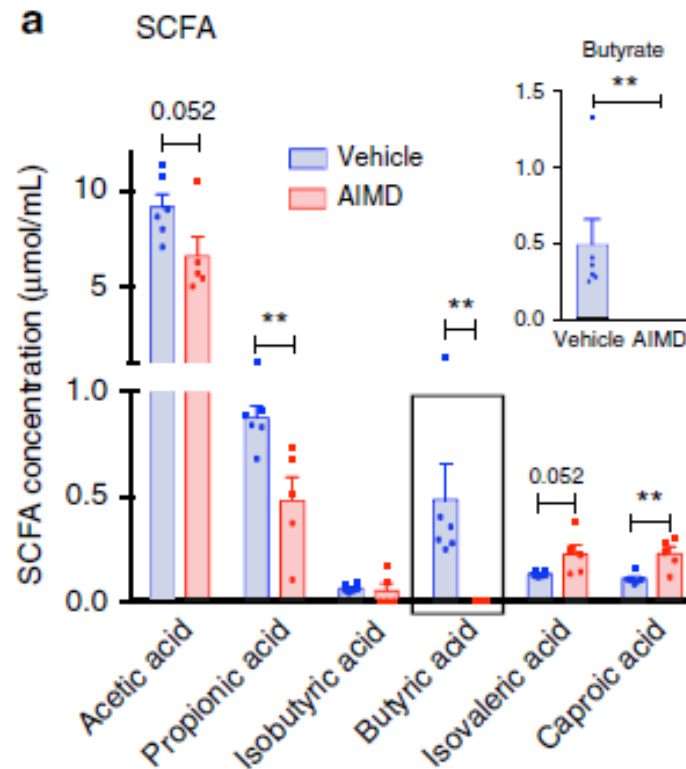
# MICROBIOTE ET PERFORMANCE SPORTIVE

- DESCRIPTION
- MICROBIOTE ET PERF.
- MICROBIOTE ET ALIM.
- MICROBIOTE ET SPORT

## DEPLETION DU MICROBIOTE INTESTINAL – IMPACT SUR L'INTESTIN

Pourquoi une déplétion en glycogène sans microbiote intestinal ?

Zarrinpar , Cell Metab, 2018

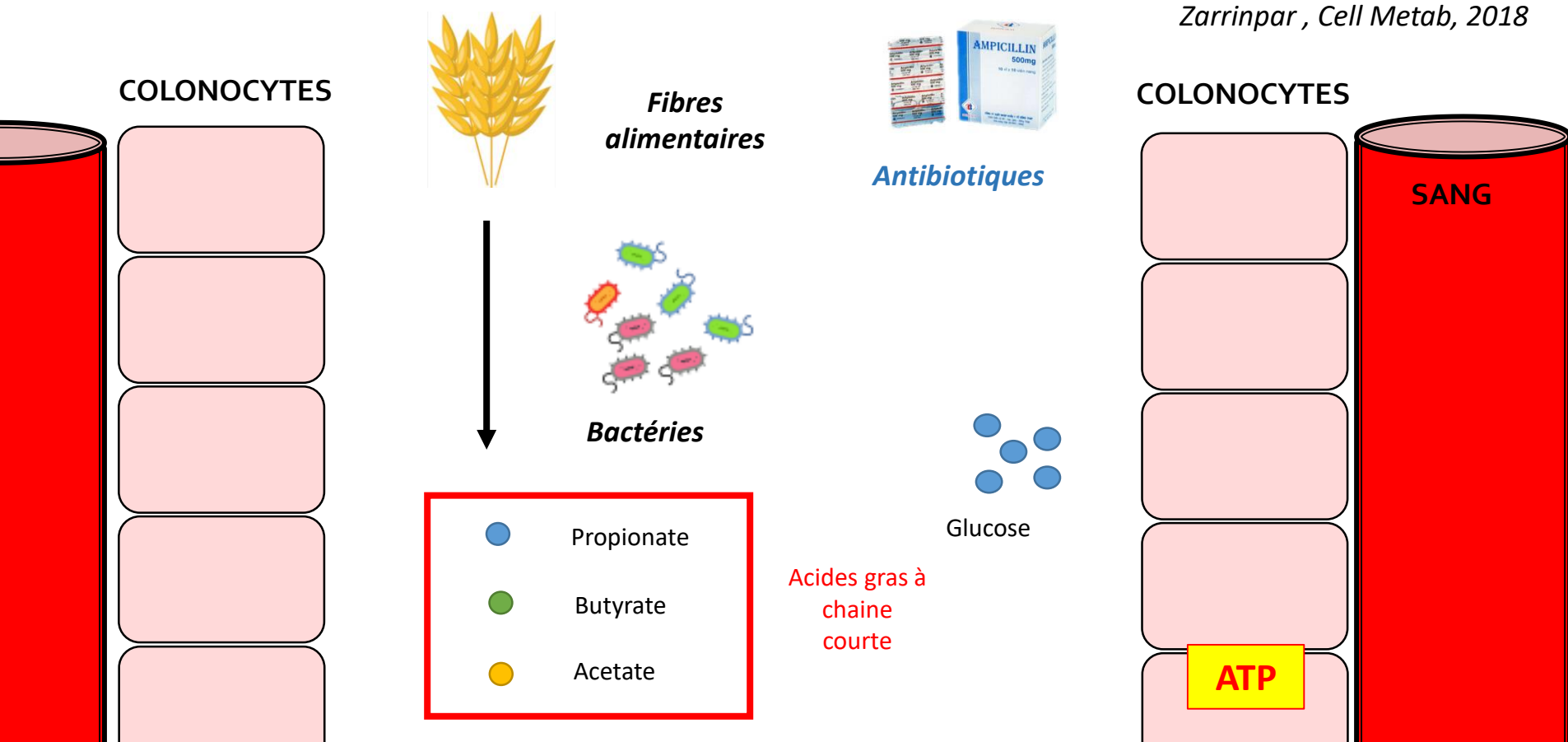


# MICROBIOTE ET PERFORMANCE SPORTIVE

- DESCRIPTION
- MICROBIOTE ET PERF.
- MICROBIOTE ET ALIM.
- MICROBIOTE ET SPORT

## DEPLETION DU MICROBIOTE INTESTINAL – IMPACT SUR L'INTESTIN

Pourquoi une déplétion en glycogène sans microbiote intestinal ?



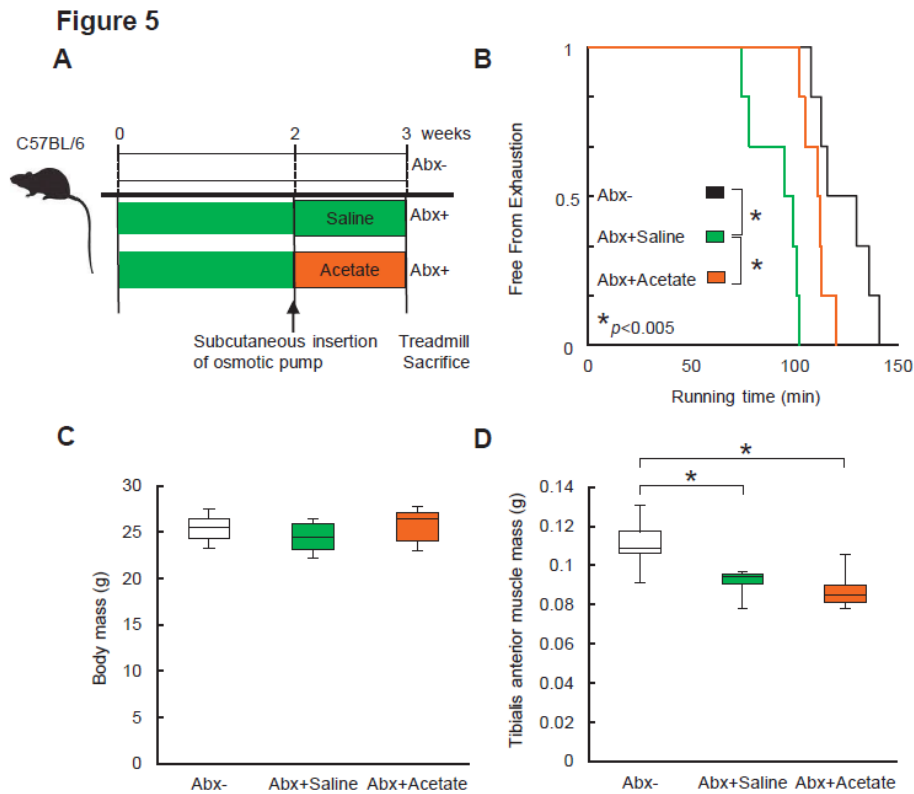
# MICROBIOTE ET PERFORMANCE SPORTIVE

- DESCRIPTION
- MICROBIOTE ET PERF.
- MICROBIOTE ET ALIM.
- MICROBIOTE ET SPORT

## DEPLETION DU MICROBIOTE INTESTINAL – IMPACT SUR L'INTESTIN

Pourquoi une déplétion en glycogène sans microbiote intestinal ?

*Okamoto et al. , 2019*





# MICROBIOTE ET PERFORMANCE SPORTIVE

- DESCRIPTION
- MICROBIOTE ET PERF.
- MICROBIOTE ET ALIM.
- MICROBIOTE ET SPORT

## DEPLETION DU MICROBIOTE INTESTINAL – IMPACT SUR L'INTESTIN

### Pourquoi une déplétion en glycogène sans microbiote intestinal ?

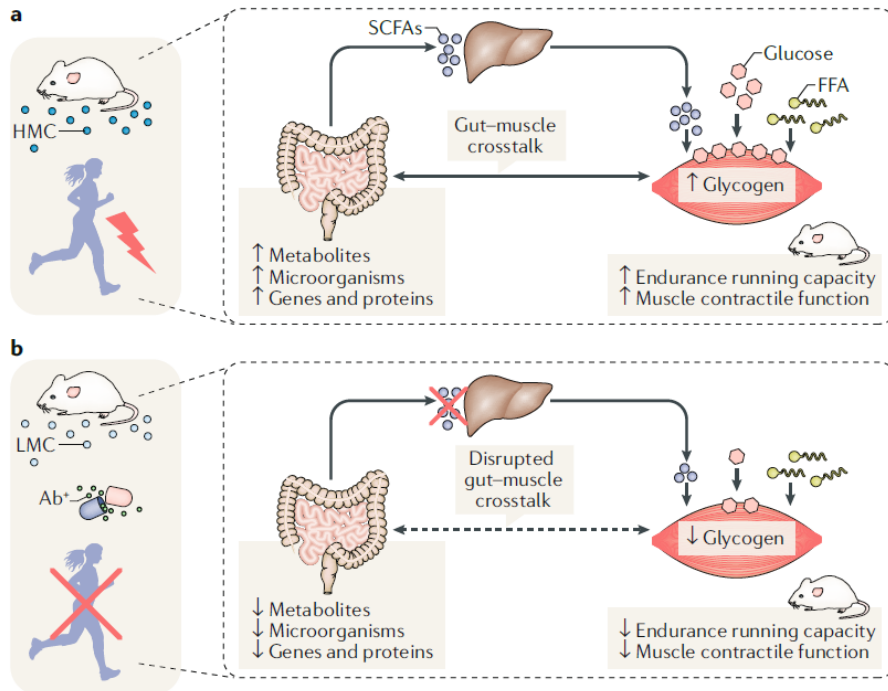


Fig. 1 | **The gut microbiota-skeletal muscle highway.** **a** | A high microbiota-accessible carbohydrate (HMC) diet potentiates endurance exercise capacity in mice. **b** | In mice, antibiotic (Ab<sup>+</sup>) administration and a low microbiota-accessible carbohydrate (LMC) diet modulates muscle fuel availability and impairs exercise capacity. In humans, a healthy gut microbiota is contingent on regular physical exercise. FFA, free fatty acids; SCFAs, short-chain fatty acids.

EXERCISE METABOLISM IN 2019

## Microbiota and muscle highway — two way traffic

John A. Hawley

nature  
REVIEWS

ENDOCRINOLOGY



**BONE METASTASIS**  
Components of the metastatic cascade and therapeutic targets

**Endocrine-disrupting chemicals**  
Adverse effects on reproduction

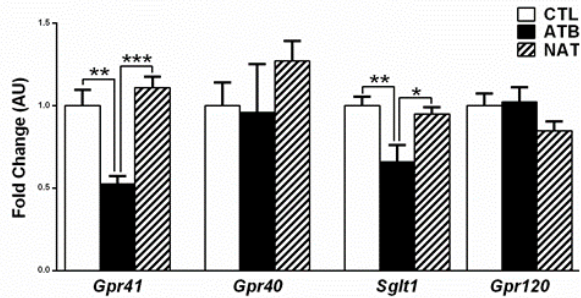
# MICROBIOTE ET PERFORMANCE SPORTIVE

- DESCRIPTION
- MICROBIOTE ET PERF.
- MICROBIOTE ET ALIM.
- MICROBIOTE ET SPORT

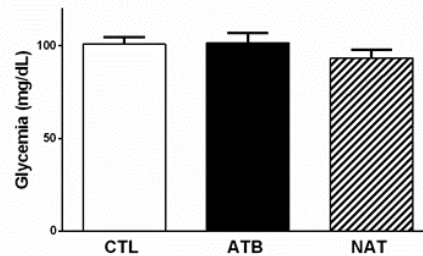
## DEPLETION DU MICROBIOTE INTESTINAL – IMPACT SUR L'INTESTIN

Pourquoi une déplétion en glycogène sans microbiote intestinal ?

