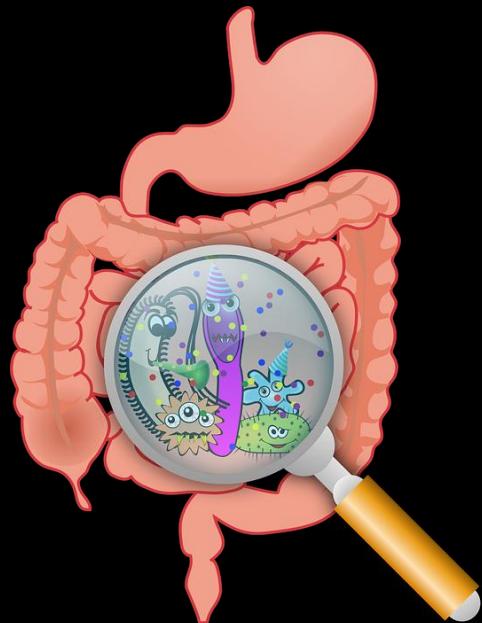


MICROBIOTE INTESTINAL ET PERFORMANCE SPORTIVE



Frédéric Derbré – MCU /HDR
Frederic.derbre@univ-rennes2.fr



INTRODUCTION



Des gélules de caca pour réinitialiser son système digestif

4 minutes de lecture

Fabien Goubet

Publié lundi 10 juillet 2017 à 11:25, mis à jour 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'EQUIPE

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'EQUIPE

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'ACTIVITE PHYSIQUE**
- 4. MODULATION DU MICROBIOTE INTESTINAL PAR L'ALIMENTATION**

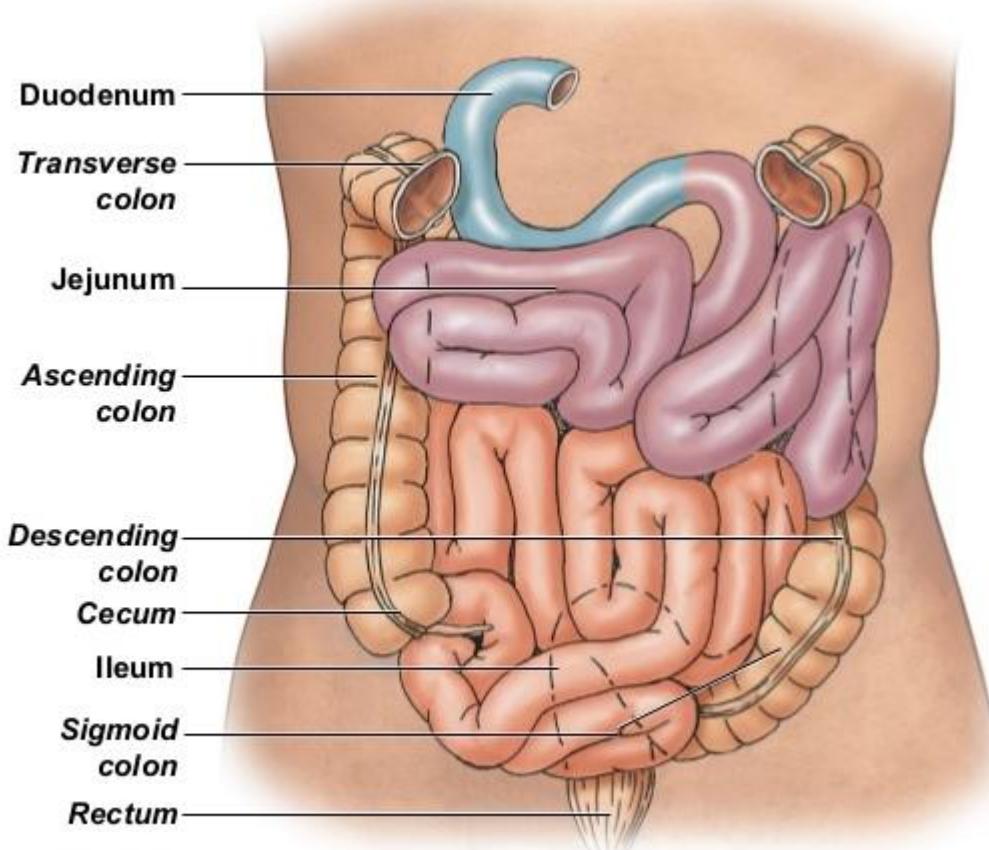
- DESCRIPTION
- MICROBIOTE ET PERF.
- MICROBIOTE ET ALIM.
- MICROBIOTE ET SPORT

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

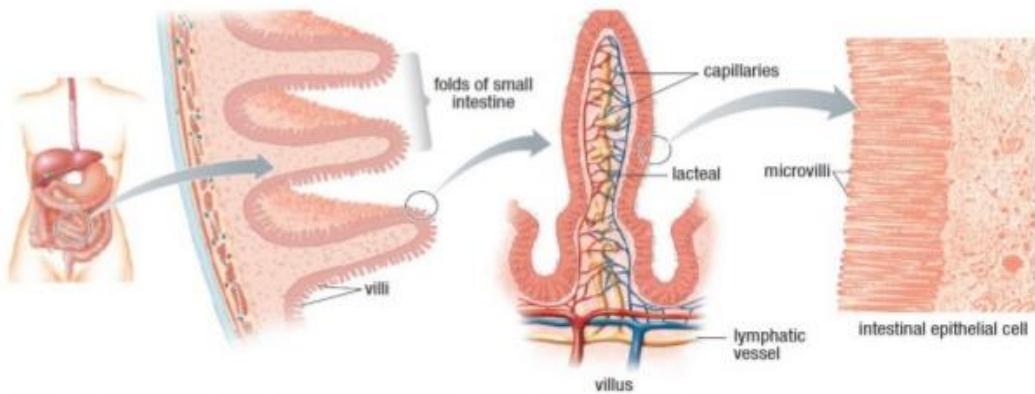
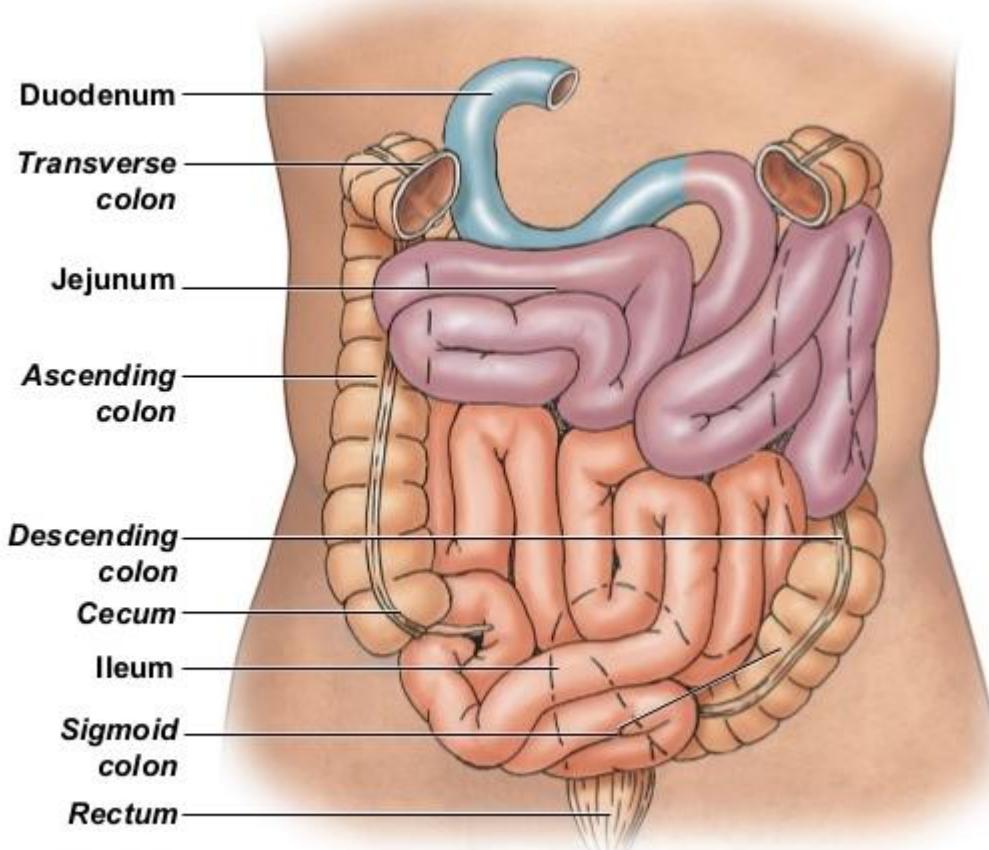


Figure 3 The villi and microvilli greatly increase the surface area available for absorption of nutrients.

LE MICROBIOTE C'EST QUOI ?

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

LES DIFFERENTS COMPARTIMENTS DE L'INTESTIN

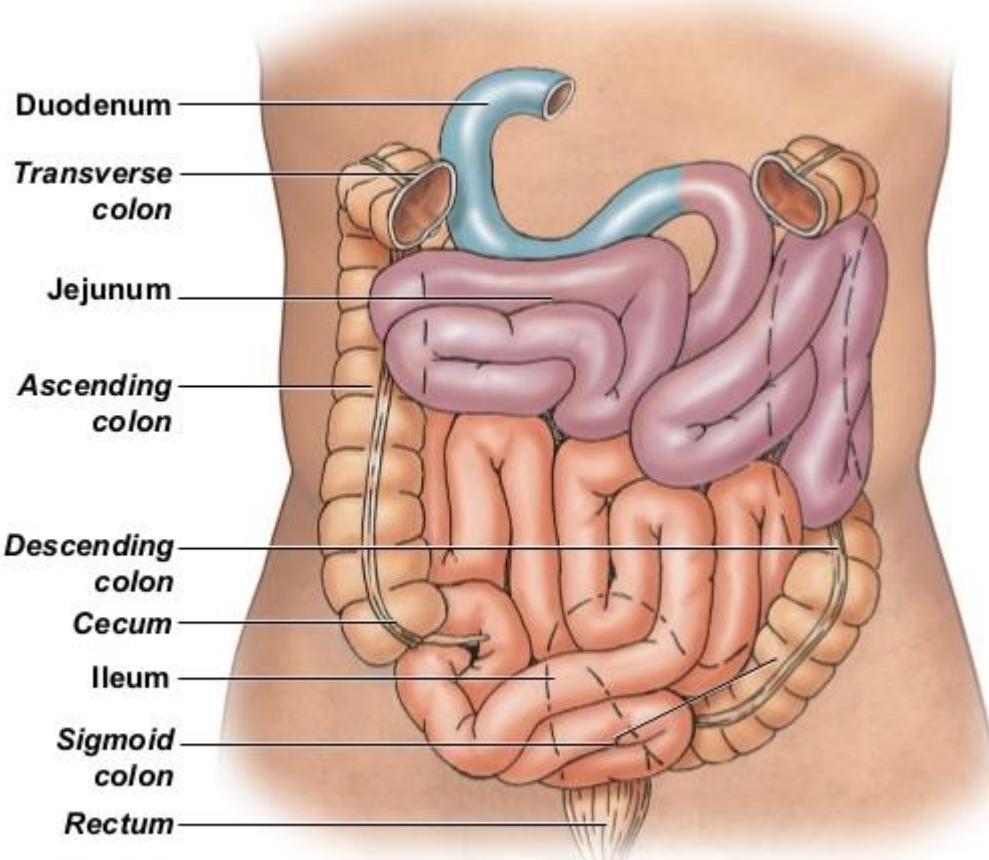


INTESTIN GRELE
DUODENUM, JEJUNUM ET
ILEON

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

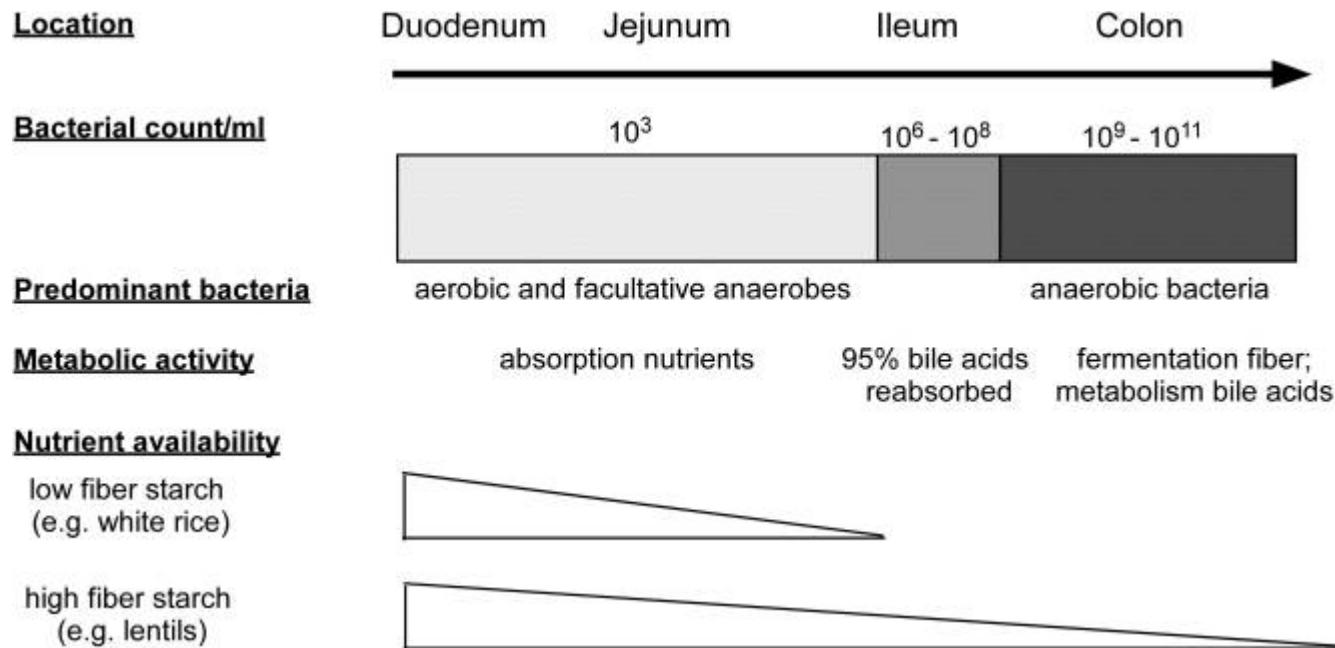
ABSORBE PRINCIALEMENT
L'EAU ET LES ELECTROLYTES

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



Utzschneider, 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 ?