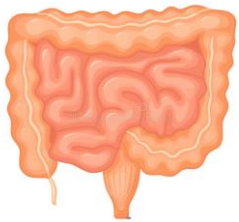
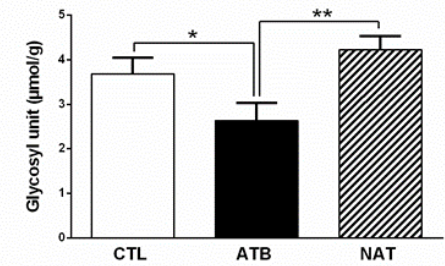
### Ileum



### Blood



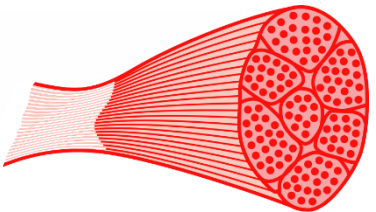
### Skeletal Muscle



↘ de l'absorption de glucose et AGCC



Maintien de l'homéostasie glucidique



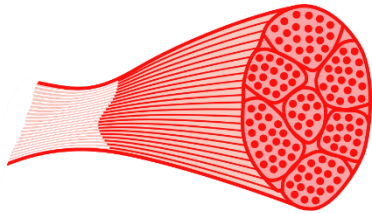
↘ de glycogène musculaire

# MICROBIOTE ET PERFORMANCE SPORTIVE

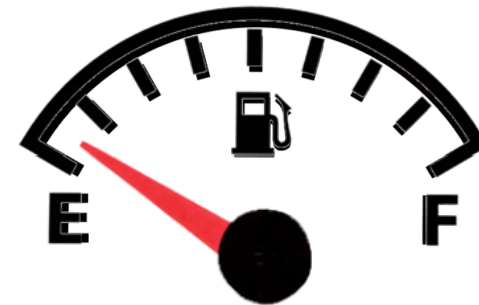
- DESCRIPTION
- MICROBIOTE ET PERF.
- MICROBIOTE ET ALIM.
- MICROBIOTE ET SPORT

## DEPLETION DU MICROBIOTE INTESTINAL – IMPACT SUR L'INTESTIN

Pourquoi une déplétion en glycogène sans microbiote intestinal ?



↘ de glycogène musculaire

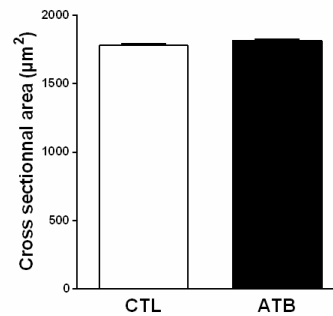
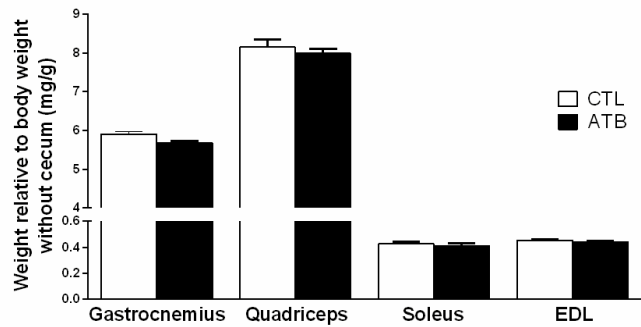


↘ de la capacité aérobie

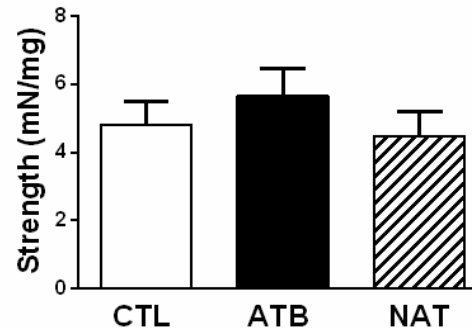
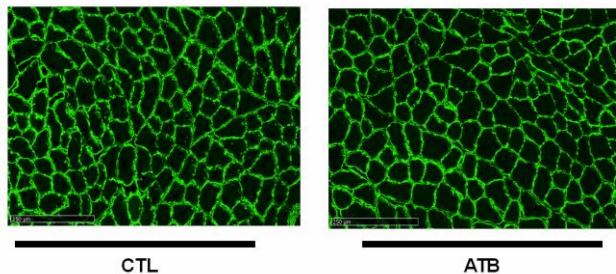
# MICROBIOTE ET PERFORMANCE SPORTIVE

- DESCRIPTION
- MICROBIOTE ET PERF.
- MICROBIOTE ET ALIM.
- MICROBIOTE ET SPORT

## DEPLETION DU MICROBIOTE INTESTINAL – IMPACT SUR LA MASSE MUSCULAIRE



*Souris traitées avec antibiotiques*

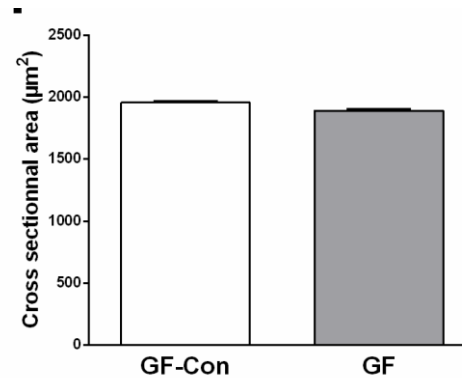
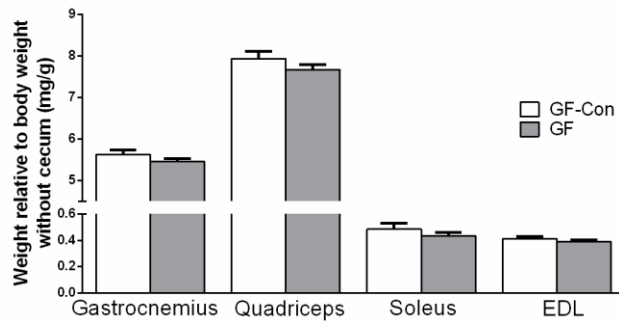


LA DEPLETION DU MICROBIOTE INTESTINAL NE MODIFIE PAS LA MASSE ET LA FORCE MUSCULAIRE

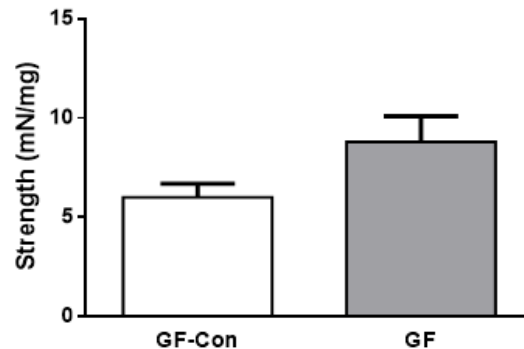
# MICROBIOTE ET PERFORMANCE SPORTIVE

- DESCRIPTION
- MICROBIOTE ET PERF.
- MICROBIOTE ET ALIM.
- MICROBIOTE ET SPORT

## DEPLETION DU MICROBIOTE INTESTINAL – IMPACT SUR LA MASSE MUSCULAIRE



*Souris gnotobiotiques*

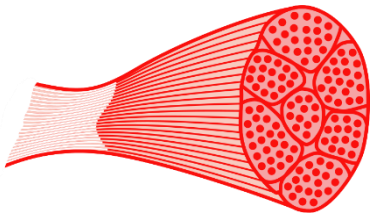


LA DEPLETION DU MICROBIOTE INTESTINAL NE MODIFIE PAS LA MASSE ET LA FORCE MUSCULAIRE

# MICROBIOTE ET PERFORMANCE SPORTIVE

- DESCRIPTION
- MICROBIOTE ET PERF.
- MICROBIOTE ET ALIM.
- MICROBIOTE ET SPORT

## BILAN



LA MASSE ET LA FORCE MUSCULAIRE NE SEMBLE PAS ETRE  
MODULEE ET CONDITIONNE PAR LE MICROBIOTE INTESTINAL  
DANS UN ORGANISME SAIN



LE METABOLISME MUSCULAIRE EST DEPENDANT DE L'ACTIVITE  
DU MICROBIOTE INTESTINAL



IMPACT D'UN TRAITEMENT ANTIBIOTIQUE SUR LA  
PERFORMANCE DES SPORTIFS ?

# MICROBIOTE ET PERFORMANCE SPORTIVE

- DESCRIPTION
- MICROBIOTE ET PERF.
- MICROBIOTE ET ALIM.
- MICROBIOTE ET SPORT


POUR ALLER PLUS LOIN



AMERICAN JOURNAL of PHYSIOLOGY  
**Endocrinology and  
Metabolism**

RESEARCH ARTICLE | *Role of Gut Microbiota, Gut-Brain and Gut Liver Axes in  
Physiological Regulation of Inflammation, Energy Balance, and Metabolism*

Gut bacteria are critical for optimal muscle function: a potential link with  
glucose homeostasis

Kevin Nay,<sup>1,2\*</sup> Maxence Jollet,<sup>1\*</sup> Benedicte Goustard,<sup>1</sup> Narjes Baati,<sup>1</sup> Barbara Vernus,<sup>1</sup> Maria Pontones,<sup>1</sup>  
Luz Lefeuve-Orfila,<sup>2</sup> Claude Bendavid,<sup>3</sup> Olivier Rué,<sup>4</sup> Mahendra Mariadassou,<sup>4</sup> Anne Bonnieu,<sup>1</sup>  
Vincent Ollendorff,<sup>1</sup> Patricia Lepage,<sup>5</sup>  Frédéric Derbré,<sup>2</sup> and Christelle Koechlin-Ramonatxo<sup>1</sup>



# MICROBIOTE ET PERFORMANCE SPORTIVE

- DESCRIPTION
- MICROBIOTE ET PERF.
- MICROBIOTE ET ALIM.
- MICROBIOTE ET SPORT

DEPLETION DU MICROBIOTE INTESTINAL – IMPACT SUR L'INTESTIN

ANTIBIOTIQUE ET PERFORMANCE

## Antibiotic Precautions in Athletes

Kristopher Fayock, MD,<sup>†</sup> Matthew Voltz, DO, ATC,<sup>‡</sup> Bradley Sandella, DO, ATC,<sup>\*†</sup>  
Jeremy Close, MD,<sup>§</sup> Matthew Lunser, DO, ATC,<sup>†</sup> and Joshua Okon, MD<sup>†</sup>

**Context:** Antibiotics are the mainstay of treatment for bacterial infections in patients of all ages. Athletes who maximally train are at risk for illness and various infections. Routinely used antibiotics have been linked to tendon injuries, cardiac arrhythmias, diarrhea, photosensitivity, cartilage issues, and decreased performance.

# MICROBIOTE ET PERFORMANCE SPORTIVE

- DESCRIPTION
- MICROBIOTE ET PERF.
- MICROBIOTE ET ALIM.
- MICROBIOTE ET SPORT

DEPLETION DU MICROBIOTE INTESTINAL – IMPACT SUR L'INTESTIN

## ANTIBIOTIQUE ET PERFORMANCE



# Le Monde

## JO 2018 : Martin Fourcade, héros fatigué

Tombé malade après son titre olympique, le roi du biathlon a commis deux fautes par manque de lucidité sur son dernier tir. Il a le sentiment d'avoir offert l'or à son rival Johannes Boe.

### Sous antibiotiques mardi

L'explication de cette absence de lucidité réside peut-être dans les quatre heures de sollicitations médiatiques ayant suivi son titre de la poursuite, lundi soir. Il avait rejoint son lit à 3 heures du matin et en était tiré à neuf par une gorge enflammée le privant de grasse matinée.

Le médecin de l'équipe de France l'a alors mis sous antibiotiques, révèle l'entraîneur Stéphane Bouthiaux, ainsi qu'Anaïs Bescond, médaillée de bronze quelques heures plus tôt et victime du même mal. « *Le médecin a vite réagi mais je pense qu'on est passé à deux millimètres de la catastrophe* », dit Bouthiaux. En 2014, le Français était aussi tombé malade après son deuxième titre olympique, et souffrait d'une sinusite au matin de la mass-start... qu'il avait tout de même finie à trois centimètres du vainqueur Emil Svendsen.

- DESCRIPTION
- MICROBIOTE ET PERF.
- MICROBIOTE ET ALIM.
- **MICROBIOTE ET SPORT**

# IMPACT DE L'ENTRAINEMENT SUR LE MICROBIOTE INTESTINAL

# MICROBIOTE ET ENTRAINEMENT

- DESCRIPTION
- MICROBIOTE ET PERF.
- MICROBIOTE ET ALIM.
- MICROBIOTE ET SPORT

LE MICROBIOTE DES SPORTIFS SEMBLE DIFFÉRENT DE CELUI DES POPULATIONS INACTIVES



Table 1 Subject characteristics

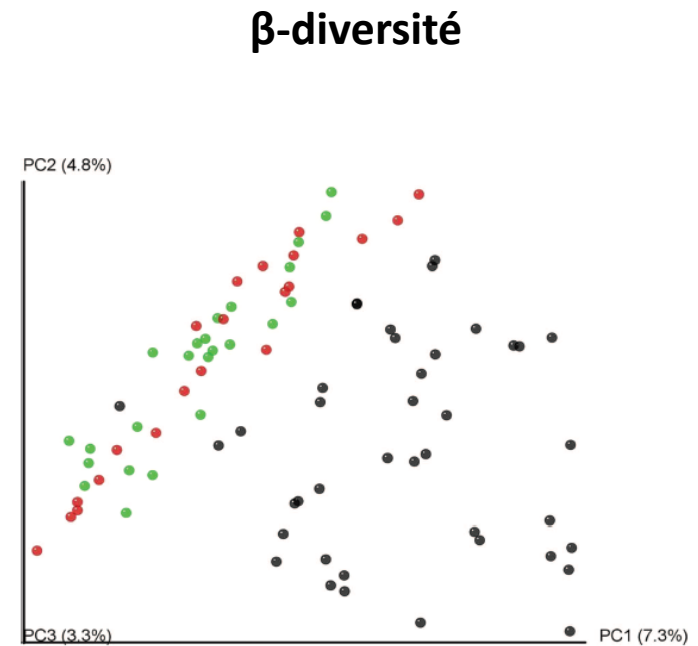
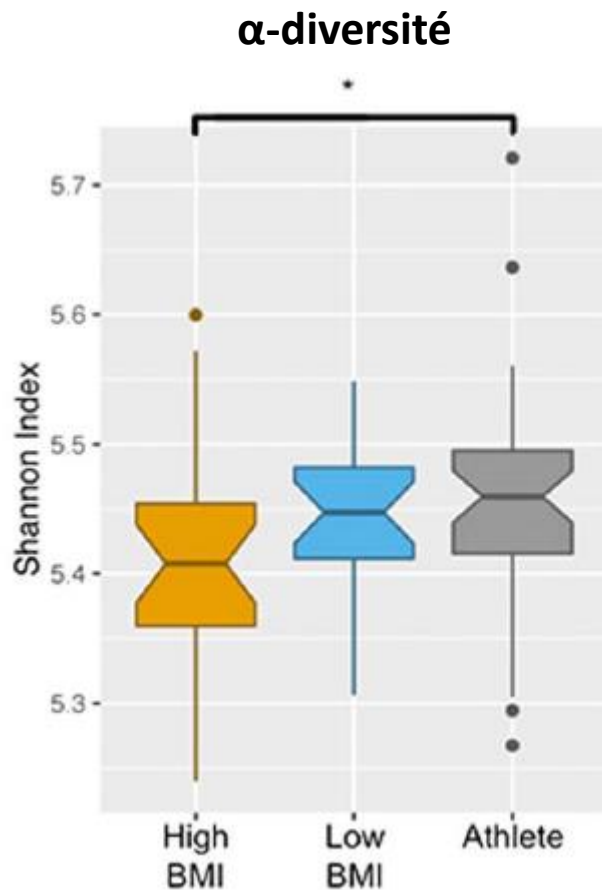
	Elite athletes (n=40)	Low BMI controls (n=23)	High BMI controls (n=23)
Age (years)	28.8±3.8	28.1±5.1	30.8±5.6
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	29.1±3.0 <sup>+</sup>	22.7±1.8 <sup>**</sup>	31.2±3.0 <sup>‡</sup>
Body mass (kg)	101.3±13.8	74.3±6.3	103.1±13.8
Body fat % (kg)	16.9±6.1 <sup>++</sup>	15±4.6 <sup>*</sup>	33.9±8.8 <sup>‡</sup>
Lean body mass (kg)	80±8.9 <sup>++</sup>	55.4±5.6 <sup>**</sup>	65±8 <sup>‡</sup>
Waist/hip ratio	0.8±0.04 <sup>++</sup>	0.8±0.05	0.9±0.07 <sup>‡</sup>

Data shown as mean±SD, \*p<0.01 or \*\*p<0.0005 athletes versus low BMI controls  
<sup>+</sup>p<0.01 or <sup>++</sup>p<0.0005 athletes versus high BMI controls <sup>‡</sup>p<0.0005 high BMI versus  
low BMI controls. Note only data for 39 athletes was available for waist/hip ratio  
while only data for 22 controls was assessed for fat (kg) and lean mass (kg).  
BMI, body mass index.