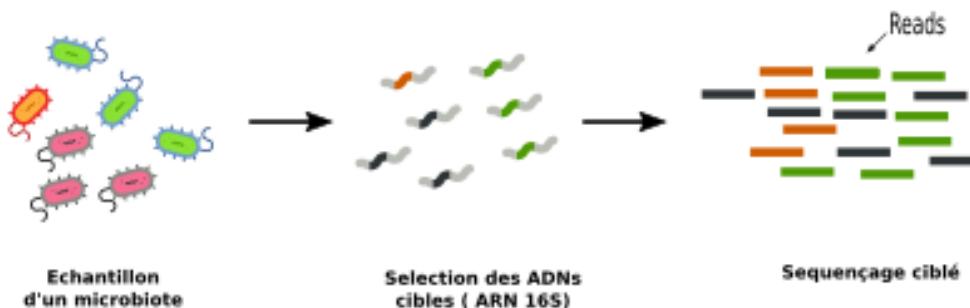
ANALYSE METAGENOMIQUE

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

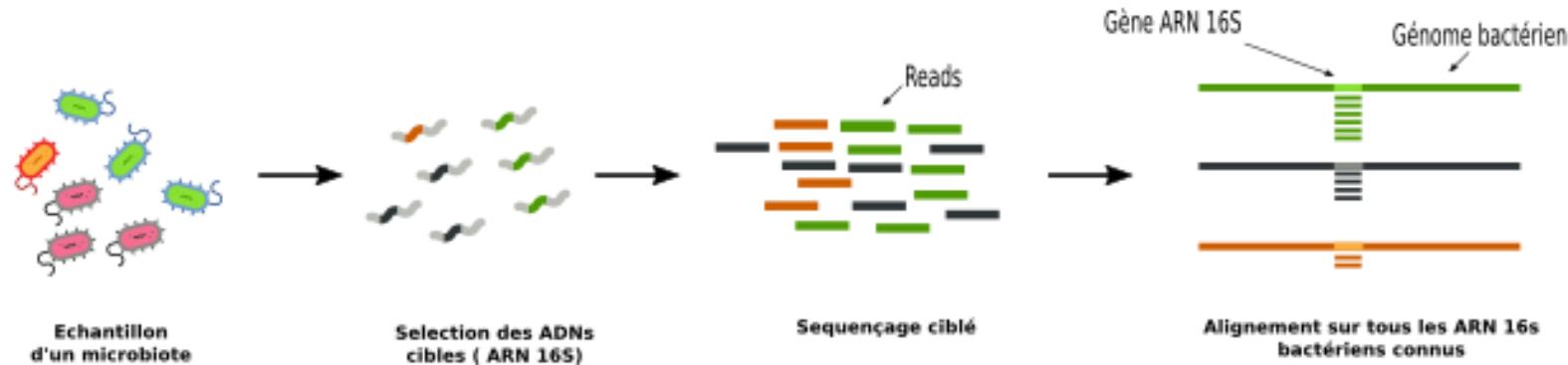


LE MICROBIOTE C'EST QUOI ?

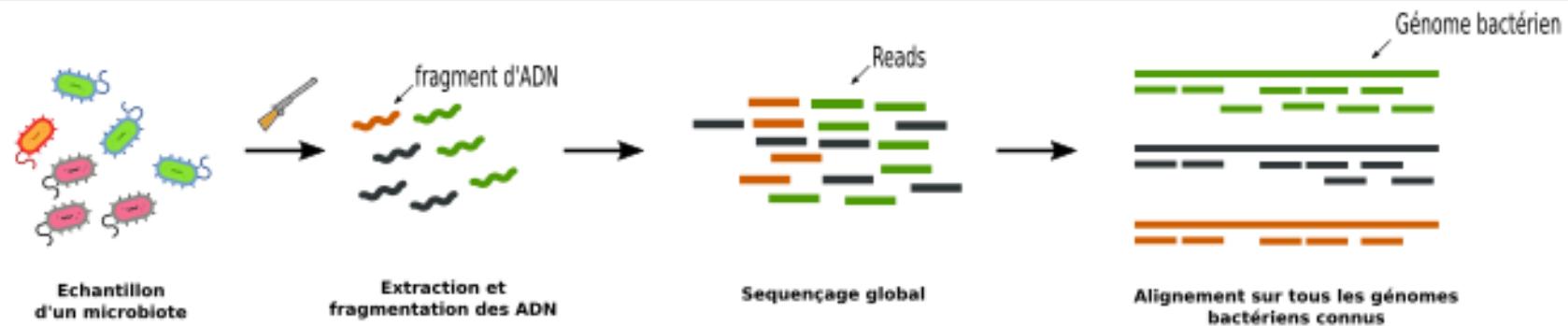
- DESCRIPTION
- MICROBIOTE ET PERF.
- MICROBIOTE ET ALIM.
- MICROBIOTE ET SPORT

COMMENT CONNAITRE LA COMPOSITION DE CE MICROBIOTE INTESTINAL ?

Métagénomique ciblée (ARN 16s)



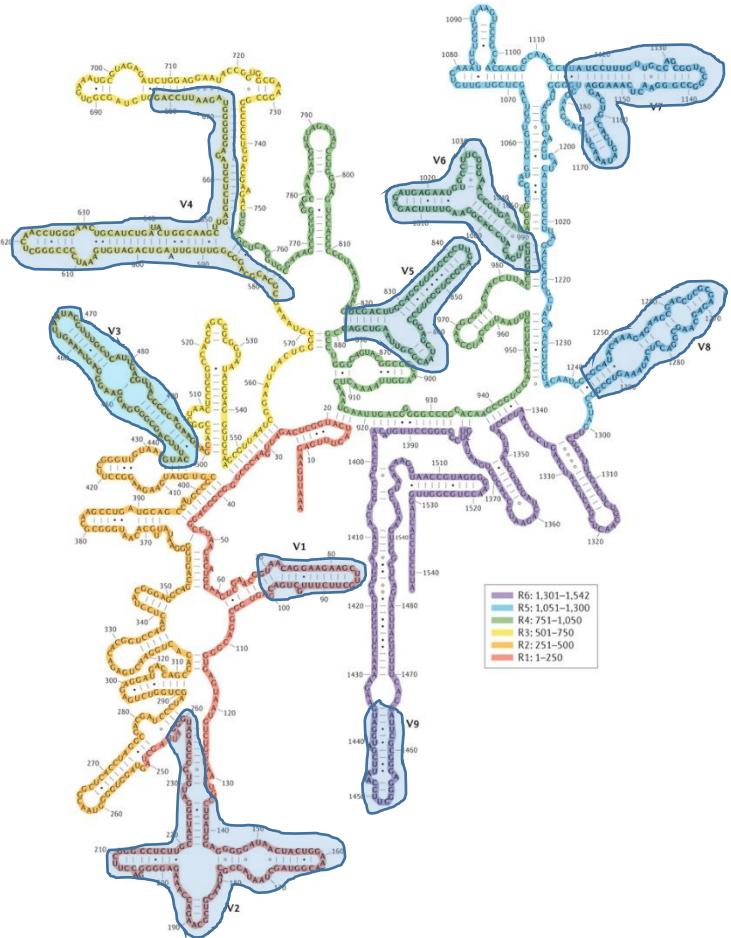
Métagénomique globale (Shotgun)



LE MICROBIOTE C'EST QUOI ?

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

COMMENT CONNAITRE LA COMPOSITION DE CE MICROBIOTE INTESTINAL ?



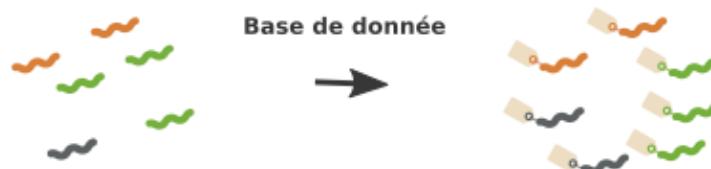
Séquences de l'ARN 16s qui peuvent varier d'une espèce de bactérie à l'autre

LE MICROBIOTE C'EST QUOI ?

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

COMMENT CONNAITRE LA COMPOSITION DE CE MICROBIOTE INTESTINAL ?

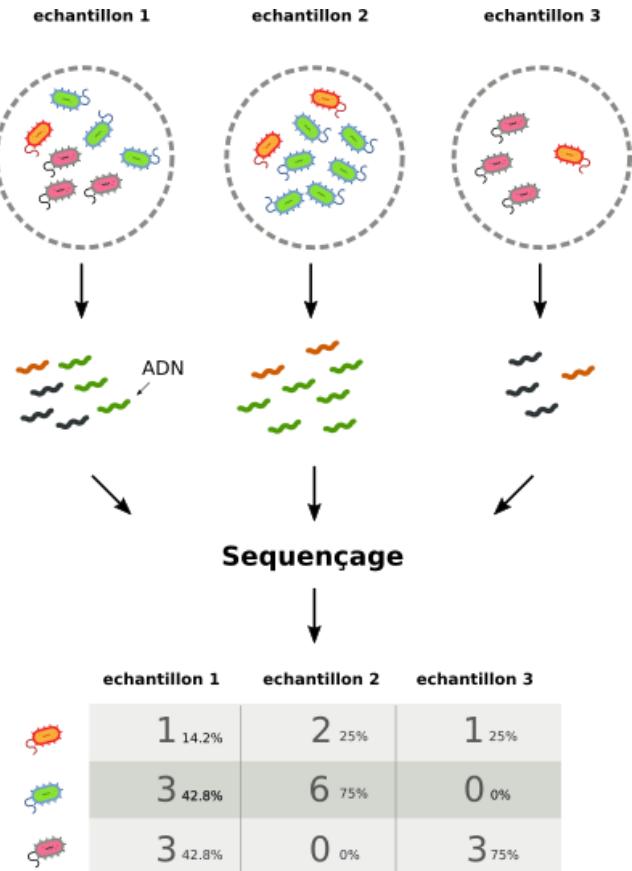
COMPARAISON DES SEQUENCES PRESENTES DANS L'ECHANTILLON AVEC SEQUENCES PRESENTES DANS UNE BASE DE DONNEES



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

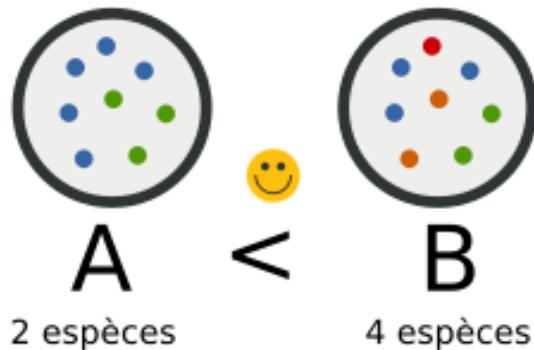
Table des OTUs

LE MICROBIOTE C'EST QUOI ?

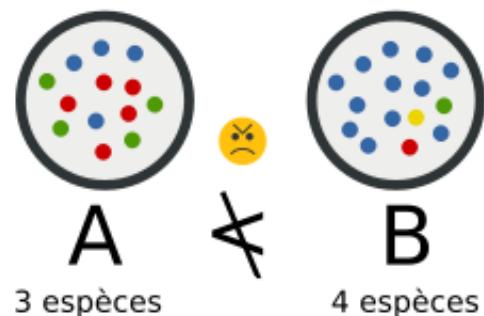
- DESCRIPTION
- MICROBIOTE ET PERF.
- MICROBIOTE ET ALIM.
- MICROBIOTE ET SPORT

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 ?

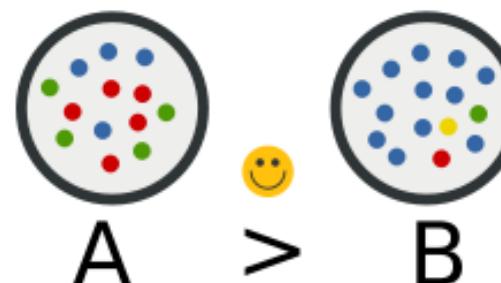
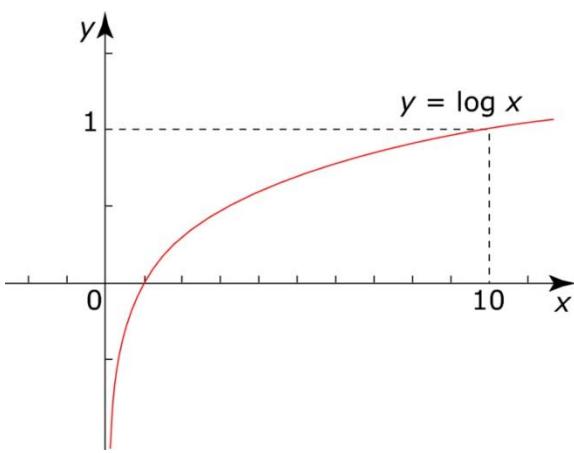
INDICATEUR PRINCIPAL UTILISE POUR CARACTERISER UN MICROBIOTE INTESTINAL

INDICE DE SHANNON – DIVERSITE ALPHA

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

Exemple A

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



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 cacherait 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 microbien 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://drdk.me/metagenomique.html>

LE MICROBIOTE C'EST QUOI ?