# MICROBIOTE ET PERFORMANCE SPORTIVE

- DESCRIPTION
- MICROBIOTE ET PERF.
- MICROBIOTE ET ALIM.
- MICROBIOTE ET SPORT

LE MICROBIOTE DES SPORTIFS SEMBLE DIFFÉRENT DE CELUI DES POPULATIONS INACTIVES



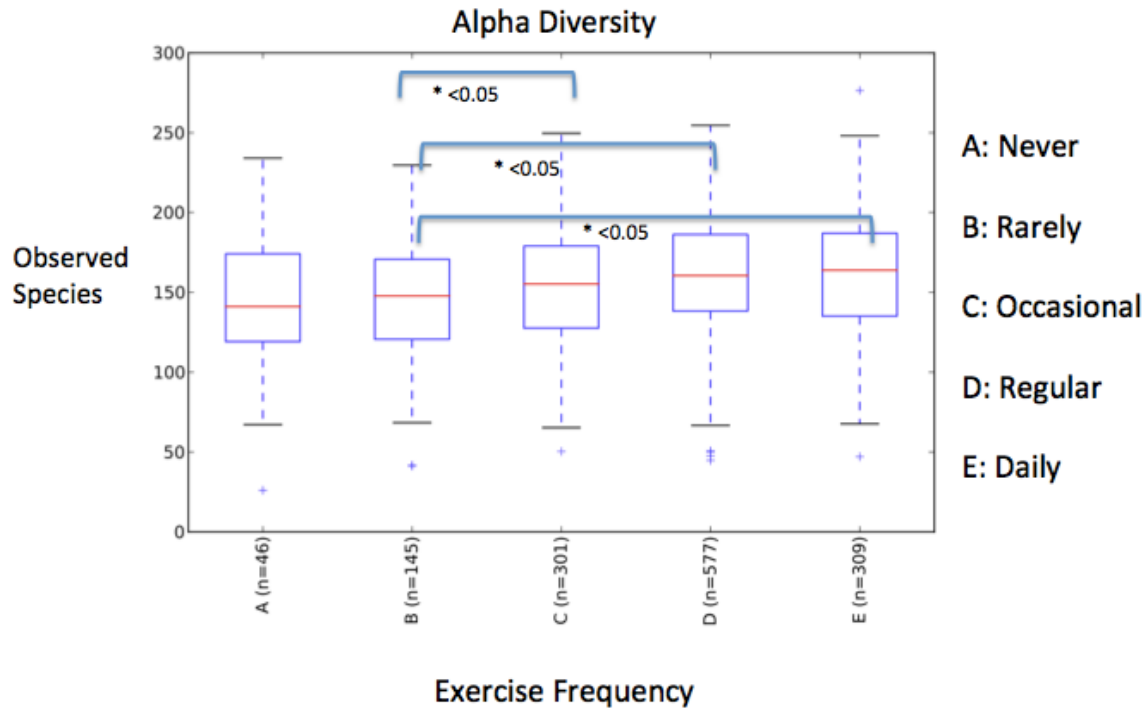
**Figure 3** Unweighted UniFrac separates the athlete and control microbiota. Unweighted UniFrac principal coordinate analysis (PCoA) of faecal microbiota from 86 subjects. Subject colour coding: black, elite athletes; green, high body mass index (BMI) controls; and red, low BMI controls.

*Barton, Gut, 2017*  
*Clarke, Gut, 2014*

# MICROBIOTE ET ENTRAINEMENT

- DESCRIPTION
- MICROBIOTE ET PERF.
- MICROBIOTE ET ALIM.
- MICROBIOTE ET SPORT

LE MICROBIOTE DES SPORTIFS SEMBLE DIFFÉRENT DE CELUI DES POPULATIONS INACTIVES

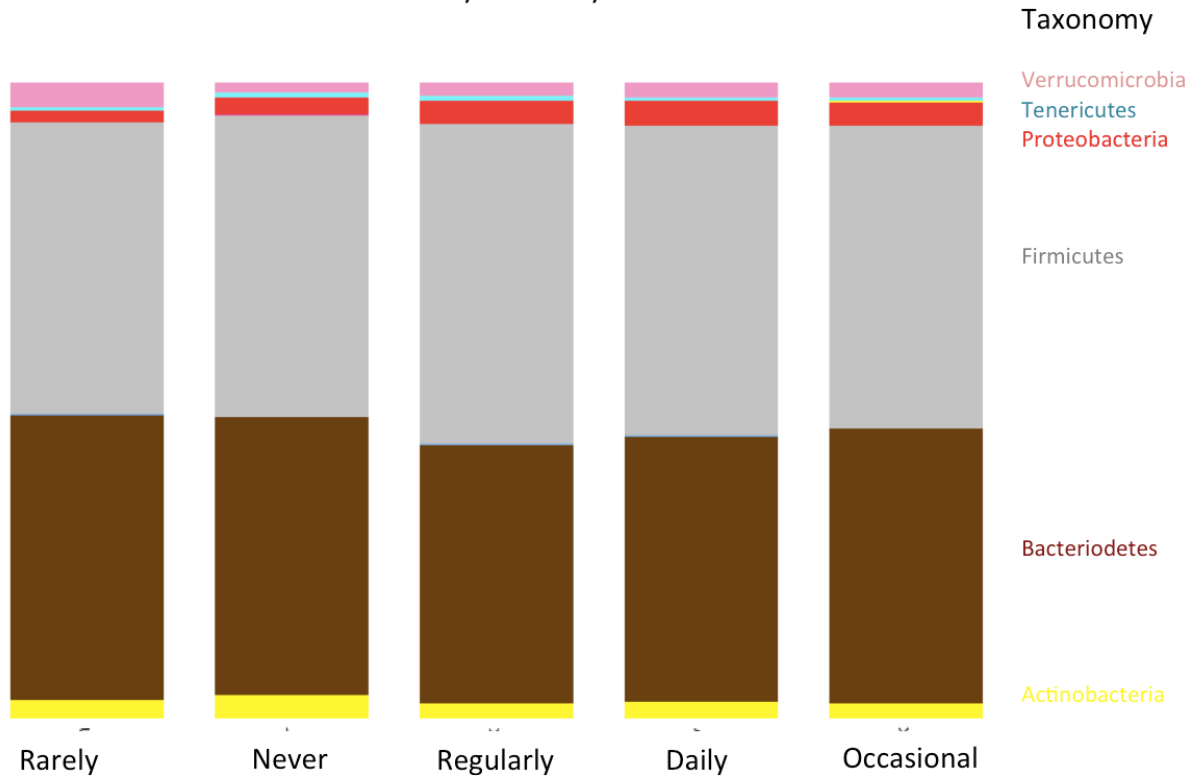


# MICROBIOTE ET ENTRAINEMENT

- DESCRIPTION
- MICROBIOTE ET PERF.
- MICROBIOTE ET ALIM.
- MICROBIOTE ET SPORT**

LE MICROBIOTE DES SPORTIFS SEMBLE DIFFÉRENT DE CELUI DES POPULATIONS INACTIVES

Taxonomy Summary





# MICROBIOTE ET ENTRAINEMENT

- DESCRIPTION
- MICROBIOTE ET PERF.
- MICROBIOTE ET ALIM.
- MICROBIOTE ET SPORT

LE MICROBIOTE DES SPORTIFS SEMBLE DIFFÉRENT DE CELUI DES POPULATIONS INACTIVES



RESEARCH

Open Access



## Community characteristics of the gut microbiomes of competitive cyclists

Lauren M. Petersen<sup>1\*</sup>, Eddy J. Bautista<sup>2</sup>, Hoan Nguyen<sup>1</sup>, Blake M. Hanson<sup>1</sup>, Lei Chen<sup>1</sup>, Sai H. Lek<sup>1</sup>, Erica Sodergren<sup>1</sup> and George M. Weinstock<sup>1</sup>

Methanobrevibacter Smithii : up-régulation du métabolisme énergétique ?



LETTERS

<https://doi.org/10.1038/s41591-019-0485-4>

nature  
medicine

## Meta-omics analysis of elite athletes identifies a performance-enhancing microbe that functions via lactate metabolism

Jonathan Scheiman<sup>1,2,3,13</sup>, Jacob M. Luber<sup>4,5,6,7,8,13</sup>, Theodore A. Chavkin<sup>4,5,7,13</sup>, Tara MacDonald<sup>9,10</sup>, Angela Tung<sup>1,2</sup>, Loc-Duyen Pham<sup>4,5</sup>, Marsha C. Wibowo<sup>4,5,7</sup>, Renee C. Wurth<sup>3,11</sup>, Sukanya Punthambaker<sup>1,2</sup>, Braden T. Tierney<sup>4,5,6,7</sup>, Zhen Yang<sup>4,5,12</sup>, Mohammad W. Hattab<sup>2</sup>, Julian Avila-Pacheco<sup>8</sup>, Clary B. Clish<sup>8</sup>, Sarah Lessard<sup>9,10</sup>, George M. Church<sup>1,2,\*</sup> and Aleksandar D. Kostic<sup>4,5,7\*</sup>

Veillonella Atypica : Métabolise lactate en Propionate

# MICROBIOTE ET ENTRAINEMENT

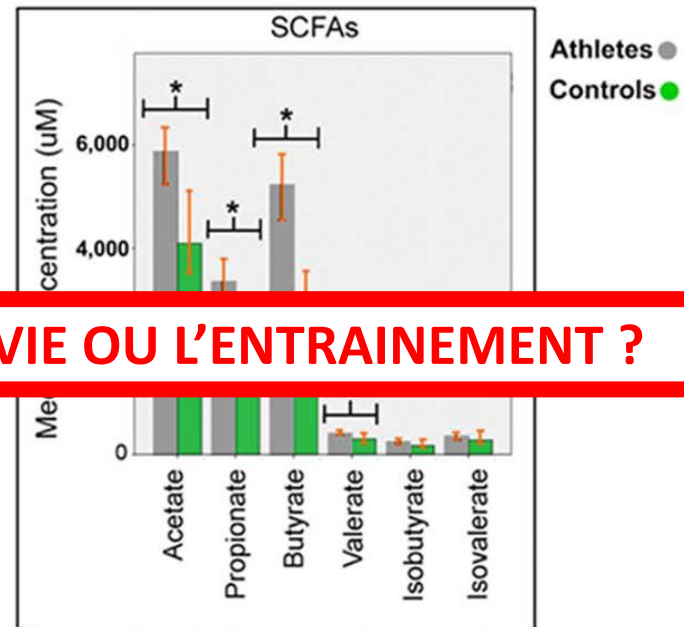
- DESCRIPTION
- MICROBIOTE ET PERF.
- MICROBIOTE ET ALIM.
- MICROBIOTE ET SPORT

LE MICROBIOTE DES SPORTIFS SEMBLE DIFFÉRENT DE CELUI DES POPULATIONS INACTIVES

Le contenu caecal en acides gras à chaîne courte est plus important chez les athlètes



B



PROFIL DUE A LEUR MODE DE VIE OU L'ENTRAINEMENT ?