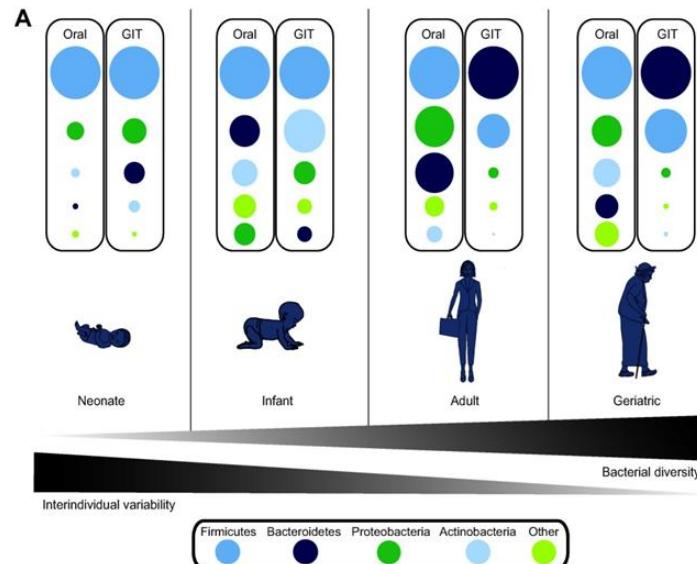
- DESCRIPTION
- MICROBIOTE ET PERF.
- MICROBIOTE ET ALIM.
- MICROBIOTE ET SPORT

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



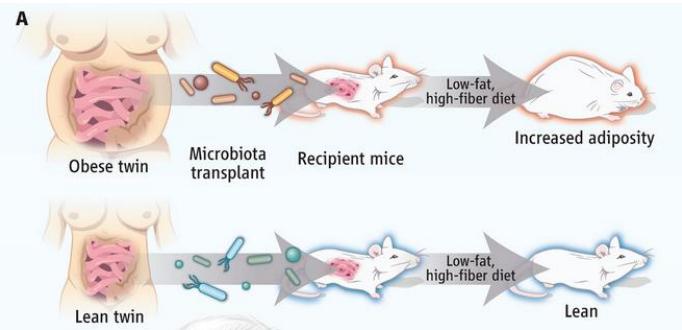
TRAITEMENT ANTOBIOTIQUE A LARGE SPECTRE: SOURIS ELEVEES DANS DES CONDITIONS NORMALES ET TRAITEES PENDANT PLUSIEURS JOURS

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 FÉCALE : DESTRUCTION DES BACTERIES INTESTINALES PAR TRAITEMENT ANTIOBIOTIQUE PUIS TRANSPLANTATION DE BACTERIES ISSUS DE FECES DE DIFFERENTES POPULATIONS (OBESE, ACTIF, VEGETARIEN, CARNIVORE...)

Cammorata, J Clin Gast, 2014

LE MICROBIOTE C'EST QUOI ?

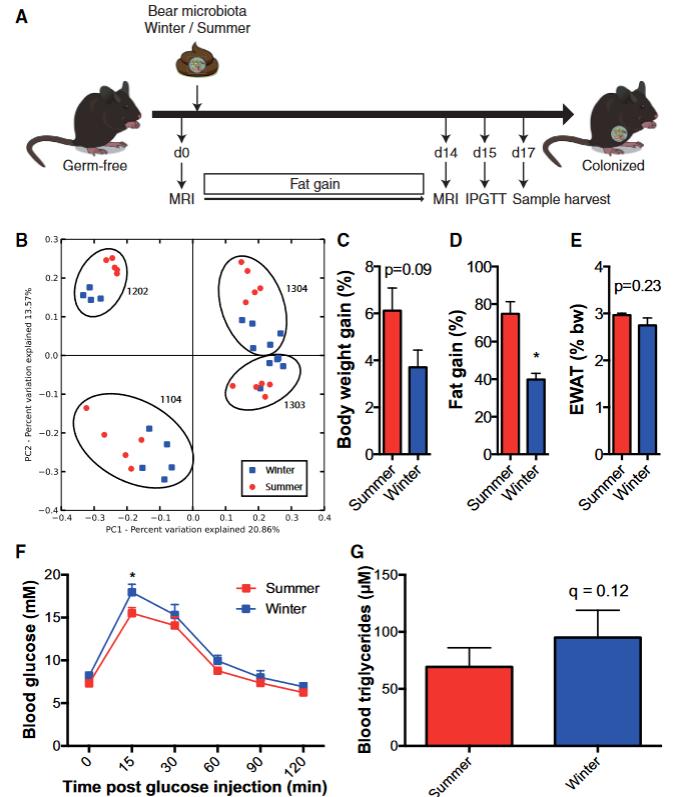
- DESCRIPTION
- MICROBIOTE ET PERF.
- MICROBIOTE ET ALIM.
- MICROBIOTE ET SPORT

PRINCIPAUX MODELES EXPERIMENTAUX

Cell Reports

Article

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



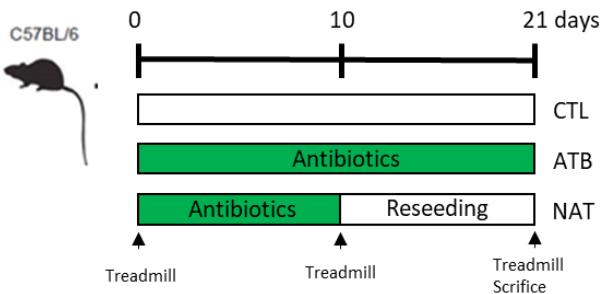
- DESCRIPTION
- MICROBIOTE ET PERF.
- MICROBIOTE ET ALIM.
- MICROBIOTE ET SPORT

ROLE DU MICROBIOTE INTESTINAL SUR LA PERFORMANCE PHYSIQUE

MICROBIOTE ET PERFORMANCE SPORTIVE

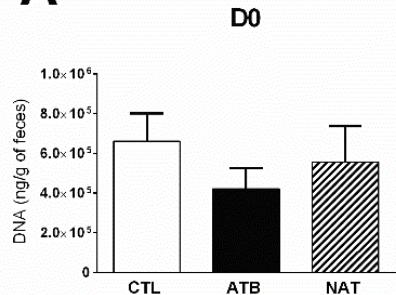
- DESCRIPTION
- MICROBIOTE ET PERF.
- MICROBIOTE ET ALIM.
- MICROBIOTE ET SPORT

DEPLETION DU MICROBIOTE INTESTINAL – IMPACT SUR LA PERFORMANCE

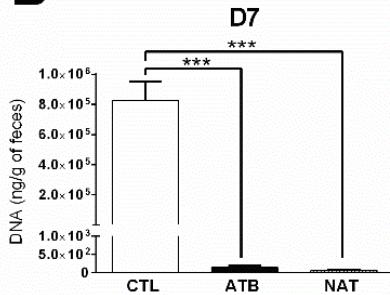


Souris traitées avec antibiotiques

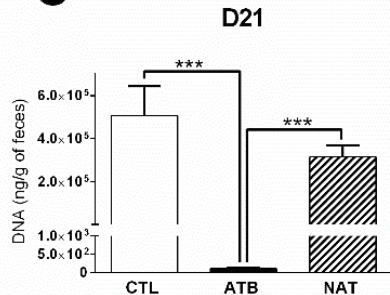
A



B



C



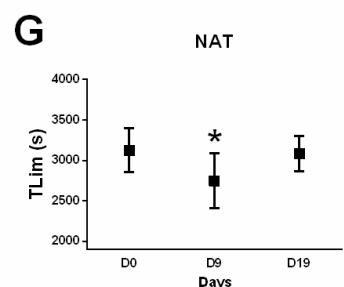
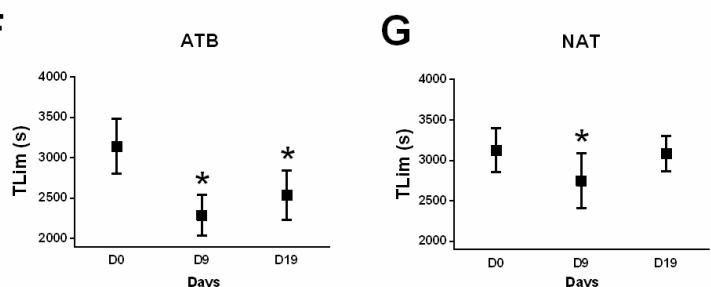
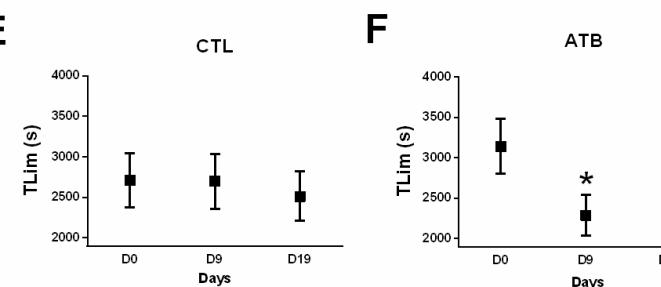
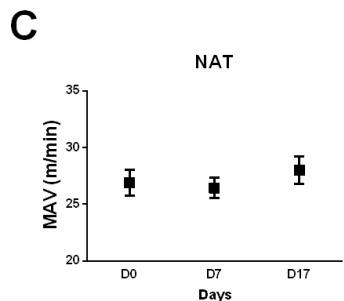
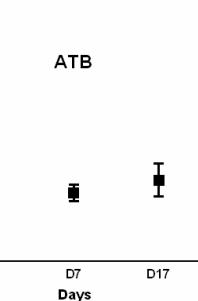
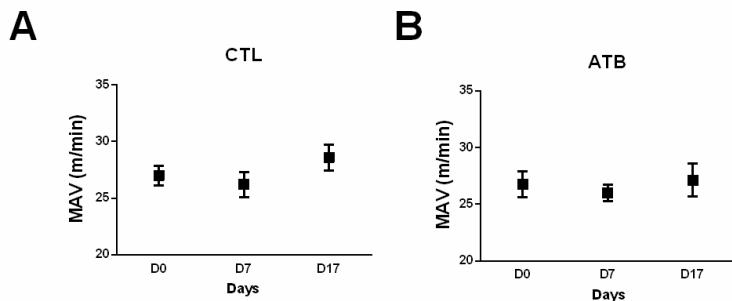
DMeM
Dynamique Musculaire et Métabolisme

Unité Mixte de Recherche
INRA – Université de Montpellier

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 TRAITEES AUX ANTIOBIOTIQUES
EST ALTEREE, MAIS PAS LA PMA

DMeM
Dynamique Musculaire et Métabolisme

Unité Mixte de Recherche
INRA – Université de Montpellier

MICROBIOTE ET PERFORMANCE SPORTIVE

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

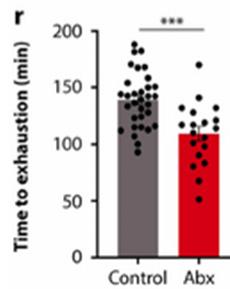
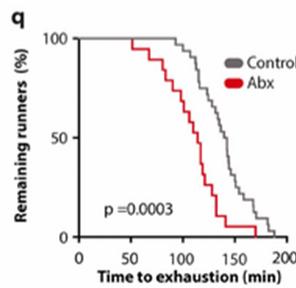
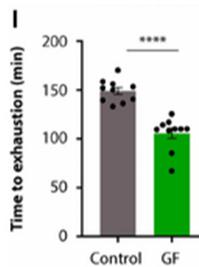
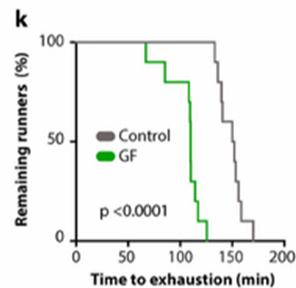
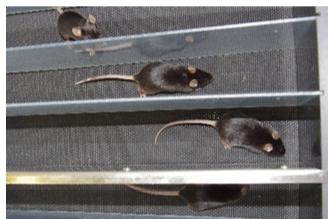
DEPLETION DU MICROBIOTE INTESTINAL – IMPACT SUR LA PERFORMANCE

Article

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

nature

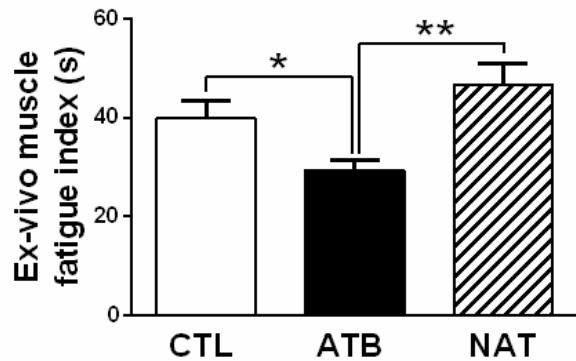
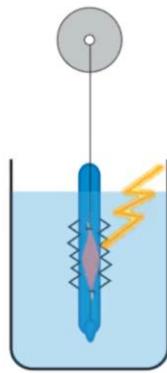
Tests de course sur tapis



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

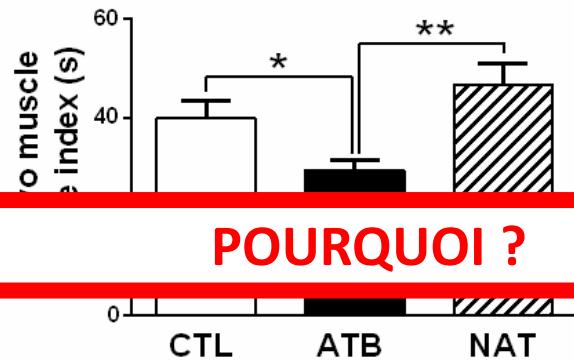
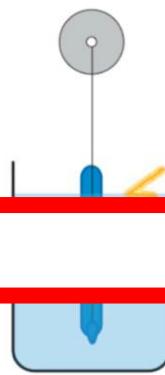
DMeM
Dynamique Musculaire et Métabolisme

Unité Mixte de Recherche
INRA – Université de Montpellier

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
Dynamique Musculaire et Métabolisme

Unité Mixte de Recherche
INRA – Université de Montpellier

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 APPARASSE

PIUSSANCE MAXIMAL AEROBIE

VO₂max

CAPACITE MAXIMALE AEROBIE

Etre capable d'avoir une activité musculaire à un pourcentage le plus proche de VO₂max sans se fatiguer

Débit cardiaque maximal (Qmax)

Capacité de transport de l'O₂ dans le sang (Hémoglobine)

Vascularisation musculaire

Capacité oxydative maximale musculaire

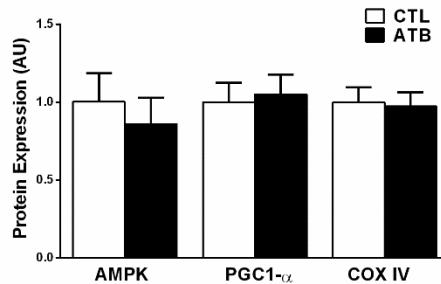
MICROBIOTE ET PERFORMANCE SPORTIVE

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

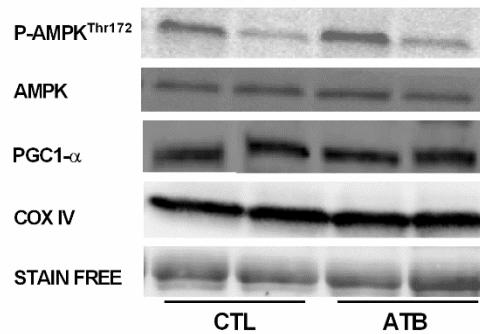
DEPLETION DU MICROBIOTE INTESTINAL – IMPACT SUR LE MUSCLE

Capacité oxydative maximale musculaire

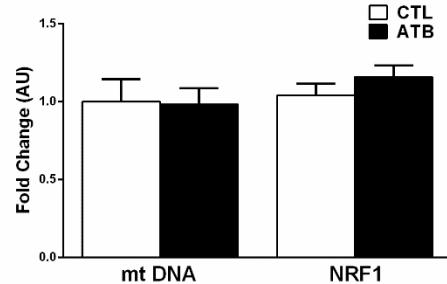
D



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 APPARASSE

PIUSSANCE MAXIMAL AEROBIE

VO₂max

CAPACITE MAXIMALE AEROBIE

Etre capable d'avoir une activité musculaire à un pourcentage le plus proche de VO₂max sans se fatiguer

Débit cardiaque maximal (Qmax)

Réserves en substrats énergétiques

Capacité de transport de l'O₂ dans le sang (Hémoglobine)

Accumulation musculaire de phosphate inorganique

Vascularisation musculaire

Facteurs centraux

Capacité oxydative maximale musculaire

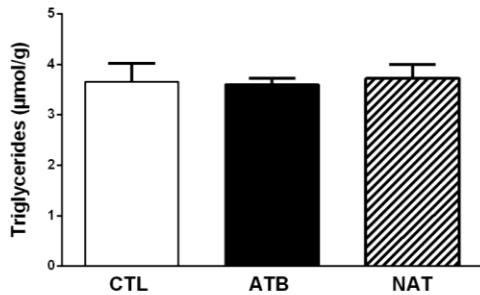
MICROBIOTE ET PERFORMANCE SPORTIVE

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

DEPLETION DU MICROBIOTE INTESTINAL – IMPACT SUR LE MUSCLE

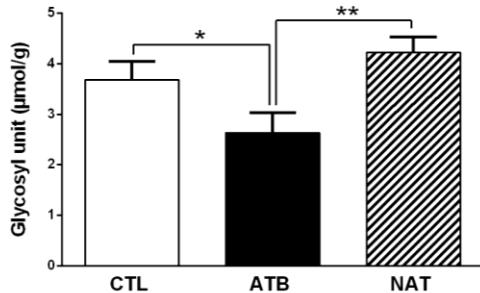
Réserves en substrats énergétiques

D



Souris traitées avec antibiotiques

E



STOCKS EN GLYCOGENE REDUITS AVEC LE TRAITEMENT ANTIBIOTIQUE

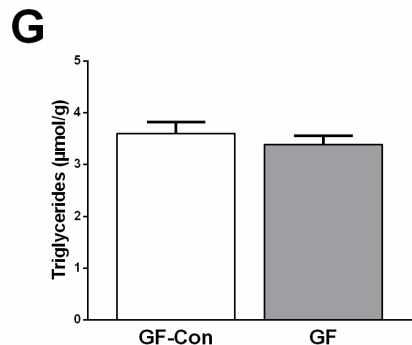
RECOLONISATION BACTERIENNE DE L'INTESTIN RAMENE LES STOCKS DE GLYCOGENE A DES VALEURS NORMALES

MICROBIOTE ET PERFORMANCE SPORTIVE

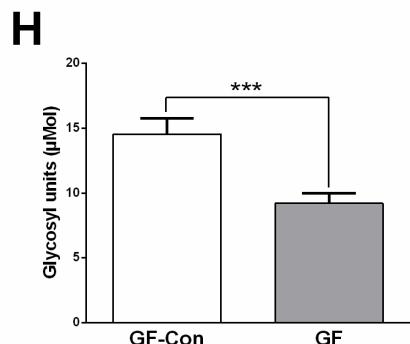
- DESCRIPTION
- MICROBIOTE ET PERF.
- MICROBIOTE ET ALIM.
- MICROBIOTE ET SPORT

DEPLETION DU MICROBIOTE INTESTINAL – IMPACT SUR LE MUSCLE

Réserves en substrats énergétiques



Souris gnotobiotes



STOCKS EN GLYCOGENE REDUITS CHEZ LES SOURIS SANS MICROBIOTE INTESTINAL

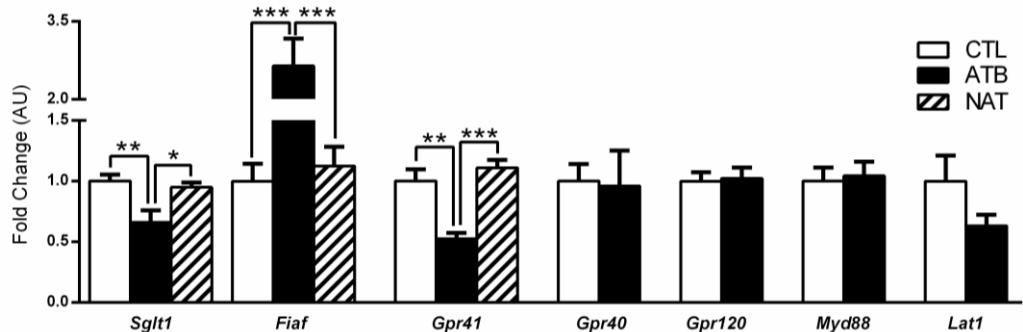
MICROBIOTE ET PERFORMANCE SPORTIVE

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

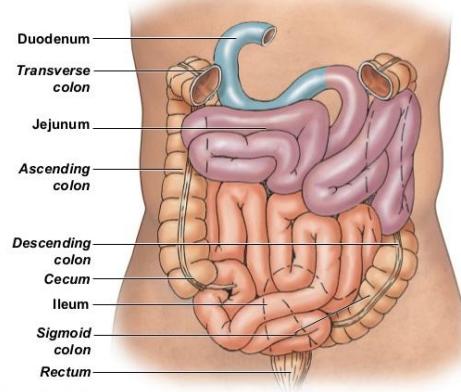
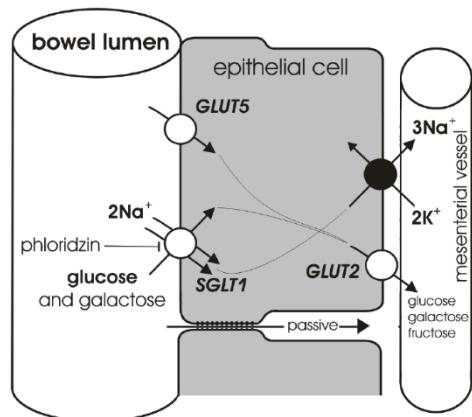
DEPLETION DU MICROBIOTE INTESTINAL – IMPACT SUR L'INTESTIN

Pourquoi une déplétion en glycogène sans microbiote intestinal ?

E



Souris traitées avec antibiotiques



© 2012 Pearson Education, Inc.

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

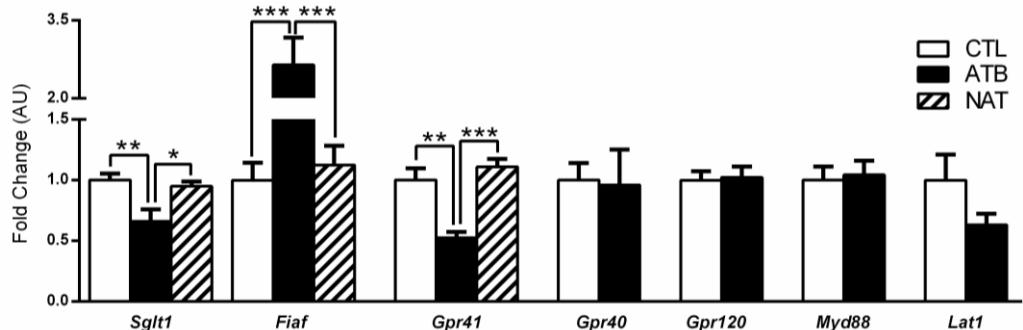
MICROBIOTE ET PERFORMANCE SPORTIVE

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

DEPLETION DU MICROBIOTE INTESTINAL – IMPACT SUR L'INTESTIN

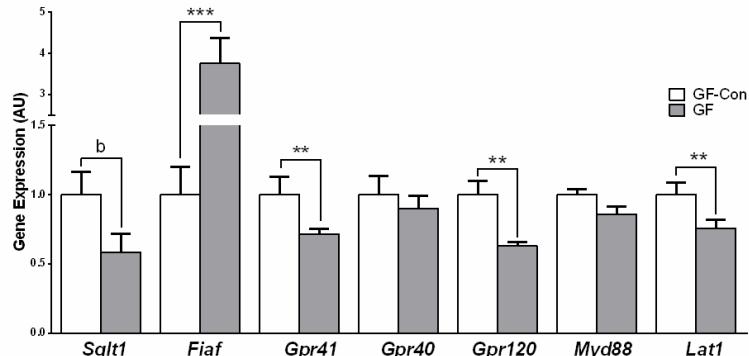
Pourquoi une déplétion en glycogène sans microbiote intestinal ?

E



Souris traitées avec antibiotiques

A



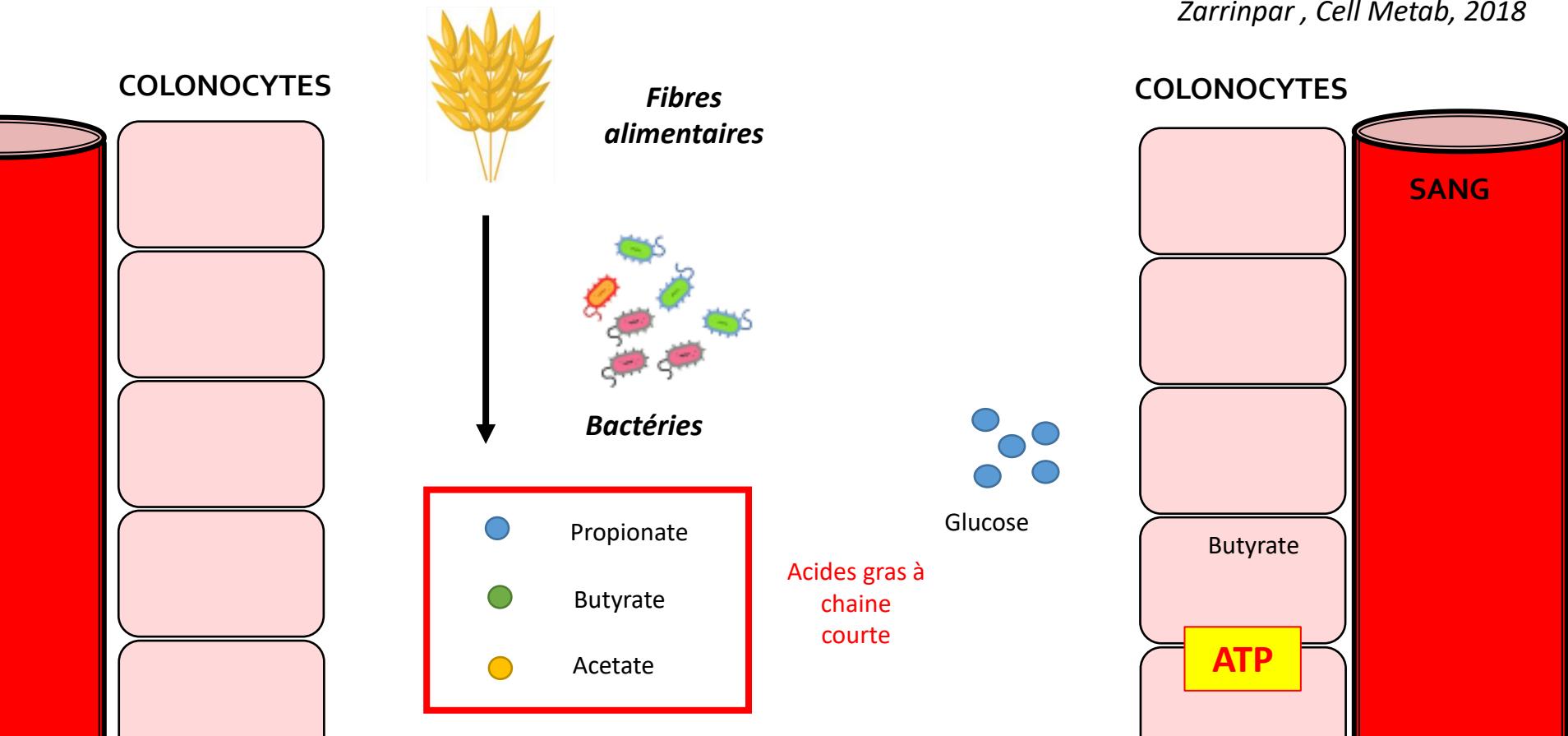
Souris gnotobiotiques

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 ?