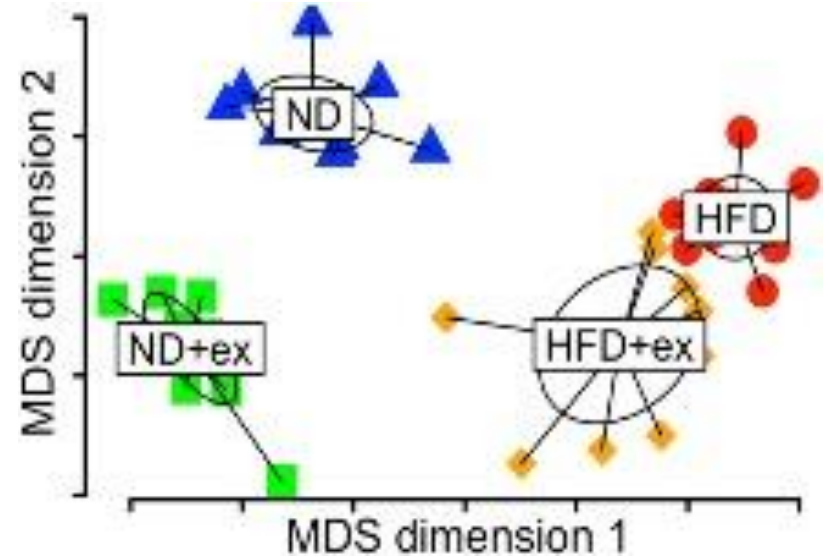
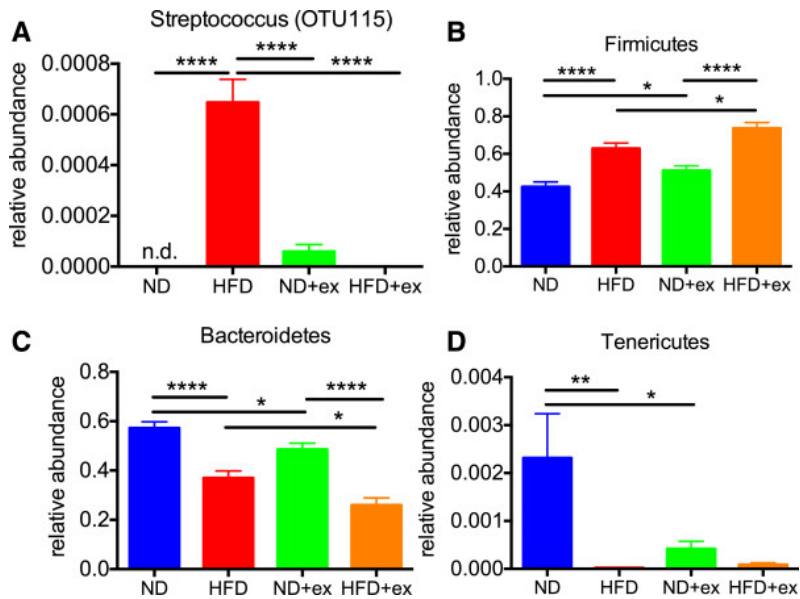
Impact sur l'endurance musculaire ?

Barton, Gut, 2017  
Clarke, Gut, 2014

# MICROBIOTE ET ENTRAINEMENT

- DESCRIPTION
- MICROBIOTE ET PERF.
- MICROBIOTE ET ALIM.
- MICROBIOTE ET SPORT

L'ENT. MODIFIE LE MICROBIOTE DES SOURIS VERS UN PROFIL PROCHE DES ATHLETES



Kang, 2014  
Lamberts, 2015

# MICROBIOTE ET ENTRAINEMENT

- DESCRIPTION
- MICROBIOTE ET PERF.
- MICROBIOTE ET ALIM.
- MICROBIOTE ET SPORT

L'ENT. MODIFIE LE MICROBIOTE CHEZ L'HOMME VERS UN PROFIL PROCHE DES ATHLETES



18 sujets

E0



6 semaines  
d'entraînement  
(3 fois/semaine)

E6



Désentraînement

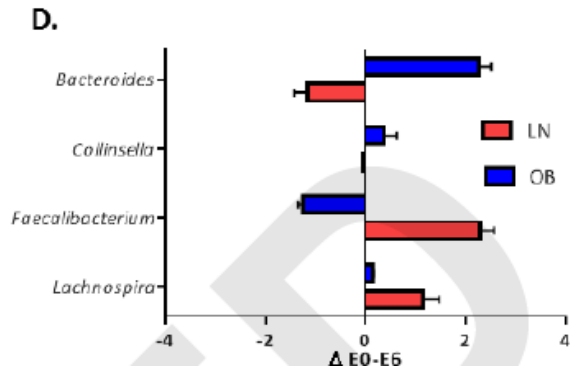
W6

	Lean (n=18); 9 female
Age (yrs)	25.10 ± 6.52
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	22.21 ± 2.76
Weight (kg)	58.92 ± 9.29
Body Fat %	26.04 ± 6.12
Lean Mass %	71.52 ± 6.18
Bone Density (g/cm <sup>2</sup> )	1.11 ± 0.08
Absolute VO <sub>2</sub> Max	2.51 ± 0.61
Relative VO <sub>2</sub> Max	38.99 ± 4.74

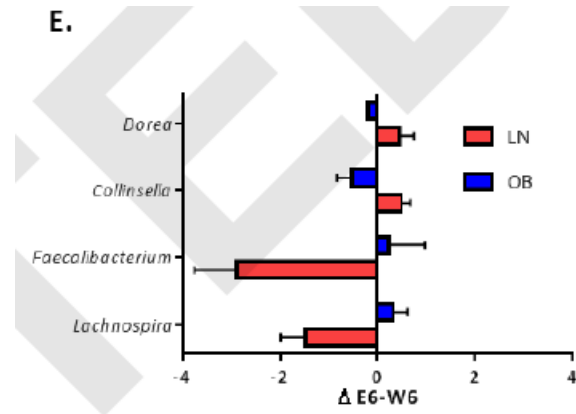
# MICROBIOTE ET ENTRAINEMENT

- DESCRIPTION
- MICROBIOTE ET PERF.
- MICROBIOTE ET ALIM.
- MICROBIOTE ET SPORT**

L'ENT. MODIFIE LE MICROBIOTE CHEZ L'HOMME VERS UN PROFIL PROCHE DES ATHLETES



Entrainement ↗ proportion de Firmicutes

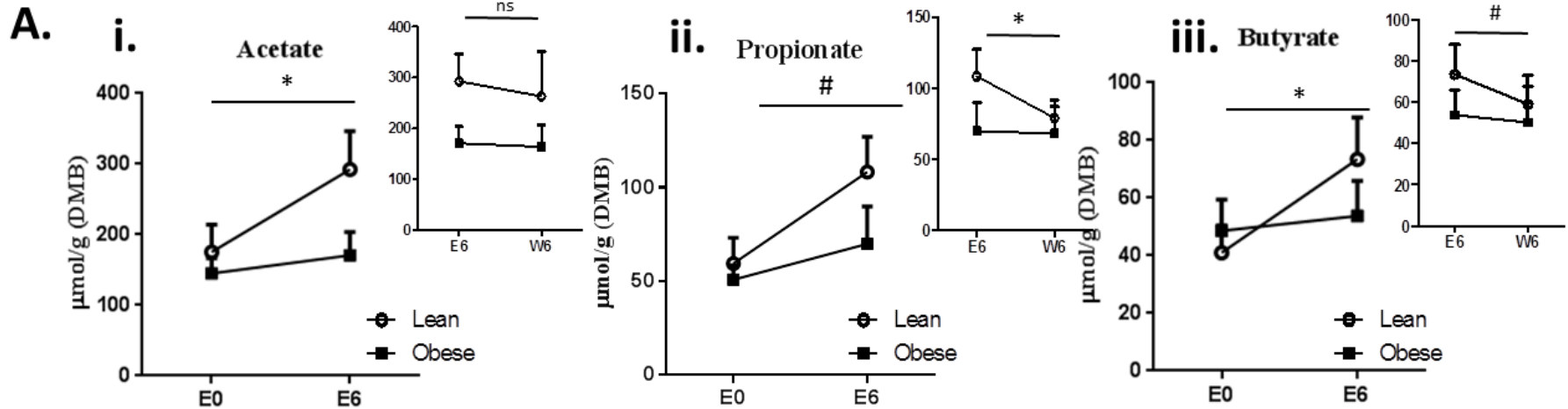


Effet réversible après désentraînement

# MICROBIOTE ET ENTRAINEMENT

- DESCRIPTION
- MICROBIOTE ET PERF.
- MICROBIOTE ET ALIM.
- MICROBIOTE ET SPORT

L'ENT. MODIFIE LE MICROBIOTE CHEZ L'HOMME VERS UN PROFIL PROCHE DES ATHLETES



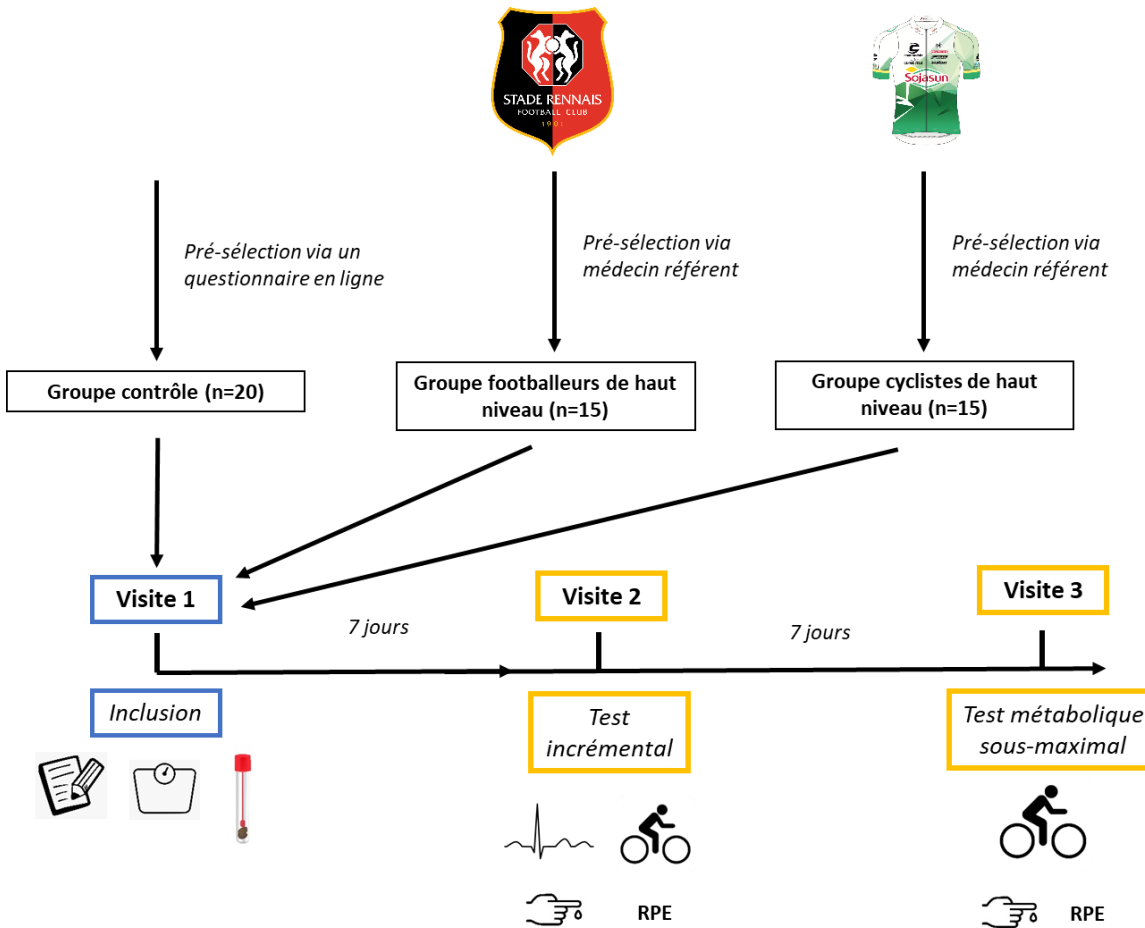
↗ proportion de Firmicutes avec l'entraînement associé à une augmentation de production d'acides gras à chaîne courte

Effet réversible après désentraînement

# MICROBIOTE ET ENTRAINEMENT

- DESCRIPTION
- MICROBIOTE ET PERF.
- MICROBIOTE ET ALIM.
- MICROBIOTE ET SPORT

## PROJET EXOMIC



- Prélèvement fécal
- Questionnaires d'activité physique (GPAQ) et d'habitudes alimentaires (FFQ)
- Mesures anthropométriques (poids, taille, % masse grasse)
- Electrocardiogramme de repos et à l'effort
- Exercice sur ergocycle comprenant des micro-prélèvements sanguins
- Micro-prélèvements de sang au bout du doigt
- RPE Note RPE à la fin de l'exercice

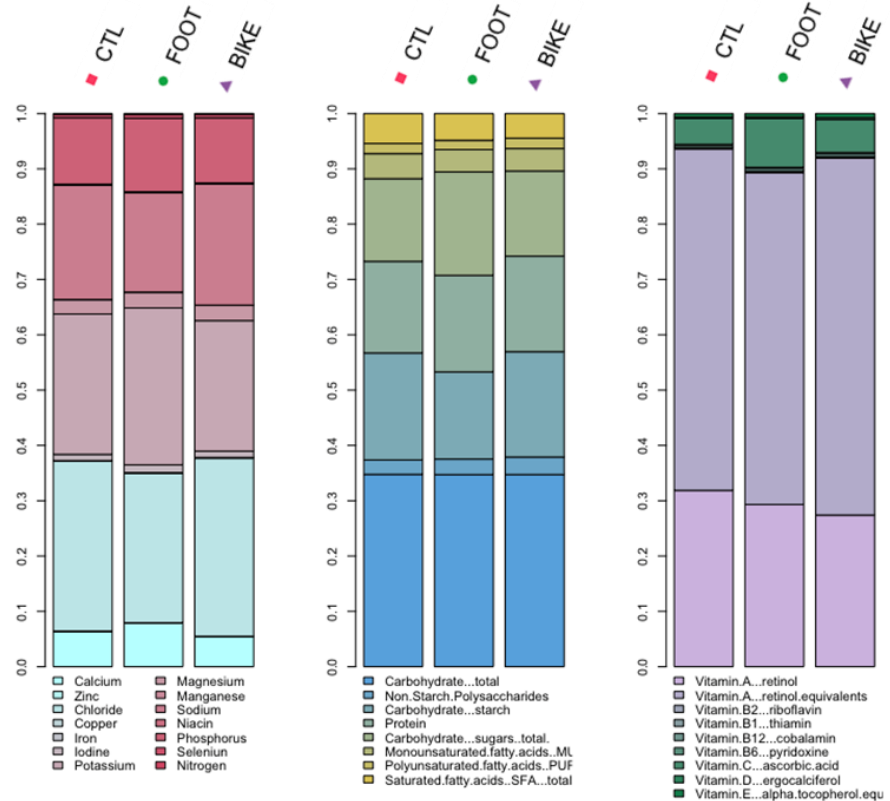
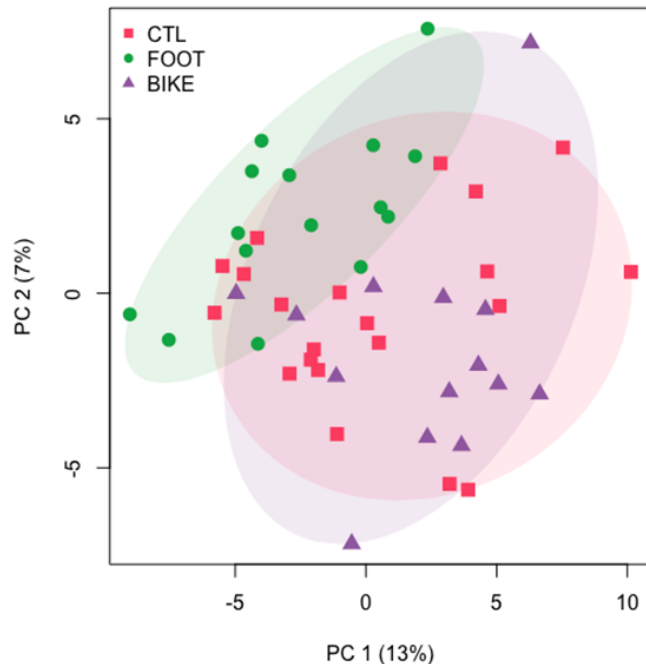
# MICROBIOTE ET ENTRAINEMENT