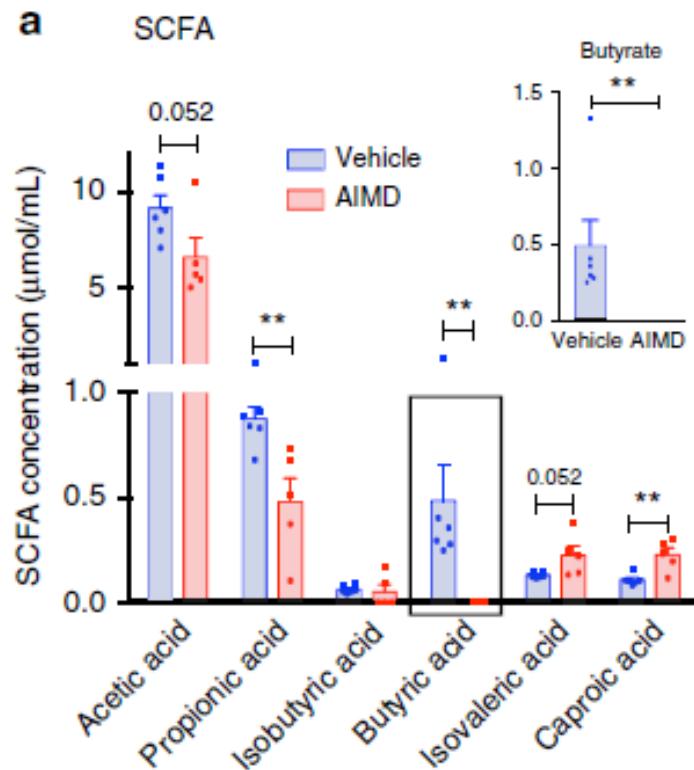
MICROBIOTE ET PERFORMANCE SPORTIVE

- 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

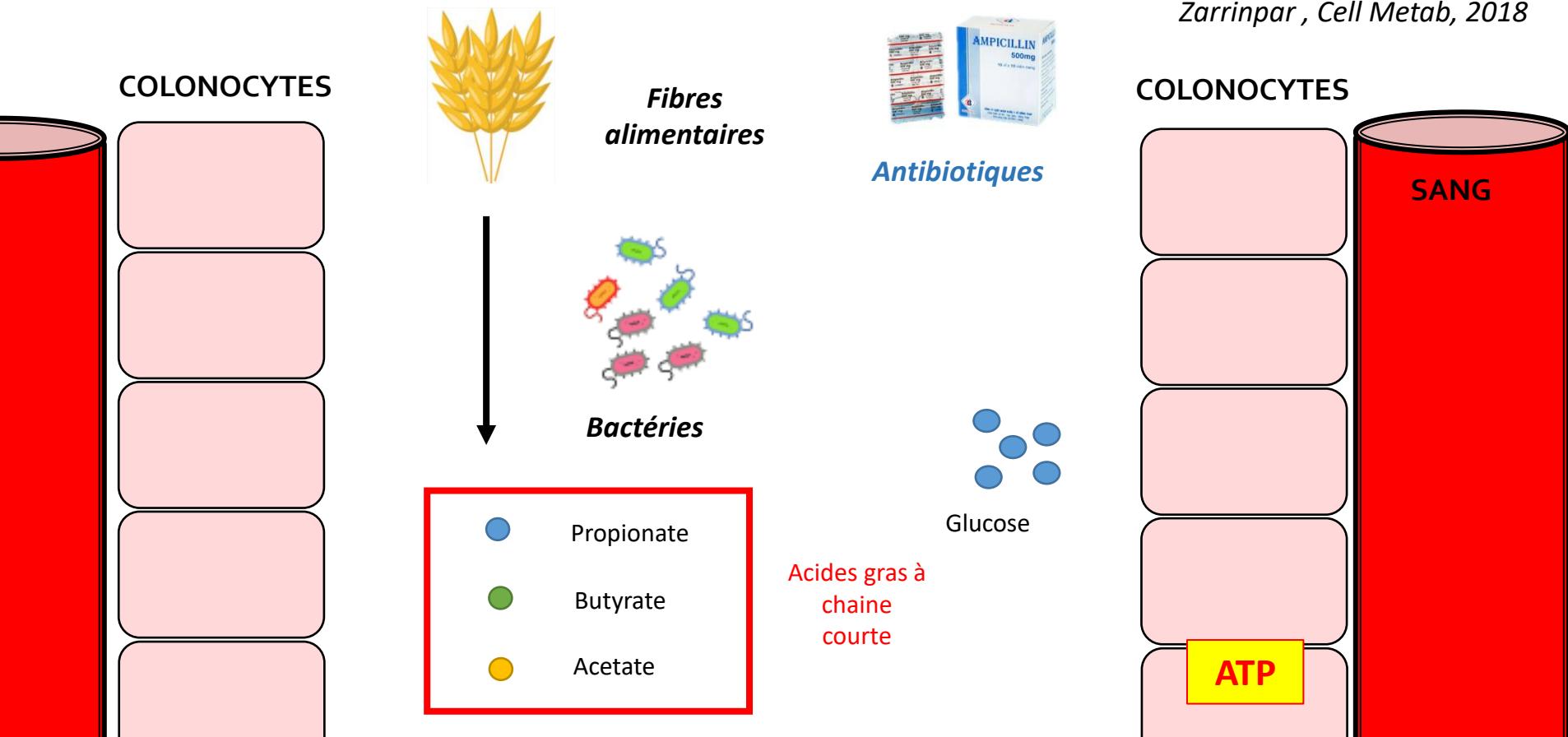


MICROBIOTE ET PERFORMANCE SPORTIVE

- 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 ?



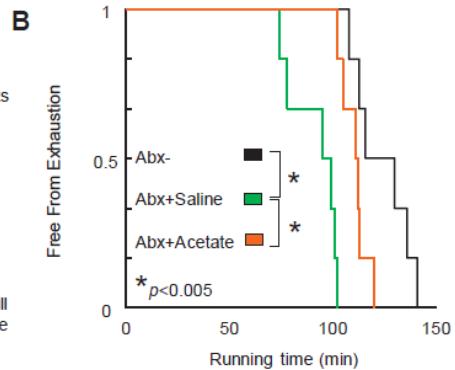
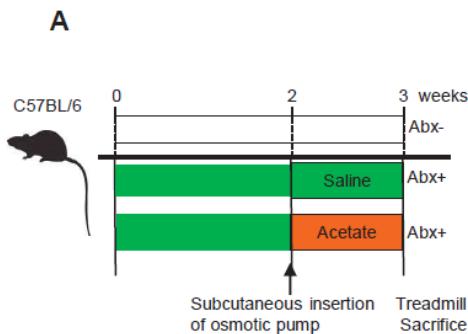
MICROBIOTE ET PERFORMANCE SPORTIVE

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

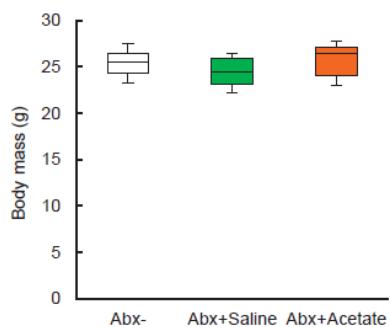
DEPLETION DU MICROBIOTE INTESTINAL – IMPACT SUR L'INTESTIN

Pourquoi une déplétion en glycogène sans microbiote intestinal ?

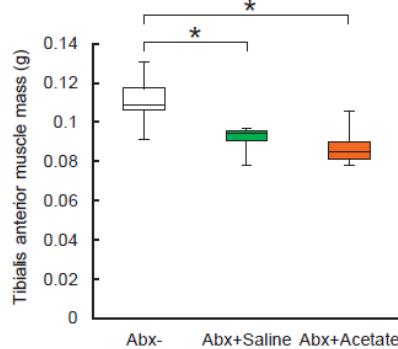
Figure 5



C



D



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 ?

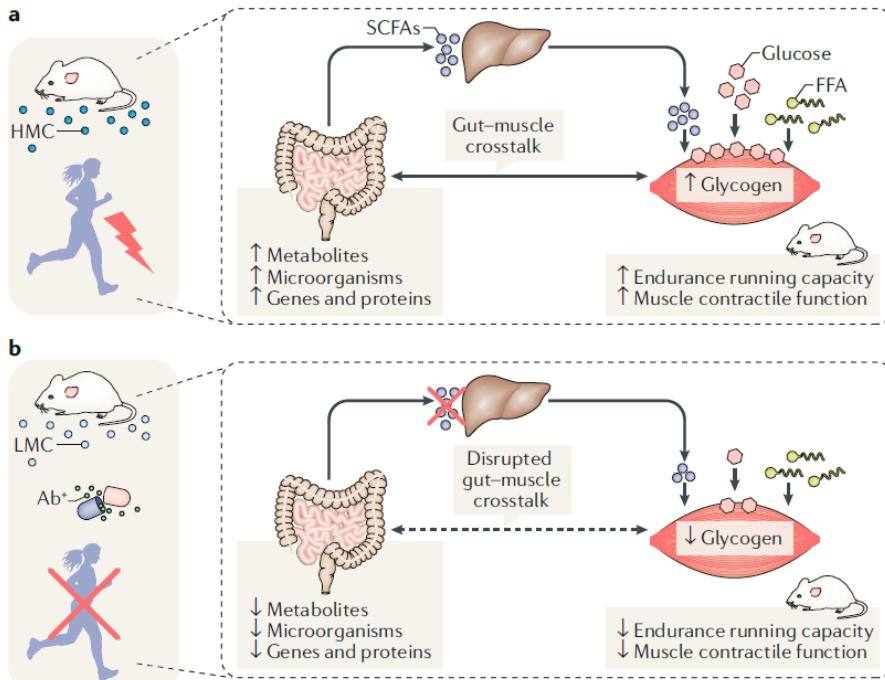


Fig. 1 | The gut microbiota-skeletal muscle highway. **a** | A high microbiota-accessible carbohydrate (HMC) diet potentiates endurance exercise capacity in mice. **b** | In mice, antibiotic (Ab⁺) administration and a low microbiota-accessible carbohydrate (LMC) diet modulates muscle fuel availability 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



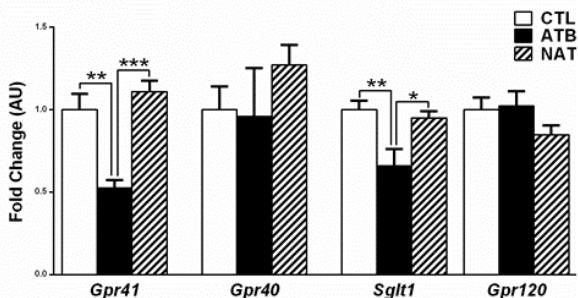
MICROBIOTE ET PERFORMANCE SPORTIVE

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

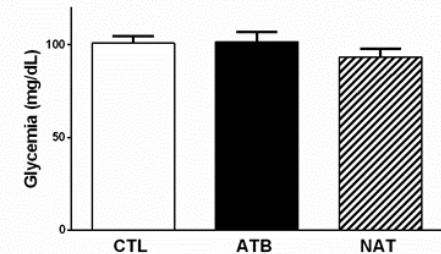
DEPLETION DU MICROBIOTE INTESTINAL – IMPACT SUR L'INTESTIN

Pourquoi une déplétion en glycogène sans microbiote intestinal ?