- DESCRIPTION
- MICROBIOTE ET PERF.
- MICROBIOTE ET ALIM.
- MICROBIOTE ET SPORT

## PROJET EXOMIC

### UNE POPULATION HOMOGENE SUR LE PLAN DU REGIME ALIMENTAIRE

PCA sur les apports alimentaires



Données non publiées



# MICROBIOTE ET ENTRAINEMENT

- DESCRIPTION
- MICROBIOTE ET PERF.
- MICROBIOTE ET ALIM.
- MICROBIOTE ET SPORT

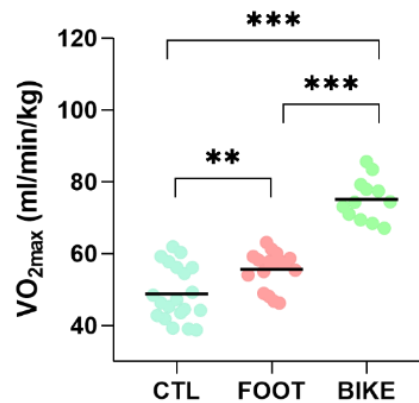
## PROJET EXOMIC

MAIS HETEROGENE CONCERNANT LE METABOLISME ENERGETIQUE A L'EXERCICE

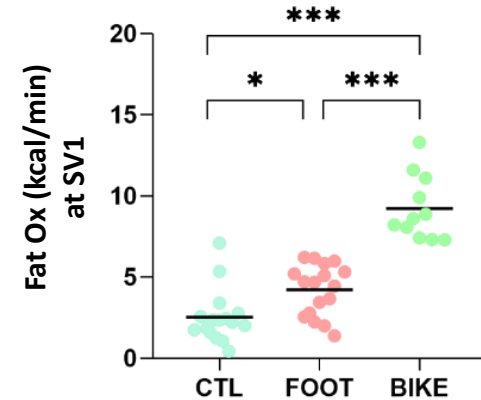


Calorimétrie indirecte

### Puissance maximale aérobie



### Oxydation lipidique



\*\* , \*\*\* : différences significatives (p<0.01 et p<0.001, Kruskal-Wallis, post hoc Dunn's)

Données non publiées

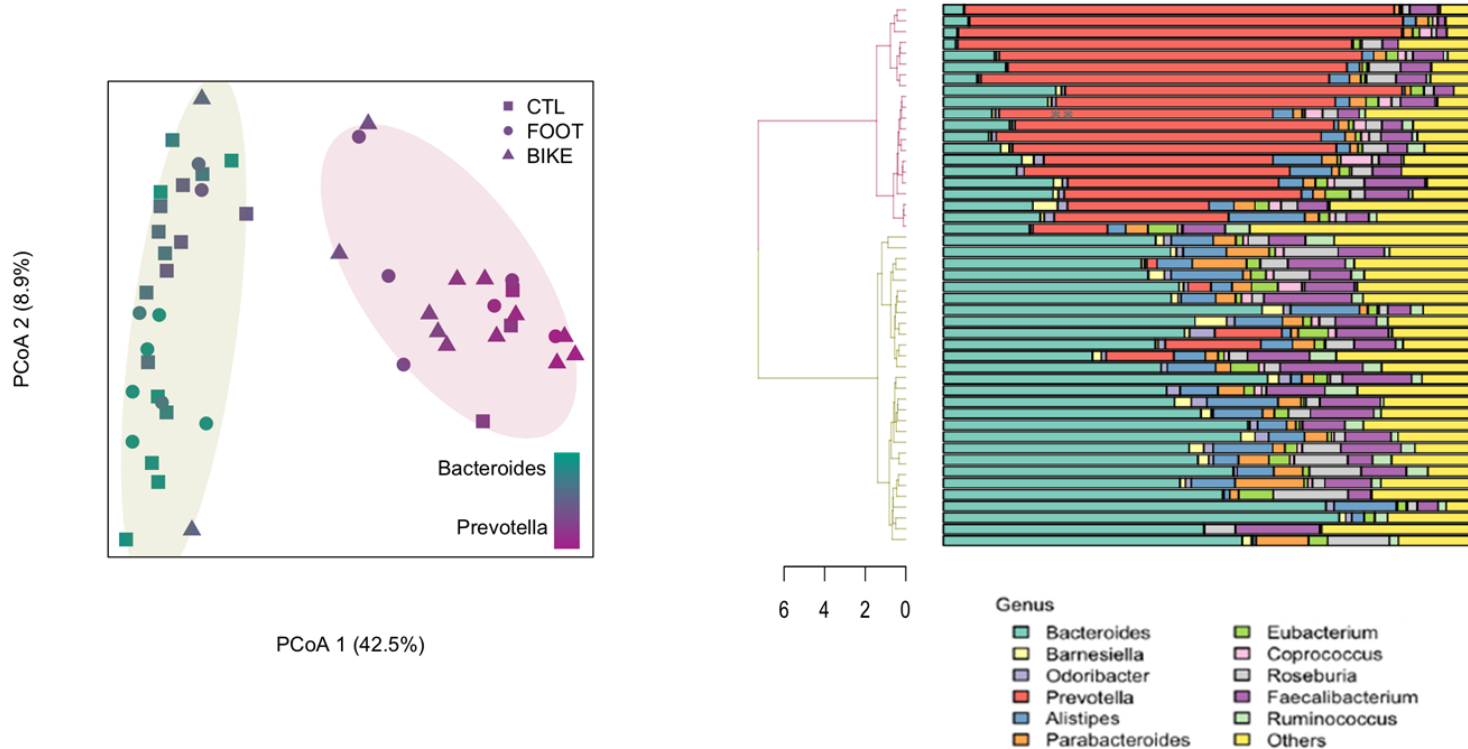
# MICROBIOTE ET ENTRAINEMENT

- DESCRIPTION
- MICROBIOTE ET PERF.
- MICROBIOTE ET ALIM.
- MICROBIOTE ET SPORT

DEUX POPULATIONS SE DISTINGUENT DANS L'ETUDE :

UN ENTEROTYPE *PREVOTELLA* COMPRENANT LA TRES GRANDE MAJORITE DES CYCLISTES

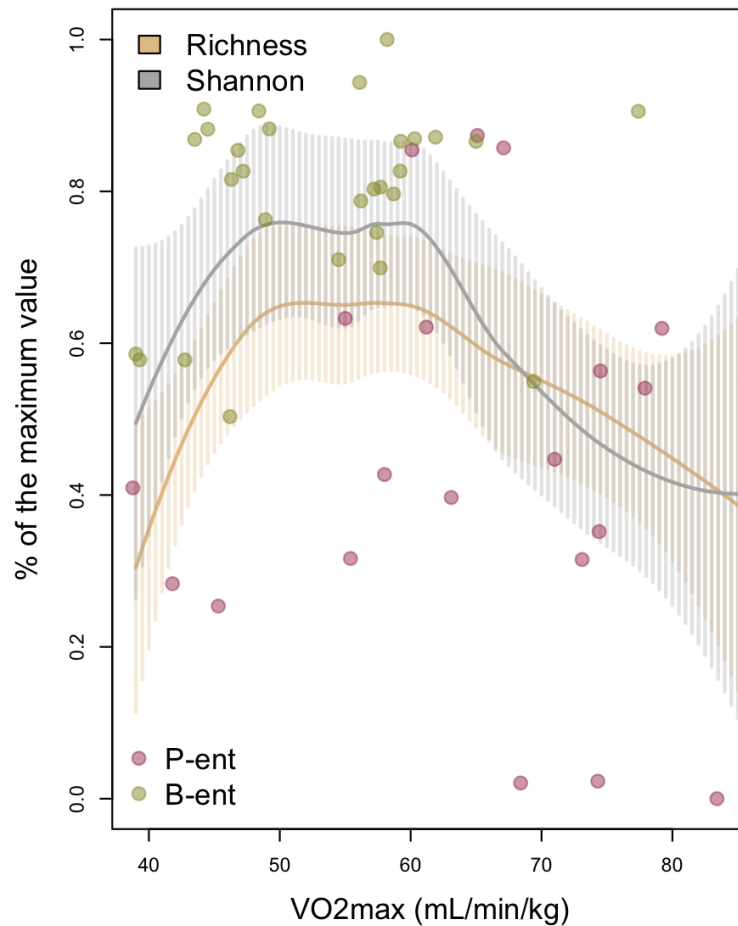
UN ENTEROTYPE *BACTEROIDES* COMPRENANT LA GRANDE MAJORITE DES SUJETS CONTROLES



# MICROBIOTE ET ENTRAINEMENT

- DESCRIPTION
- MICROBIOTE ET PERF.
- MICROBIOTE ET ALIM.
- MICROBIOTE ET SPORT

## PROJET EXOMIC



**LA RICHESSE ET LA DIVERSITE BACTERIENNE SEMBLENT SUIVRE UNE RELATION EN U INVERSE AVEC LA VO2max (TEMOIN DE LA PUISSANCE MAXIMALE DU METABOLISME AEROBIE)**

*Données non publiées*

# MICROBIOTE ET ENTRAINEMENT

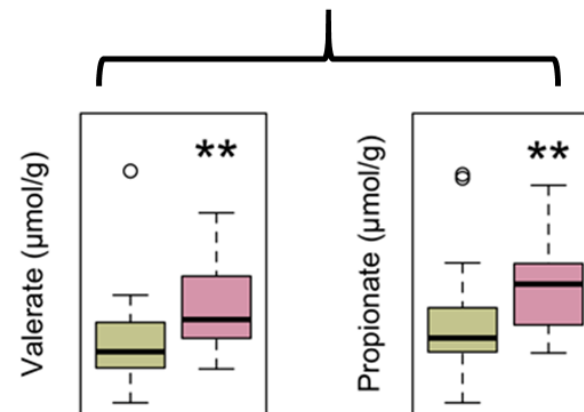
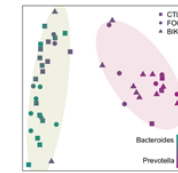
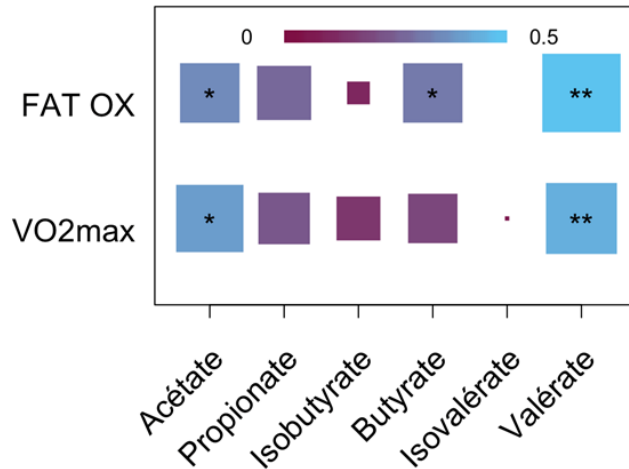
- DESCRIPTION
- MICROBIOTE ET PERF.
- MICROBIOTE ET ALIM.
- MICROBIOTE ET SPORT**

## PROJET EXOMIC

LES PARTICIPANTS AVEC UN ENTEROTYPE PREVOTELLA PRESENTENT LES PROFILS METABOLIQUES LES PLUS LIPIDIQUES ET ENERGIVORES A L'EXERCICE

ET PRESENTENT DES CONCENTRATIONS SUPERIEURES EN ACIDES GRAS A CHAINE COURTE DANS LES FECES

Corrélations entre AGCC et variables physiologiques



Données non publiées

# MICROBIOTE ET ENTRAINEMENT

- DESCRIPTION
- MICROBIOTE ET PERF.
- MICROBIOTE ET ALIM.
- **MICROBIOTE ET SPORT**

## BILAN



LES ATHLETES DE HAUT NIVEAU SEMBLE PRESENTER UN MICROBIOTE INTESTINAL MIEUX ADAPTE A DES BESOINS ENERGETIQUES IMPORTANTS



L'ENTRAINEMENT EST EN PARTIE RESPONSABLE DE CES CHANGEMENTS INDEPENDAMMENT DE L'HYGIENE DE VIE DES ATHLETES



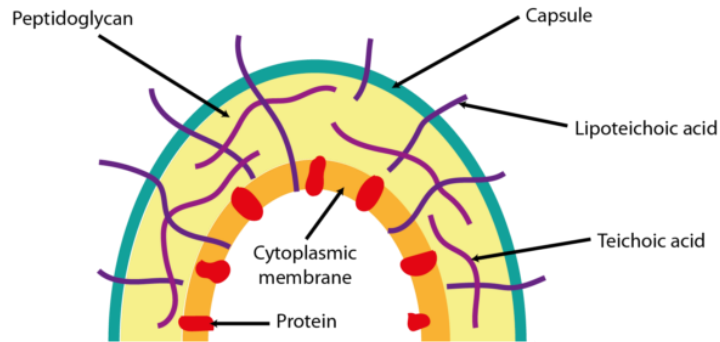
QU'EN EST IL SI LA CHARGE D'ENTRAINEMENT EST TROP IMPORTANTE ?

# MICROBIOTE ET ENTRAINEMENT

- DESCRIPTION
- MICROBIOTE ET PERF.
- MICROBIOTE ET ALIM.
- MICROBIOTE ET SPORT

## CONCEPT D'ENDOTOXEMIE

### GRAM-POSITIVE BACTERIUM

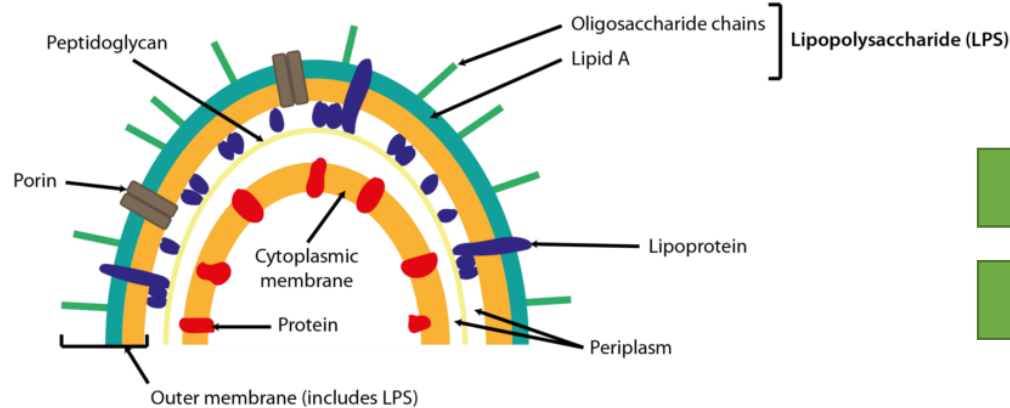


### PHYLA

FIRMICUTES

ACTINOBACTERIA

### GRAM-NEGATIVE BACTERIUM



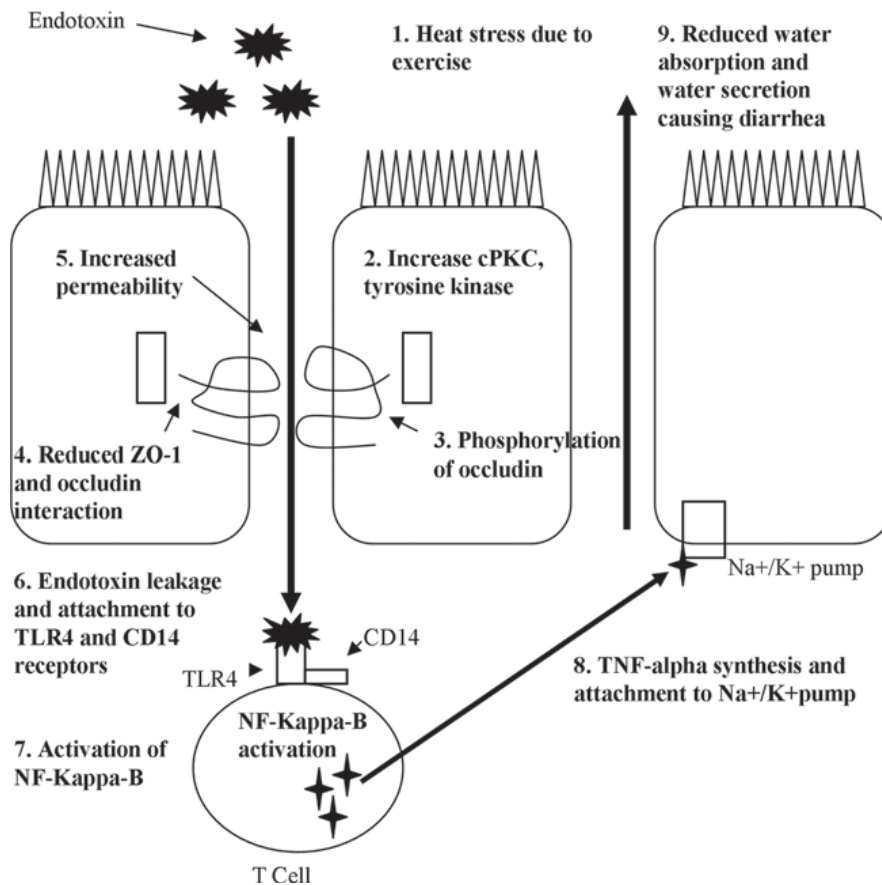
BACTEROIDETES

PROTEOBACTERIA

# MICROBIOTE ET ENTRAINEMENT

- DESCRIPTION
- MICROBIOTE ET PERF.
- MICROBIOTE ET ALIM.
- MICROBIOTE ET SPORT

## CONCEPT D'ENDOTOXEMIE



**LE PASSAGE  
D'ENDOTOXINE DANS LA  
CIRCULATION SANGUINE  
INDUIT UN ETAT PRO-  
INFLAMMATOIRE  
SYSTEMIQUE**

**PHENOMENE AMPLIFIE EN  
CAS D'EXERCICE INTENSE  
EN RAISON DE :**

**CHALEUR**

**ISCHEMIE**

# MICROBIOTE ET ENTRAINEMENT

- DESCRIPTION
- MICROBIOTE ET PERF.
- MICROBIOTE ET ALIM.
- MICROBIOTE ET SPORT

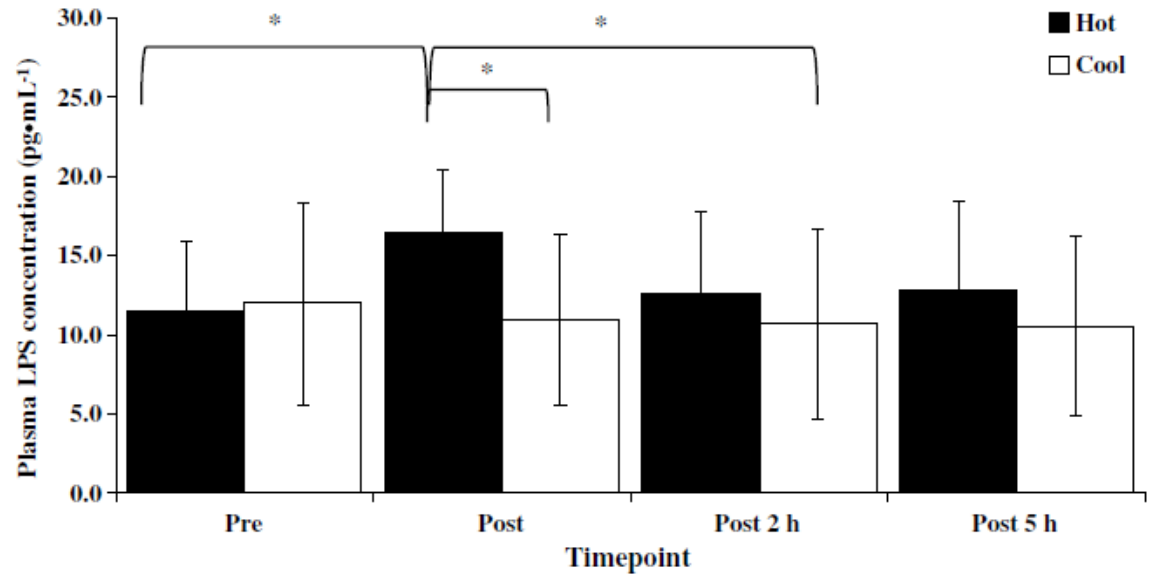
## L'EXERCICE PROLONGE INDUIT UNE ENDOTOXEMIE MODEREE



60 min à 70% VO<sub>2</sub>max

22°C

33°C





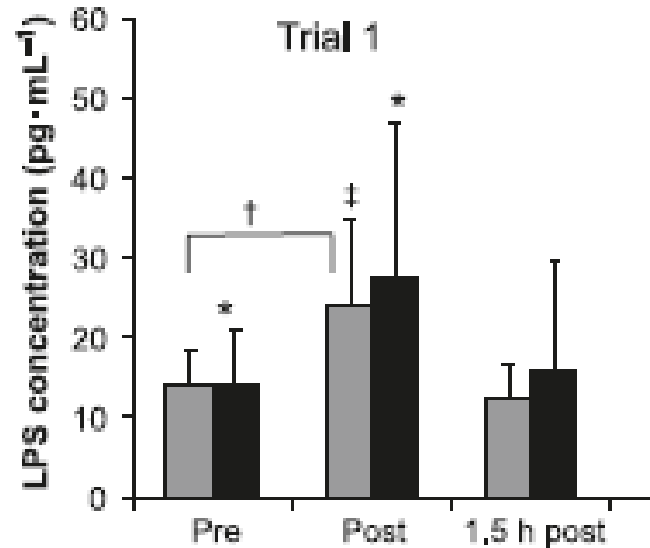
# MICROBIOTE ET ENTRAINEMENT

- DESCRIPTION
- MICROBIOTE ET PERF.
- MICROBIOTE ET ALIM.
- MICROBIOTE ET SPORT

## L'EXERCICE PROLONGE INDUIT UNE ENDOTOXEMIE MODEREE



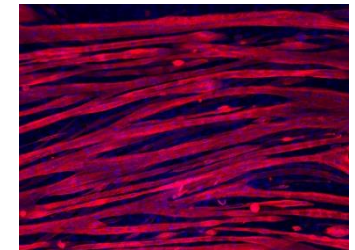
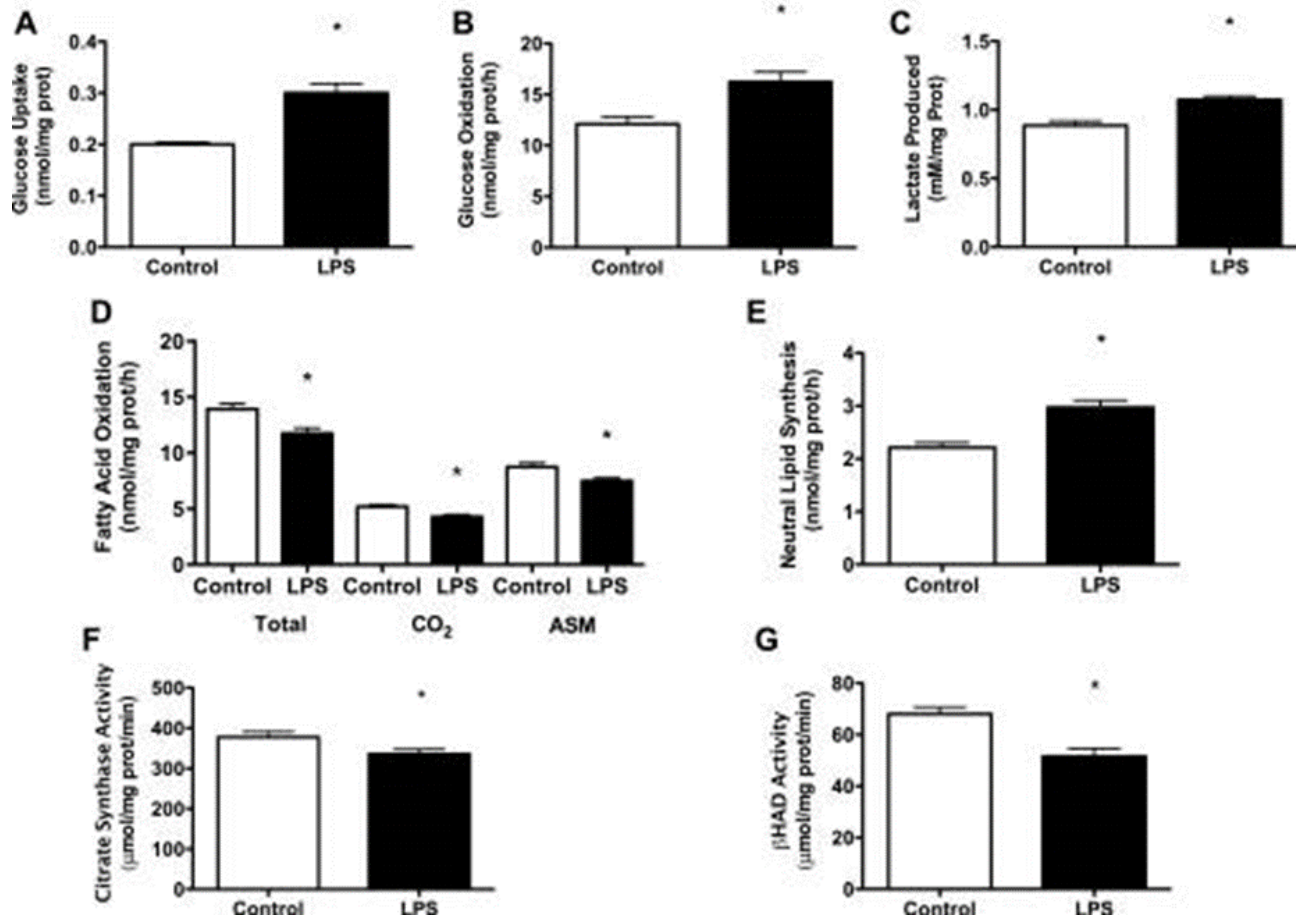
70% VO<sub>2</sub>max jusqu'à ce que la T° corporelle dépasse 39,5°C



# MICROBIOTE ET ENTRAINEMENT

- DESCRIPTION
- MICROBIOTE ET PERF.
- MICROBIOTE ET ALIM.
- MICROBIOTE ET SPORT

## L'ENDOTOXEMIE INDUIT DES ALTERATIONS METABOLIQUES AU NIVEAU MUSCULAIRE



Myotubes humains

# MICROBIOTE ET ENTRAINEMENT

- DESCRIPTION
- MICROBIOTE ET PERF.
- MICROBIOTE ET ALIM.
- MICROBIOTE ET SPORT

## BILAN



LES ATHLETES DE HAUT NIVEAU SEMBLE PRESENTER UN MICROBIOTE INTESTINAL MIEUX ADAPTE A DES BESOINS ENERGETIQUES IMPORTANTS



L'ENTRAINEMENT EST EN PARTIE RESPONSABLE DE CES CHANGEMENTS INDEPENDAMMENT DE L'HYGIENE DE VIE DES ATHLETES



MODULATION ET ROLE DE L'ENDOTOXEMIE DANS LA PERFORMANCE CHEZ DES ATHLETES EN SURENTRAINEMENT OU LORS D'EXERCICES INTENSES PROLONGES RESTE A CLARIFIER