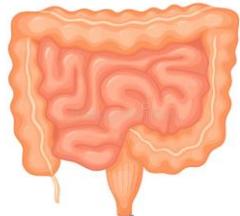
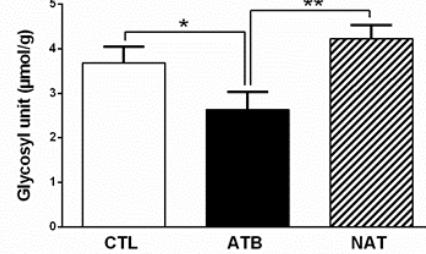
Ileum



Blood



Skeletal Muscle

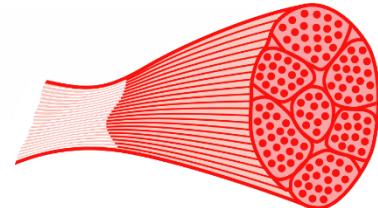


↓ de l'absorption de glucose et AGCC



Maintien de l'homéostasie glucidique

↓ de glycogène musculaire

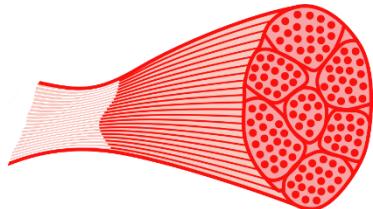


MICROBIOTE ET PERFORMANCE SPORTIVE

- 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

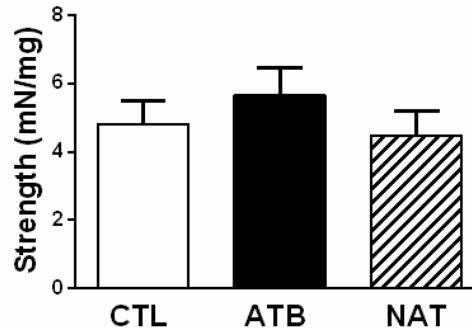
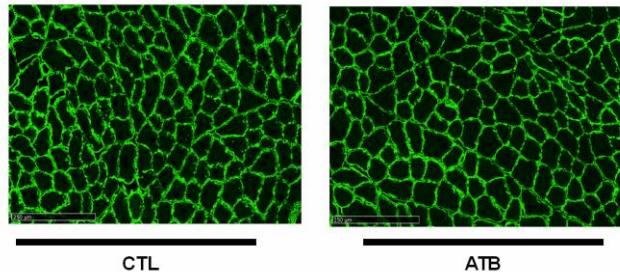
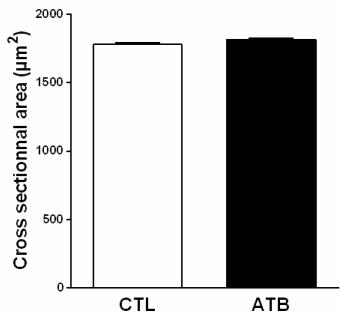
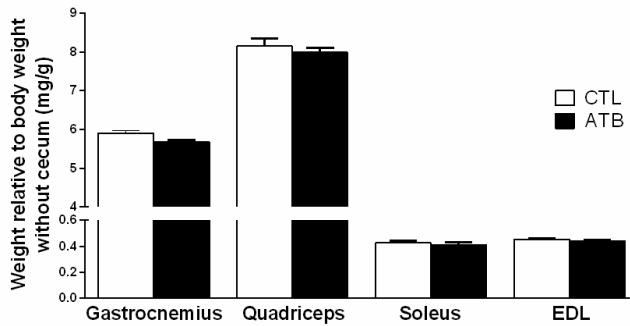


➔ de la capacité
aérobie

MICROBIOTE ET PERFORMANCE SPORTIVE

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

DEPLETION DU MICROBIOTE INTESTINAL – IMPACT SUR LA MASSE MUSCULAIRE



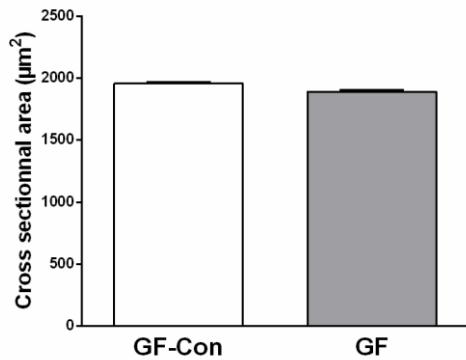
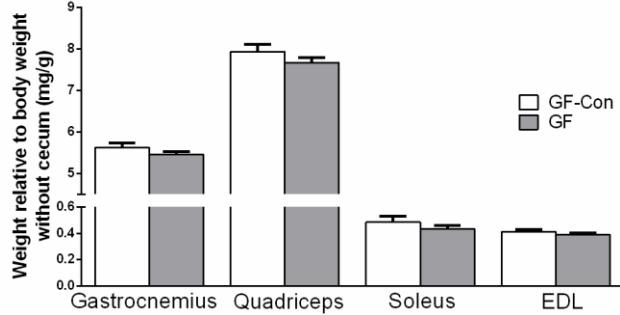
Souris traitées avec antibiotiques

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

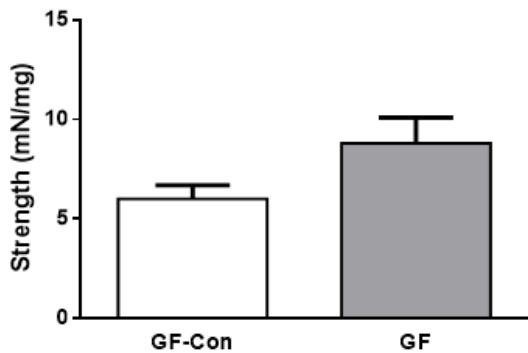
MICROBIOTE ET PERFORMANCE SPORTIVE

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

DEPLETION DU MICROBIOTE INTESTINAL – IMPACT SUR LA MASSE MUSCULAIRE



Souris gnotobiotiques

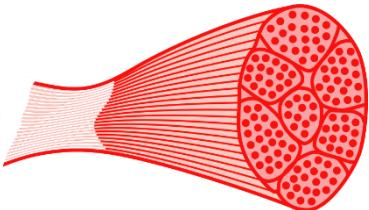


LA DEPLETION DU MICROBIOTE INTESTINAL NE MODIFIE PAS LA MASSE ET LA FORCE MUSCULAIRE

MICROBIOTE ET PERFORMANCE SPORTIVE

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

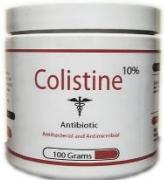
BILAN



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

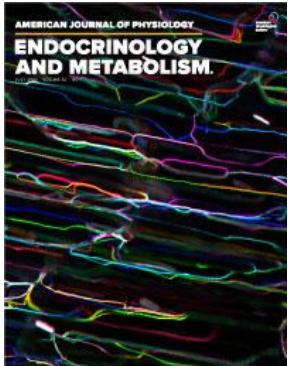


IMPACT D'UN TRAITEMENT ANTIBIOTIQUE SUR LA PERFORMANCE DES SPORTIFS ?

MICROBIOTE ET PERFORMANCE SPORTIVE

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

POUR ALLER PLUS LOIN



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,^{1,2*} Maxence Jollet,^{1*} Benedicte Goustard,¹ Narjes Baati,¹ Barbara Vernus,¹ Maria Pontones,¹ Luz Lefevre-Orfila,² Claude Bendavid,³ Olivier Rué,⁴ Mahendra Mariadassou,⁴ Anne Bonnieu,¹ Vincent Ollendorff,¹ Patricia Lepage,⁵ Frédéric Derbré,² and Christelle Koechlin-Ramonatxo¹

¹DMEM, University of Montpellier, INRA, Montpellier, France; ²Laboratory "Movement Sport and Health Sciences" EA7470, University of Rennes/ENS Rennes, France; ³Institut NuMeCan, Inserm U1241/CHU Rennes/INRA, Université de Rennes, Rennes, France; ⁴MalAGE, INRA, Université Paris-Saclay, Jouy-en-Josas, France; and ⁵MICALIS, AgroParisTech, INRA, Université Paris-Saclay, Jouy-en-Josas, France

Submitted 3 December 2018; accepted in final form 9 April 2019

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,[†] Matthew Voltz, DO, ATC,[‡] Bradley Sandella, DO, ATC,^{*,†}
Jeremy Close, MD,[§] Matthew Lunser, DO, ATC,[†] and Joshua Okon, MD[†]

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 ²) | 29.1±3.0 ⁺ | 22.7±1.8 ^{**} | 31.2±3.0 ^Y |
| Body mass (kg) | 101.3±13.8 | 74.3±6.3 | 103.1±13.8 |
| Body fat % (kg) | 16.9±6.1 ⁺⁺ | 15±4.6 [*] | 33.9±8.8 ^Y |
| Lean body mass (kg) | 80±8.9 ⁺⁺ | 55.4±5.6 ^{**} | 65±8 ^Y |
| Waist/hip ratio | 0.8±0.04 ⁺⁺ | 0.8±0.05 | 0.9±0.07 ^Y |

Data shown as mean±SD, *p<0.01 or **p<0.0005 athletes versus low BMI controls
⁺p<0.01 or ⁺⁺p<0.0005 athletes versus high BMI controls ^Yp<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

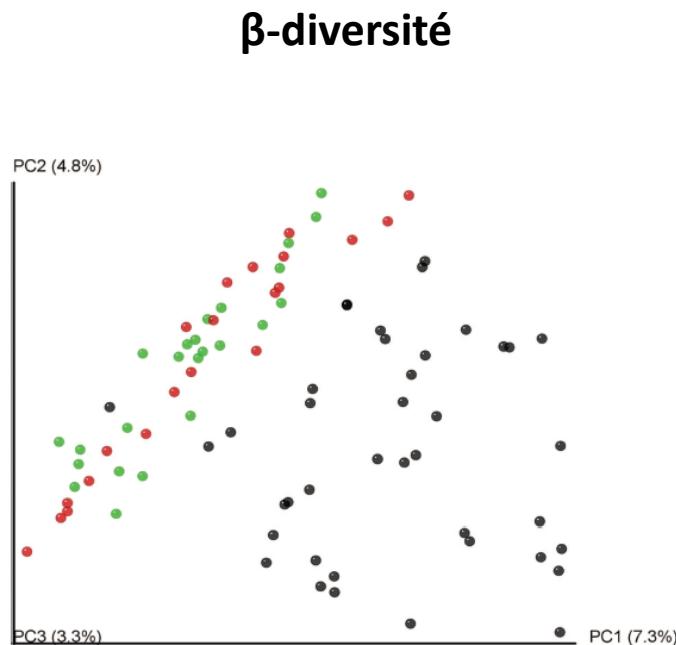
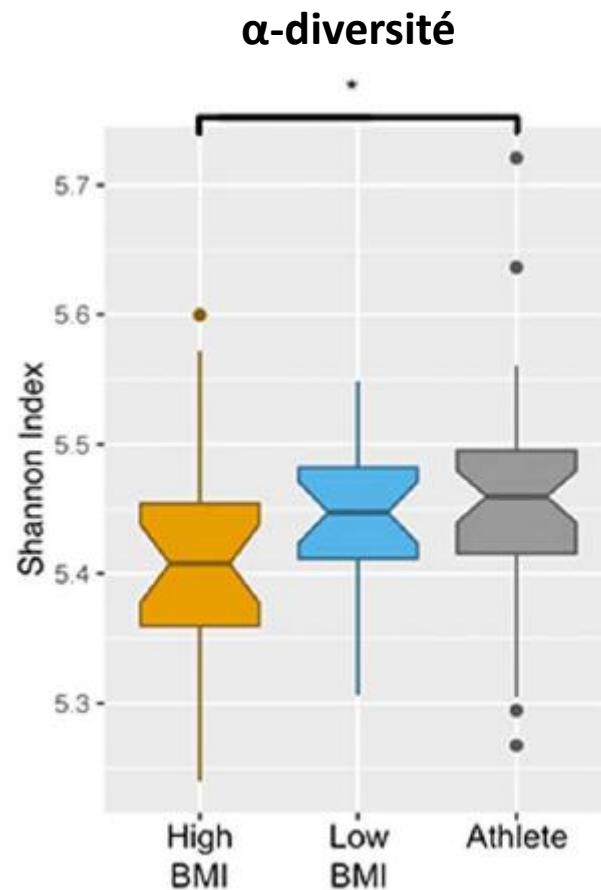


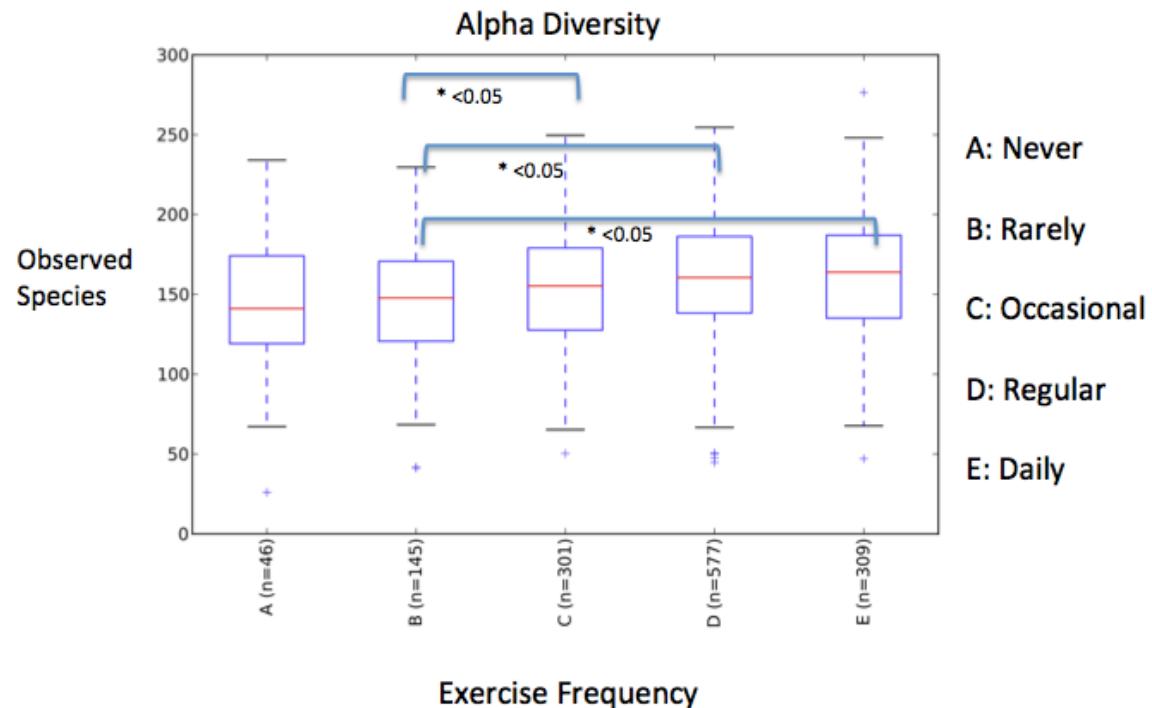
Figure 3 Unweighted UniFrac separates the athlete and control microbiota. Unweighted UniFrac principal coordinate analysis (PCoA) of faecal microbiota from 86 subjects. Subject colour coding: black, elite athletes; green, high body mass index (BMI) controls; and red, low BMI controls.