- DESCRIPTION
- MICROBIOTE ET PERF.
- **MICROBIOTE ET ALIM.**
- MICROBIOTE ET SPORT

## IMPACT DE L'ALIMENTATION DE L'ATHLETE SUR LE MICROBIOTE INTESTINAL

# LE REGIME ALIMENTAIRE MODIFIE LE MICROBIOTE INTESTINAL

- DESCRIPTION
- MICROBIOTE ET PERF.
- **MICROBIOTE ET ALIM.**
- MICROBIOTE ET SPORT

## REGIME CARNE VS. REGIME VEGETARIEN

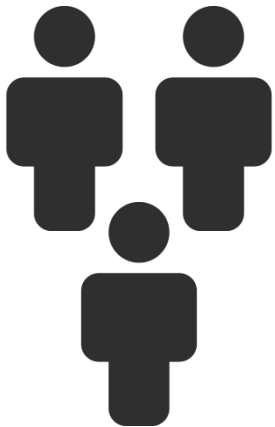
### LETTER

doi:10.1038/nature12820

## Diet rapidly and reproducibly alters the human gut microbiome

Lawrence A. David<sup>1,2†</sup>, Corinne F. Maurice<sup>1</sup>, Rachel N. Carmody<sup>1</sup>, David B. Gootenberg<sup>1</sup>, Julie E. Button<sup>1</sup>, Benjamin E. Wolfe<sup>1</sup>, Alisha V. Ling<sup>3</sup>, A. Sloan Devlin<sup>4</sup>, Yug Varma<sup>4</sup>, Michael A. Fischbach<sup>4</sup>, Sudha B. Biddinger<sup>3</sup>, Rachel J. Dutton<sup>1</sup> & Peter J. Turnbaugh<sup>1</sup>

**nature**  
International weekly journal of science



10 sujets



5 jours régime  
végétarien

1 MOIS



5 jours régime  
carné et produits  
laitiers

**RANDOMISATION**

# LE REGIME ALIMENTAIRE MODIFIE LE MICROBIOTE INTESTINAL

- DESCRIPTION
- MICROBIOTE ET PERF.
- MICROBIOTE ET ALIM.
- MICROBIOTE ET SPORT

## REGIME CARNE VS. REGIME VEGETARIEN

Diet	Meal	Food item
Plant-based diet	Breakfast	Granola cereal
	Lunch	Jasmine rice
		Fresh onions
		Fresh tomato
		Fresh butternut squash
		Fresh garlic
		Frozen peas
		Steamed lentils
		Chili powder
		Cumin
		Coriander seed
		Vegetable oil
	Salt	
	Dinner	Jasmine rice
		Fresh cauliflower
		Fresh carrots
		Fresh onions
		Fresh green chile
		Fresh garlic
		Steamed lentils
		Frozen spinach
		Fresh tomato
		Vegetable oil
		Mustard oil
	Chili powder	
	Cumin	
	Coriander seed	
	Snacks	Fresh banana
		Fresh mangoes
		Fresh papayas
		Banana chips

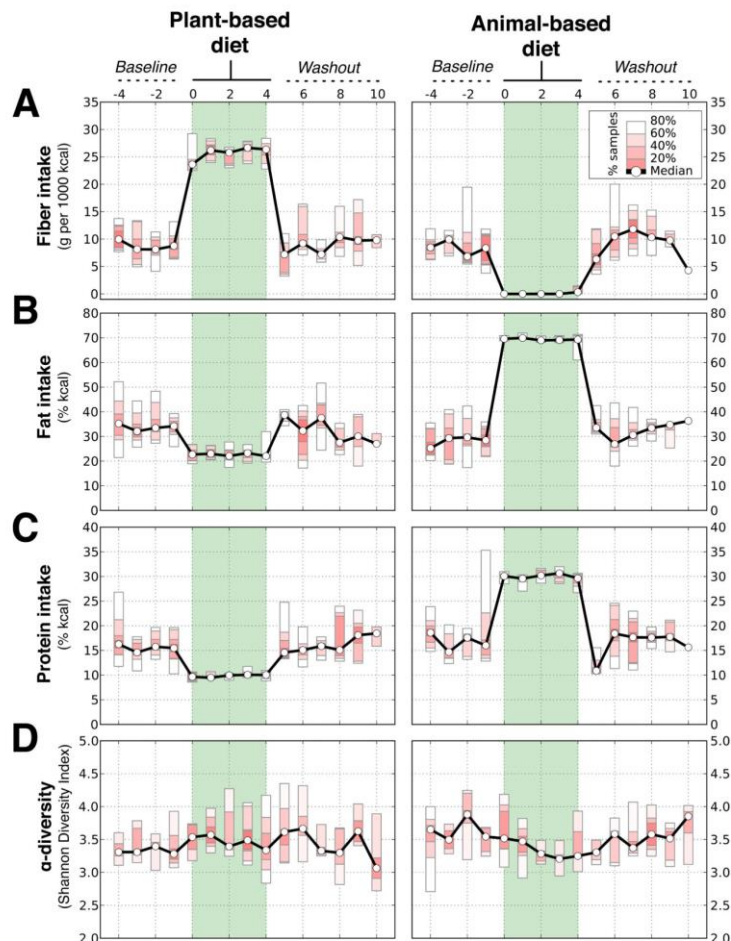
Animal-based diet	Breakfast	Cooked bacon
		Scrambled eggs
		Brewed coffee
		Half & half cream
	Lunch	Pork spare ribs
		Beef brisket
	Dinner meats	Salami
		Prosciutto
	Dinner cheeses	Blue
		Cheddar
		Caerphilly
	Snacks	Camembert
		Salami
Mozarella string cheese		
Pork rinds		

Nutrient		CalorieKing
Baseline	Calories (kcal)	2623,2
	Fat (g)	83,6
	Protein (g)	101,3
	Carbs (g)	310,9
	Fiber (g)	20,2
Plant	Calories (kcal)	1694,8
	Fat (g)	40,5
	Protein (g)	39,6
	Carbs (g)	296,9
	Fiber (g)	41,2
Animal	Calories (kcal)	1777,2
	Fat (g)	136,8
	Protein (g)	126,5
	Carbs (g)	2,7
	Fiber (g)	0,0

# LE REGIME ALIMENTAIRE MODIFIE LE MICROBIOTE INTESTINAL

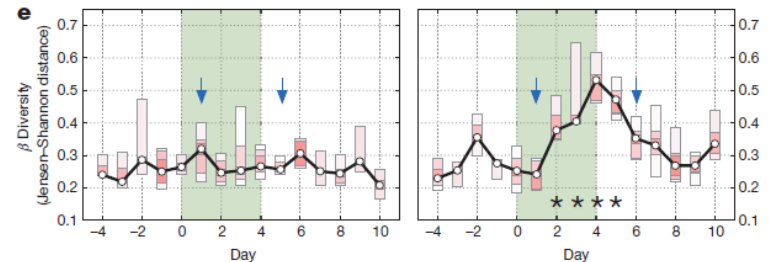
- DESCRIPTION
- MICROBIOTE ET PERF.
- MICROBIOTE ET ALIM.
- MICROBIOTE ET SPORT

## REGIME CARNE VS. REGIME VEGETARIEN



PAS DE MODIFICATIONS DE ALPHA-DIVERSITE DANS LES 2 REGIMES

LE REGIME LACTO-CARNE MODIFIE LA BETA-DIVERSITE



# LE REGIME ALIMENTAIRE MODIFIE LE MICROBIOTE INTESTINAL

- DESCRIPTION
- MICROBIOTE ET PERF.
- MICROBIOTE ET ALIM.
- MICROBIOTE ET SPORT

## REGIME CARNE VS. REGIME VEGETARIEN

Baseline	Plant-based diet	Animal-based diet	p-value	Domain	Phylum	Family
7,60E-03	0,00E+00	5,50E-02	2,00E-05	Bacteria	Firmicutes	Leuconostocaceae
2,10E-04	0,00E+00	3,90E-02	2,50E-05	Bacteria	Firmicutes	Leuconostocaceae
2,30E-04	0,00E+00	6,60E-03	4,30E-05	Bacteria	Firmicutes	Lactobacillaceae
1,60E+00	6,20E-02	1,80E+01	5,30E-05	Bacteria	Firmicutes	Streptococcaceae
3,70E-04	0,00E+00	3,50E-02	9,10E-05	Bacteria	Firmicutes	Lactobacillaceae
4,40E-02	0,00E+00	9,40E+00	1,10E-04	Bacteria	Firmicutes	Lactobacillaceae
1,00E+01	2,80E+01	3,90E-01	4,10E-04	Bacteria	Firmicutes	Eubacteriaceae
0,00E+00	0,00E+00	1,40E-01	5,10E-04	Bacteria	Firmicutes	Lactobacillaceae
3,90E-02	3,60E-02	6,40E-04	1,30E-03	Bacteria	Firmicutes	Ruminococcaceae
1,90E-04	0,00E+00	1,20E-02	2,00E-03	Bacteria	Firmicutes	Clostridiales Family XI
1,30E+00	5,20E+00	7,80E-02	2,00E-03	Bacteria	Firmicutes	Eubacteriaceae
1,20E-03	0,00E+00	0,00E+00	2,50E-03	Bacteria	Actinobacteria	Rubrobacteraceae
4,80E-04	0,00E+00	1,70E-02	2,50E-03	Bacteria	Firmicutes	Staphylococcaceae
1,00E+00	4,60E-01	2,70E+00	2,80E-03	Bacteria	Proteobacteria	Burkholderiaceae
4,50E-04	1,40E-02	9,70E-04	2,80E-03	Bacteria	Proteobacteria	Pasteurellaceae
3,70E-03	4,00E-02	4,80E-03	2,80E-03	Bacteria	Proteobacteria	Pasteurellaceae
6,40E-04	0,00E+00	1,80E-02	2,90E-03	Bacteria	Firmicutes	Lactobacillaceae
0,00E+00	0,00E+00	7,80E-03	3,30E-03	Bacteria	Firmicutes	Lactobacillaceae
0,00E+00	0,00E+00	9,50E-03	3,30E-03	Bacteria	Firmicutes	Enterococcaceae
0,00E+00	0,00E+00	1,50E-02	3,30E-03	Bacteria	Firmicutes	Enterococcaceae
0,00E+00	0,00E+00	7,50E-03	3,30E-03	Bacteria	Firmicutes	Enterococcaceae
0,00E+00	0,00E+00	4,40E-03	3,30E-03	Bacteria	Firmicutes	Lactobacillaceae
1,20E-03	0,00E+00	2,40E-02	3,60E-03	Bacteria	Firmicutes	Lactobacillaceae
5,10E+00	2,00E+00	2,10E+01	3,60E-03	Bacteria	Firmicutes	Lachnospiraceae
2,10E-02	1,70E-02	1,20E-01	3,70E-03	Bacteria	Firmicutes	Clostridiaceae
3,40E-03	1,00E-03	7,20E-03	4,30E-03	Bacteria	Proteobacteria	Burkholderiaceae
6,90E-02	1,20E-01	4,90E-03	4,50E-03	Bacteria	Bacteroidetes	Bacteroidaceae
2,80E-02	5,20E-02	7,30E-03	5,30E-03	Bacteria	Bacteroidetes	Bacteroidaceae

PAS DE MODIFICATIONS DE ALPHA-DIVERSITE DANS LES 2 REGIMES

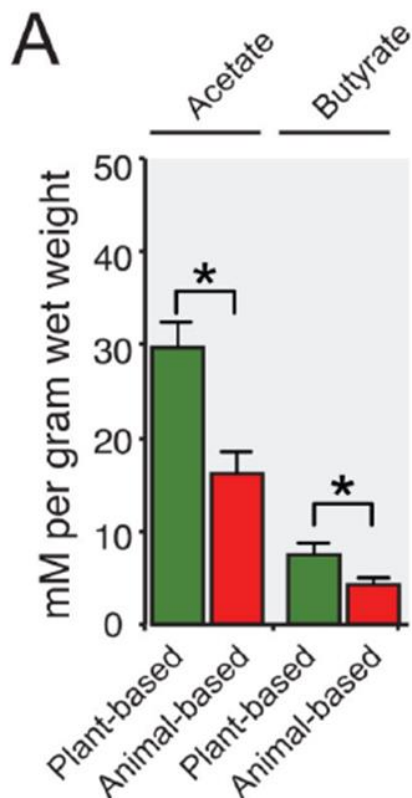
REGIME CARNE DIMINUE LA PROPORTION DE FIRMICUTES DANS LE MICROBIOTE INTESTINAL



# LE REGIME ALIMENTAIRE MODIFIE LE MICROBIOTE INTESTINAL

- DESCRIPTION
- MICROBIOTE ET PERF.
- **MICROBIOTE ET ALIM.**
- MICROBIOTE ET SPORT

## REGIME CARNE VS. REGIME VEGETARIEN



PAS DE MODIFICATIONS DE ALPHA-DIVERSITE DANS LES 2 REGIMES

REGIME CARNE DIMINUE LA PROPORTION DE FIRMICUTES DANS LE MICROBIOTE INTESTINAL

REGIME CARNE DIMINUE LA PROPORTION D'ACIDES GRAS A CHAINE COURTE DANS LES FECES



Impact sur l'endurance musculaire ?



# LE REGIME ALIMENTAIRE MODIFIE LE MICROBIOTE INTESTINAL

- DESCRIPTION
- MICROBIOTE ET PERF.
- **MICROBIOTE ET ALIM.**
- MICROBIOTE ET SPORT

## IMPACT DE LA SUPPLEMENTATION EN PROTEINES SUR LE MICROBIOTE INTESTINAL

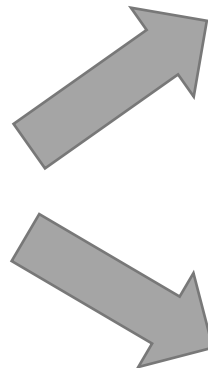
*Article*

### Effect of a Protein Supplement on the Gut Microbiota of Endurance Athletes: A Randomized, Controlled, Double-Blind Pilot Study

Diego Moreno-Pérez <sup>1</sup>, Carlo Bressa <sup>2</sup>, María Bailén <sup>2</sup>, Safa Hamed-Bousdar <sup>3</sup>, Fernando Naclerio <sup>4</sup> , Manuel Carmona <sup>3</sup>, Margarita Pérez <sup>3</sup>, Rocío González-Soltero <sup>2</sup>, Maria Gregoria Montalvo-Lominchar <sup>3</sup>, Claudia Carabaña <sup>3</sup> and Mar Larrosa <sup>3,\*</sup> 



Athlètes entraînés en endurance



Supplémentation avec isolats de protéines de lactosérum et bœuf (20g/jr)

10 semaines

Placebo (maltodextrines)

# LE REGIME ALIMENTAIRE MODIFIE LE MICROBIOTE INTESTINAL

- DESCRIPTION
- MICROBIOTE ET PERF.
- MICROBIOTE ET ALIM.
- MICROBIOTE ET SPORT

## IMPACT DE LA SUPPLEMENTATION EN PROTEINES SUR LE MICROBIOTE INTESTINAL

Table 4. Nutrient intake per day without nutritional supplementation.

Diet Intake	CHO			PRO			CHO vs. PRO	CHO vs. PRO
	<i>t</i> = 0	<i>t</i> = 10 Weeks	<i>p</i>	<i>t</i> = 0	<i>t</i> = 10 Weeks	<i>p</i>	PRO <i>t</i> = 0	<i>t</i> = 10 Weeks
Energy (kcal)	2735 ± 735	2576 ± 702	0.300	2617 ± 706	2693 ± 847	0.613	0.735	0.753
Carbohydrates (g)	282.58 ± 87.27	255.25 ± 68.78	0.155	286.73 ± 95.85	300.63 ± 98.06	0.306	0.926	0.319
Protein (g)	130.78 ± 31.03	128.76 ± 27.30	0.700	127.05 ± 24.61	128.76 ± 27.30	0.969	0.779	0.992
Fat (g)	116.01 ± 34.51	111.41 ± 37.05	0.682	103.23 ± 29.18	105.63 ± 37.74	0.821	0.407	0.749
Fiber (g)	21.26 ± 5.65	20.91 ± 4.57	0.576	20.91 ± 4.57	19.34 ± 3.46	0.496	0.607	0.419
Carbohydrates (%) of energy	41.37 ± 4.10	40.37 ± 4.80	0.582	43.80 ± 5.13	44.80 ± 5.76	0.653	0.294	0.102
Protein (%) of energy	19.62 ± 2.87	20.37 ± 1.99	0.365	20.00 ± 2.53	19.70 ± 2.31	0.591	0.773	0.319
Fat (%) of energy	38.87 ± 4.91	39.00 ± 4.86	0.949	36.00 ± 4.18	35.60 ± 4.94	0.844	0.199	0.164
Carbohydrates (g/kg bw)	4.03 ± 1.16	3.68 ± 0.95	0.201	4.20 ± 1.30	4.45 ± 1.40	0.290	0.783	0.201
Protein (g/kg bw)	1.86 ± 0.39	1.84 ± 0.34	0.809	1.87 ± 0.38	1.90 ± 0.39	0.790	0.960	0.766
Fat (g/kg bw)	1.66 ± 0.52	1.59 ± 0.49	0.656	1.52 ± 0.44	1.58 ± 0.51	0.715	0.550	0.948
Fiber (g/kg bw)	0.31 ± 0.09	0.30 ± 0.08	0.757	0.29 ± 0.08	0.29 ± 0.06	0.760	0.797	0.719
Carbohydrates (kcal/kg bw)	16.14 ± 4.64	14.73 ± 3.82	0.201	16.80 ± 5.20	17.83 ± 5.60	0.290	0.783	0.201
Protein (kcal/kg bw)	7.46 ± 1.57	7.39 ± 1.37	0.809	7.49 ± 1.50	7.60 ± 1.56	0.790	0.960	0.766
Fat (kcal/kg bw)	14.96 ± 4.76	14.34 ± 4.39	0.656	13.70 ± 3.96	14.20 ± 4.63	0.715	0.550	0.948

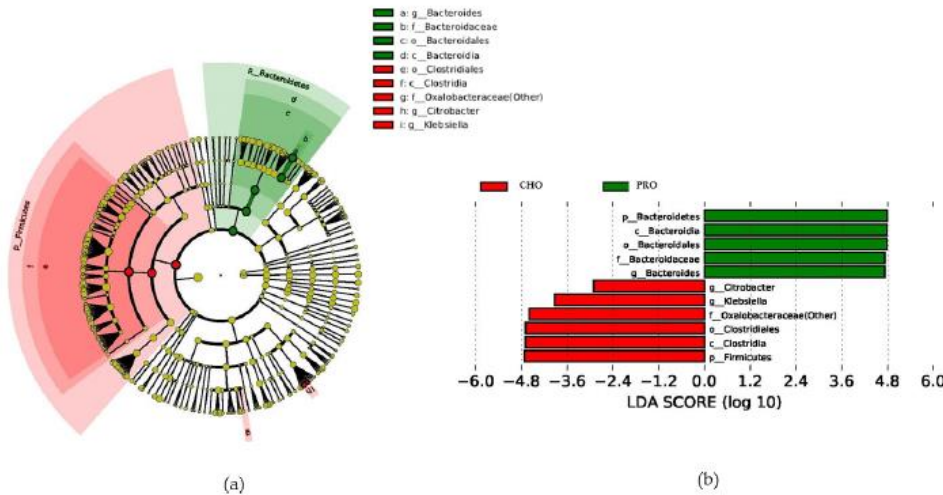
*t* = 0: initial time; *t* = 10 weeks: after 10 weeks of supplement consumption; bw: body weight. CHO: maltodextrin group; PRO: protein group. Values are means ± standard deviation.

## REGIMES ISOCALORIQUES

# LE REGIME ALIMENTAIRE MODIFIE LE MICROBIOTE INTESTINAL

- DESCRIPTION
- MICROBIOTE ET PERF.
- **MICROBIOTE ET ALIM.**
- MICROBIOTE ET SPORT

## IMPACT DE LA SUPPLEMENTATION EN PROTEINES SUR LE MICROBIOTE INTESTINAL



**SUPPLEMENTATION EN PROTEINES DIMINUE LA PROPORTION DE FIRMICUTES DANS LE MICROBIOTE INTESTINAL**

# LE REGIME ALIMENTAIRE MODIFIE LE MICROBIOTE INTESTINAL

- DESCRIPTION
- MICROBIOTE ET PERF.
- **MICROBIOTE ET ALIM.**
- MICROBIOTE ET SPORT

## IMPACT DE LA SUPPLEMENTATION EN PROTEINES SUR LE MICROBIOTE INTESTINAL

Table 6. Fecal short-chain fatty acids.

SCFA ( $\mu\text{g/g}$ )	CHO			PRO		
	$t = 0$	$t = 10$ Weeks	$p$	$t = 0$	$t = 10$ Weeks	$p$
Acetic acid	1425.30 $\pm$ 51.89	1532.25 $\pm$ 390.71	0.674	1493.69 $\pm$ 531.10	1379.55 $\pm$ 431.30	0.721
Propionic acid	894.11 $\pm$ 338.79	791.95 $\pm$ 420.49	0.401	949.78 $\pm$ 521.16	776.71 $\pm$ 349.31	0.575
Butyric acid	1169.94 $\pm$ 532.48	1084.52 $\pm$ 650.59	0.484	1240.91 $\pm$ 888.33	957.04 $\pm$ 474.89	0.241
Isobutyric acid	119.31 $\pm$ 48.54	90.85 $\pm$ 69.04	0.779	119.88 $\pm$ 47.11	111.87 $\pm$ 61.57	0.508
Valeric acid	210.43 $\pm$ 111.84	158.81 $\pm$ 96.25	0.484	171.12 $\pm$ 79.78	158.00 $\pm$ 85.92	0.285
Isovaleric acid	213.10 $\pm$ 94.33	162.51 $\pm$ 145.33	0.674	222.44 $\pm$ 99.41	212.55 $\pm$ 132.22	0.203

$t = 0$ : initial time;  $t = 10$  weeks: after 10 weeks of supplement consumption. Values are means  $\pm$  standard deviation.

SUPPLEMENTATION EN PROTEINES DIMINUE LA PROPORTION DE FIRMICUTES DANS LE MICROBIOTE INTESTINAL

SUPPLEMENTATION EN PROTEINES N'AFECTE PAS LA PROPORTION D'ACIDES GRAS A CHAINE COURTE DANS LES FECES

# LE REGIME ALIMENTAIRE MODIFIE LE MICROBIOTE INTESTINAL

- DESCRIPTION
- MICROBIOTE ET PERF.
- **MICROBIOTE ET ALIM.**
- MICROBIOTE ET SPORT

## IMPACT DE SUPPLEMENTATION EN PREBIOTIQUES OU PROBIOTIQUES SUR LA PERFORMANCE ?



**PREBIOTIQUES** : composés alimentaires stimulant de la croissance de certaines bactéries du microbiote



**PROBIOTIQUES** : micro-organismes (bactéries) censés exercer un effet bénéfique sur l'hôte

# LE REGIME ALIMENTAIRE MODIFIE LE MICROBIOTE INTESTINAL

- DESCRIPTION
- MICROBIOTE ET PERF.
- **MICROBIOTE ET ALIM.**
- MICROBIOTE ET SPORT

IMPACT DE SUPPLEMENTATIONS EN PREBIOTIQUES OU PROBIOTIQUES SUR LA PERFORMANCE ?



+



**SYNBIOTIQUES**

# LE REGIME ALIMENTAIRE MODIFIE LE MICROBIOTE INTESTINAL

- DESCRIPTION
- MICROBIOTE ET PERF.
- **MICROBIOTE ET ALIM.**
- MICROBIOTE ET SPORT

## IMPACT D'UNE SUPPLEMENTATION EN PROBIOTIQUES SUR LA PERFORMANCE ?

Article

nutrition  
and health

### Probiotic supplementation in sports and physical exercise: Does it present any ergogenic effect?

Nutrition and Health  
2017, Vol. 23(4) 239–249  
© The Author(s) 2017  
Reprints and permission:  
sagepub.co.uk/journalsPermissions.nav  
DOI: 10.1177/0260106017721000  
journals.sagepub.com/home/nah



**META-ANALYSE**

Audrey Yule<sup>1</sup>, Coqueiro<sup>1</sup>, Amanda Beatriz de Oliveira Garcia<sup>1</sup>,  
Marcelo Macedo Rogero<sup>2</sup> and Julio Tirapegui<sup>1</sup>

#### Abstract

**Background:** Probiotics are live microorganisms that promote health benefits to the host. Evidence indicates that some probiotic strains play an immunomodulatory role and reduce the incidence of respiratory and gastrointestinal infections in athletes and in physical activity practitioners. For this reason, probiotic supplementation could indirectly improve exercise performance. However, recent studies have observed direct ergogenic effects of probiotics, but the mechanisms of action are poorly elucidated. **Objective:** In this study, we aim to synthesize available knowledge on the effect of probiotics on physical exercise, identify the mechanisms of action by which probiotics could improve performance directly and indirectly, and verify whether probiotics have any ergogenic effect. **Methods:** The study was performed in the PubMed database in February 2017, without limitation as to the publication period. The keyword combinations used were: 'Probiotics' and 'Sports' ( $n = 17$  articles), 'Probiotics' and 'Exercise' ( $n = 26$  articles) and 'Probiotics' and 'Athletes' ( $n = 11$  articles). **Results:** Of the 16 studies evaluated, only six applied performance tests, of which only two demonstrated that probiotic supplementation increases performance, but one of them was performed with mice. **Conclusions:** According to the studies evaluated, probiotic supplementation does not present ergogenic effect, however, considering the small number of studies, this subject should be better investigated.

**MANQUE D'ETUDES  
POUR CONCLURE SUR  
LES BENEFICES**



# LE REGIME ALIMENTAIRE MODIFIE LE MICROBIOTE INTESTINAL

- DESCRIPTION
- MICROBIOTE ET PERF.
- **MICROBIOTE ET ALIM.**
- MICROBIOTE ET SPORT

## IMPACT D'UNE SUPPLEMENTATION EN PROBIOTIQUES SUR LA PERFORMANCE ?

### RESEARCH ARTICLE

Probiotic supplementation increases carbohydrate metabolism in trained male cyclists: a randomized, double-blind, placebo-controlled crossover trial

● Jamie N. Pugh,<sup>1</sup> ● Anton J. M. Wagenmakers,<sup>1</sup> Dominic A. Doran,<sup>1</sup> Simon C. Fleming,<sup>2</sup> Barbara A. Fielding,<sup>3</sup> James P. Morton,<sup>1</sup> and Graeme L. Close<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Research Institute for Sport and Exercise Sciences, Liverpool John Moores University, Liverpool, United Kingdom; <sup>2</sup>Royal Cornwall Hospital, Truro, United Kingdom; and <sup>3</sup>Department of Nutritional Sciences, University of Surrey, Guildford, Surrey, United Kingdom

**EFFETS TRES  
NEGLIGEABLES SUR LA  
PERFORMANCE**



Post-doctoral researcher, Liverpool John Moores University  
Sport Applied Physiologist and Sports Nutritionist



**Probiotic supplementation for health and performance: a balanced overview**

<https://fuelthepedal.com/ftp-26-jamie-pugh-phd-probiotic-supplementation-for-health-and-performance-a-balanced-overview/>

# LE REGIME ALIMENTAIRE MODIFIE LE MICROBIOTE INTESTINAL

- DESCRIPTION
- MICROBIOTE ET PERF.
- **MICROBIOTE ET ALIM.**
- MICROBIOTE ET SPORT

## IMPACT D'UNE SUPPLEMENTATION EN PREBIOTIQUES SUR LA PERFORMANCE ?






**Galactosaccharides (GOS)**



**Fructosaccharides (FOS)**



-  **Glucose**
-  **Fructose**
-  **Galactose**

# LE REGIME ALIMENTAIRE MODIFIE LE MICROBIOTE INTESTINAL

- DESCRIPTION
- MICROBIOTE ET PERF.
- **MICROBIOTE ET ALIM.**
- MICROBIOTE ET SPORT

## BILAN



REGIME AVEC DES APPORTS MODERES EN VIANDE ET PRODUITS LACTES SEMBLE PLUS APPROPRIE POUR DISPOSER D'UN MICROBIOTE INTESTINAL EFFICACE POUR APPORTER L'ENERGIE A L'ORGANISME DURANT L'EFFORT



PART DE L'APPORT EN PROTEINES ET/OU EN LIPIDES SUR L'ALTERATION DU MICROBIOTE INTESTINAL ET LE METABOLISME DES ACIDES GRAS A CHAINE COURTE ?



INTERETS DE SUPPLEMENTATIONS EN PREBIOTIQUES ET/OU PROBIOTIQUES POUR OPTIMISER LA PERFORMANCE SPORTIVE DEMANDE A ETRE CLARIFIER