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



RESEARCH

Open Access



Community characteristics of the gut microbiomes of competitive cyclists

Lauren M. Petersen^{1*}, Eddy J. Bautista², Hoan Nguyen¹, Blake M. Hanson¹, Lei Chen¹, Sai H. Lek¹,
Erica Sodergren¹ and George M. Weinstock¹

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^{1,2,3,13}, Jacob M. Luber^{4,5,6,7,8,13}, Theodore A. Chavkin^{4,5,7,12}, Tara MacDonald^{9,10},
Angela Tung^{9,12}, Loc-Duyen Pham^{4,5}, Marsha C. Wibowo^{4,5,7}, Renee C. Wurth^{3,11},
Sukanya Punthambaker^{1,2}, Braden T. Tierney^{4,5,6,7}, Zhen Yang^{4,5,12}, Mohammad W. Hatab²,
Julian Avila-Pacheco⁸, Clary B. Clish^{9,8}, Sarah Lessard^{9,10}, George M. Church^{1,2*} and
Aleksandar D. Kostic^{4,5,7*}

Veillonella Atypica : Métabolise lactate en Propionate

MICROBIOTE ET ENTRAINEMENT

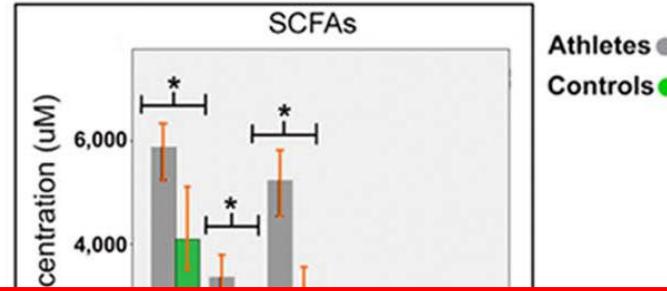
- DESCRIPTION
- MICROBIOTE ET PERF.
- MICROBIOTE ET ALIM.
- MICROBIOTE ET SPORT

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

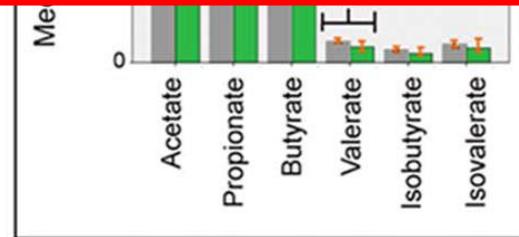


Athletes
Controls

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



Impact sur l'endurance
musculaire ?



Barton, Gut, 2017
Clarke, Gut, 2014

ETUDE CLINIQUE EXOMIC

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



D. Martin
(Doctorant)

NOS HYPOTHESES



LES ATHLETES DE HAUT NIVEAU POSSEDENT UN
MICROBIOTE INTESTINAL MIEUX ADAPTE A DES
BESOINS ENERGETIQUES ELEVES



CES SPECIFICITES NE DEPENDRAIENT PAS UNIQUEMENT
D'UNE ALIMENTATION DIFFERENTE DES POPULATIONS
NON-SPORTIVES

ETUDE CLINIQUE EXOMIC

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

OBJECTIFS DE L'ETUDE: CARACTÉRISER LA COMPOSITION DU MICROBIOTE INTESTINAL DE JEUNES ADULTES EN FONCTION DE LEUR TYPE ET DU NIVEAU DE PRATIQUE SPORTIVE AINSI QUE DE LEURS BESOINS ENERGETIQUES A L'EFFORT

Individus inactifs physiquement



Cyclistes de haut niveau

BESOINS ENERGETIQUES



Etudiants rennais (n=20)



Joueurs du Stade Rennais FC (N2) (n=15)



Cyclistes de l'équipe Sojasun Espoir (n=12)

ALIMENTATION ET IMC TRES PROCHES

ETUDE CLINIQUE EXOMIC

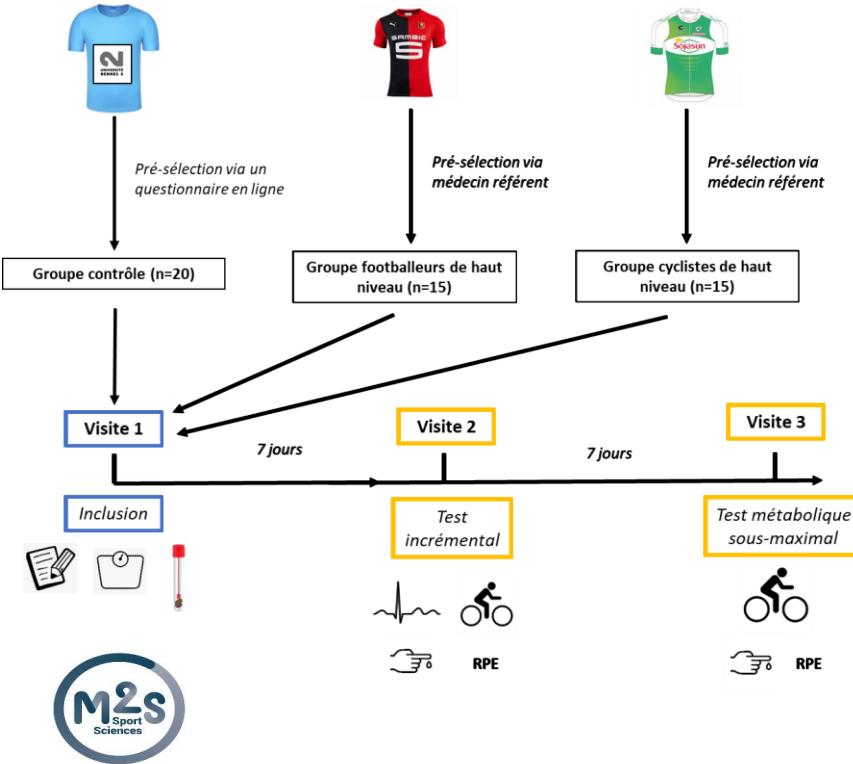
- DESCRIPTION
- MICROBIOTE ET PERF.
- MICROBIOTE ET ALIM.
- MICROBIOTE ET SPORT

CRITERES D'INCLUSION

- Etre un homme
- Agé entre 18 et 30 ans
- Présentant un IMC entre 18 et 25 kg/m²
- Non-fumeur
- Pratiquer moins de 150 min d'activité physique modérée OU moins de 75 min d'activité physique intense par semaine (Participants contrôles)

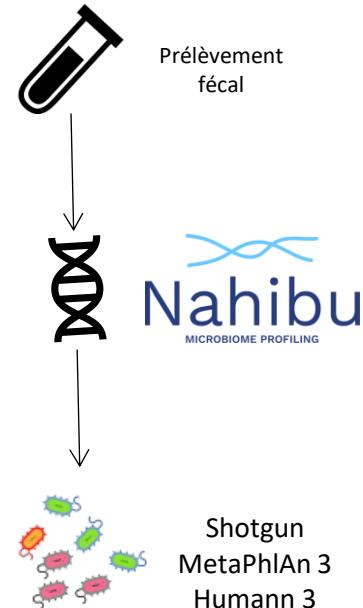
CRITERES DE NON-INCLUSION

- Présence d'antécédents cardio-vasculaires
- Porteur d'une maladie métabolique (type diabète)
- Prise d'antibiotiques, antifongiques ou antiparasitaires dans les 3 derniers mois
- Prise de prébiotiques et/ou probiotiques sous forme de compléments dans les 7 jours précédent le début de l'étude



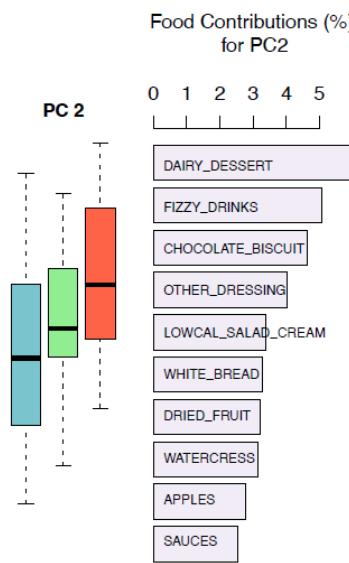
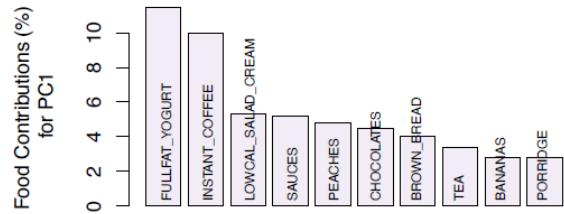
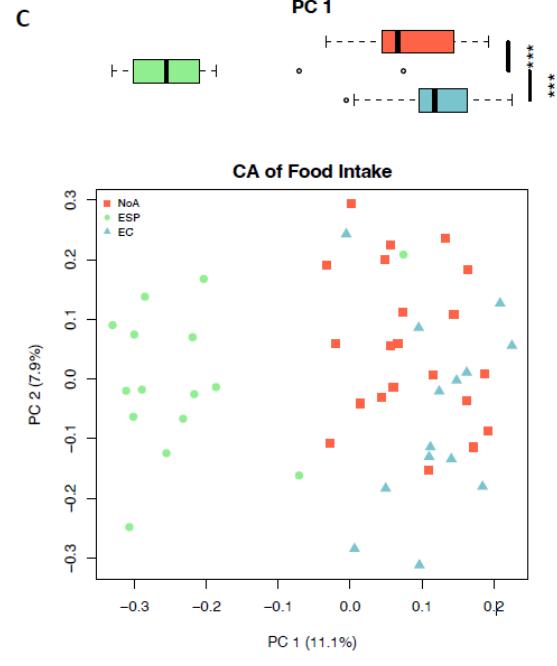
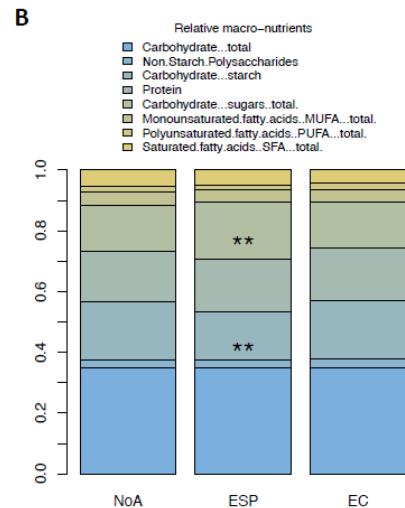
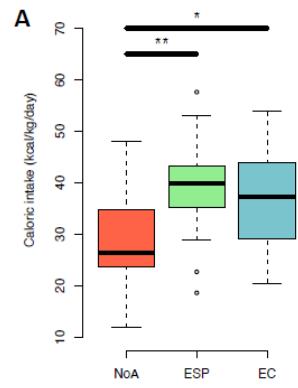
ClinicalTrials.gov

NCT05220657



ETUDE CLINIQUE EXOMIC

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

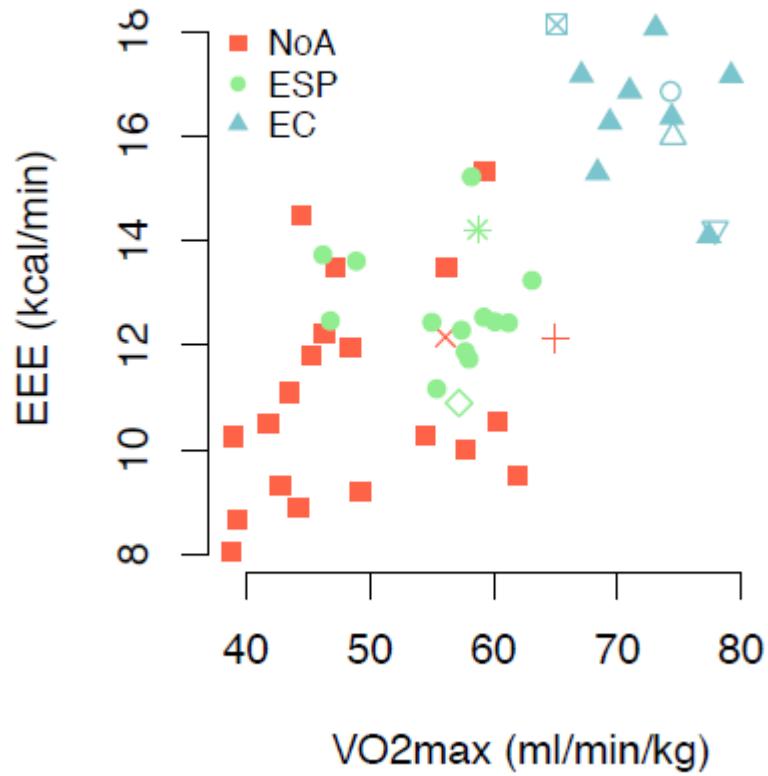


ETUDE CLINIQUE EXOMIC

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



Calorimétrie indirecte

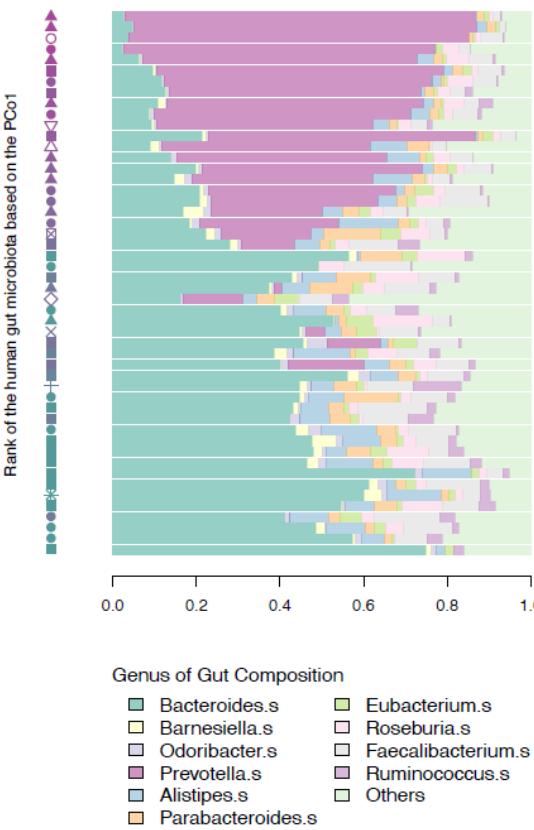
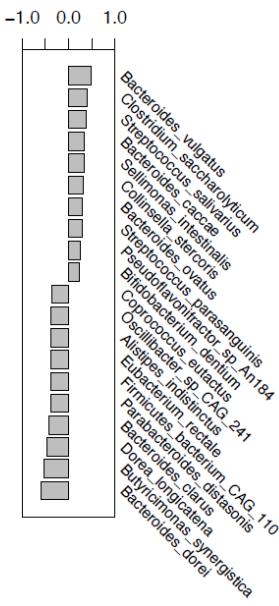
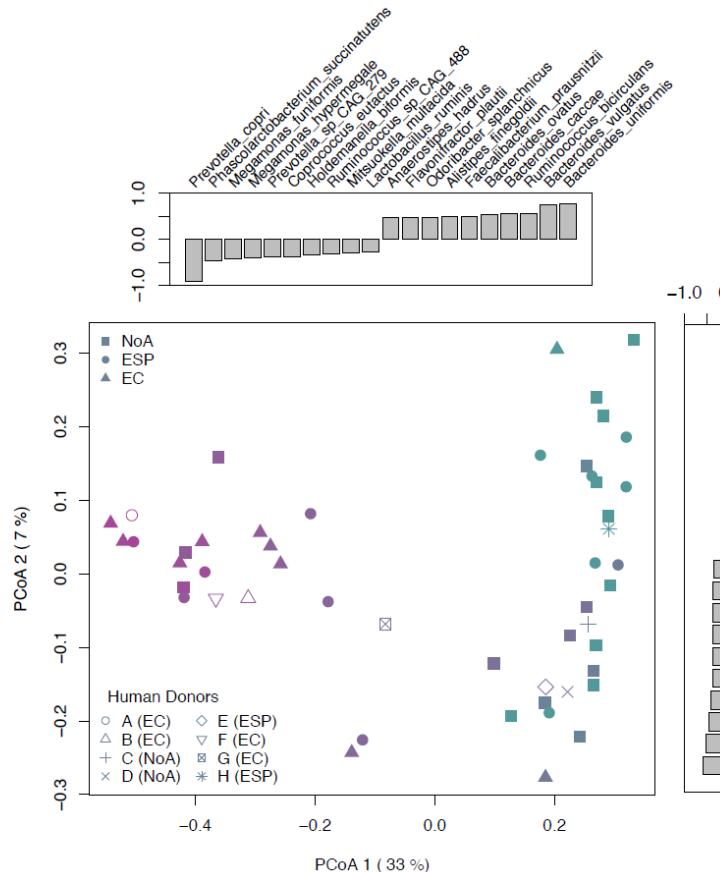


DEUX POPULATIONS SE DISTINGUENT DANS L'ETUDE

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

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

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

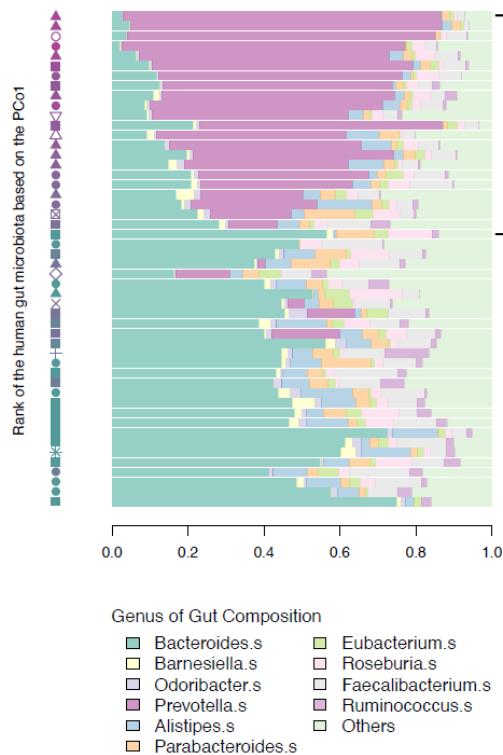


ETUDE CLINIQUE EXOMIC

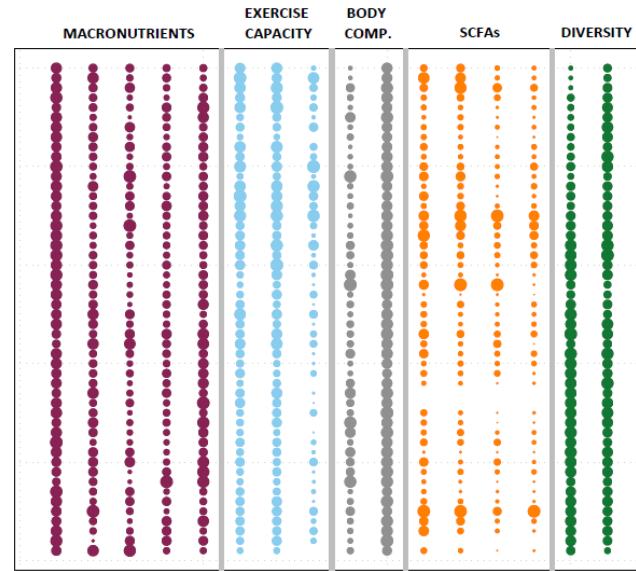
- DESCRIPTION
- MICROBIOTE ET PERF.
- MICROBIOTE ET ALIM.
- MICROBIOTE ET SPORT

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

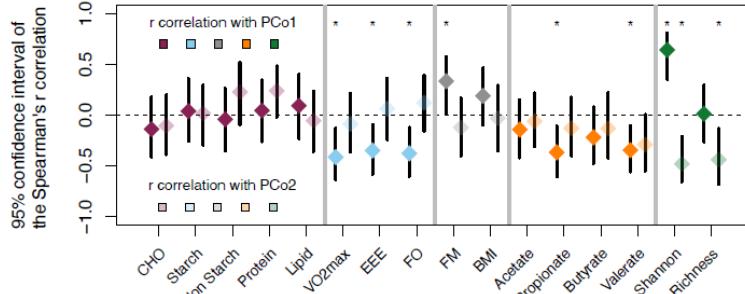
E



F



G



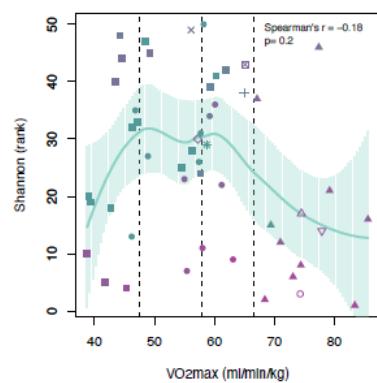
L'ALIMENTATION NE
PARTICIPE PAS A
EXPLIQUER CES
DIFFÉRENCES

ETUDE CLINIQUE EXOMIC

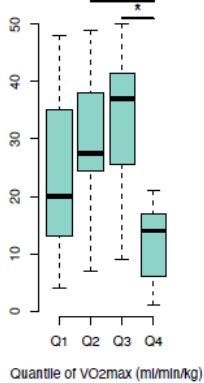
- DESCRIPTION
- MICROBIOTE ET PERF.
- MICROBIOTE ET ALIM.
- MICROBIOTE ET SPORT

MAIS CES ATHLETES PRODUISENT AUTANT D'ACIDES GRAS A CHAINE COURTE MALGRE CET APPAUVRISSEMENT DE L'ECOSYSTEME BACTERIEN

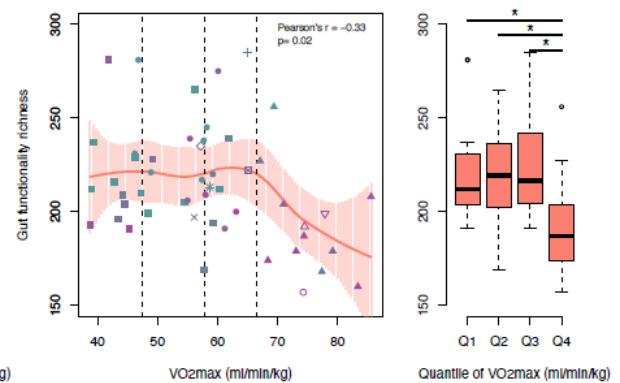
A α -diversity



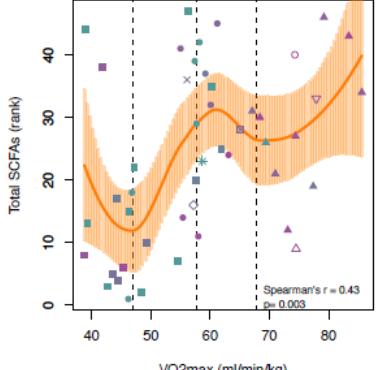
B Bacterial Density



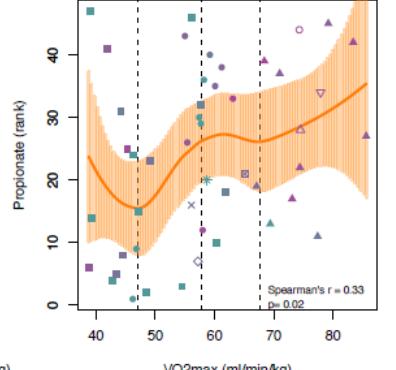
C Functional Richness



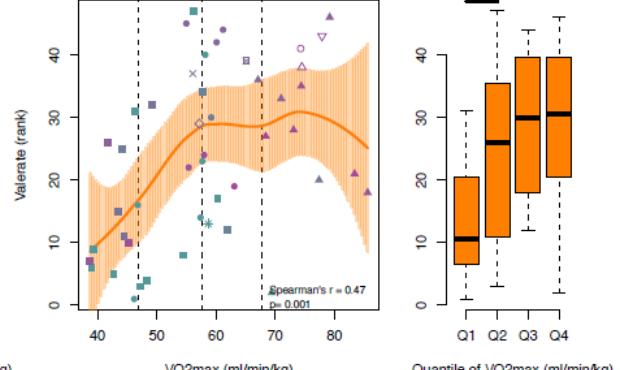
D Total SCFAs



E Propionate



F Valerate

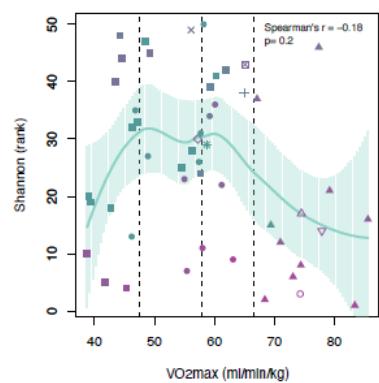


ETUDE CLINIQUE EXOMIC

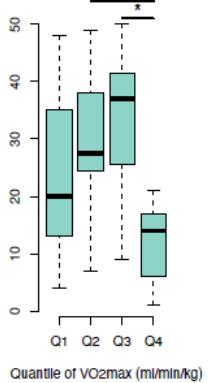
- DESCRIPTION
- MICROBIOTE ET PERF.
- MICROBIOTE ET ALIM.
- MICROBIOTE ET SPORT

LA RICHESSE, LA DIVERSITE ET LA FONCTIONNALITE BACTERIENNE SONT SIGNIFICATIVEMENT REDUITES CHEZ LES ATHLETES LES PLUS ENERGIVORES A L'EXERCICE

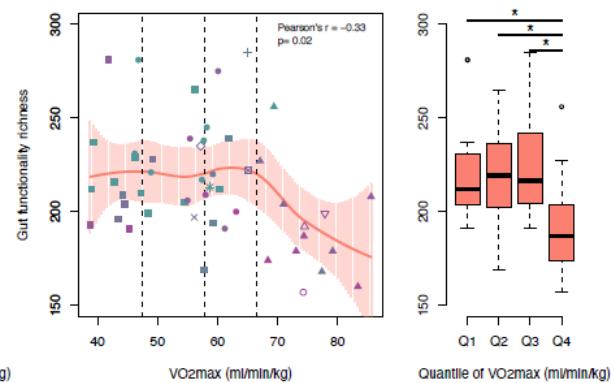
A α -diversity



B Bacterial Density



C Functional Richness



ETUDE CLINIQUE EXOMIC

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

Les résultats de cette étude clinique soulignent pour la première fois que lorsque l'alimentation et la composition corporelle sont contrôlées :



La diversité et la densité bactérienne ne sont que très modérément modifiées chez des individus présentant des capacités d'exercice importantes, mais pas extrêmes



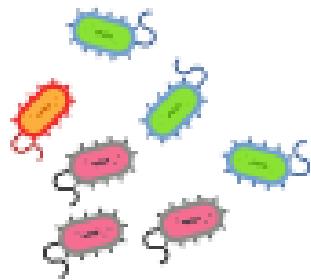
Les sportifs de haut niveau pratiquant un sport extrêmement énergivore (i.e. cyclistes) possèderaient une diversité bactérienne inférieure à des sujets non-entraînés et un écosystème dominé par le genre *Prevotella*



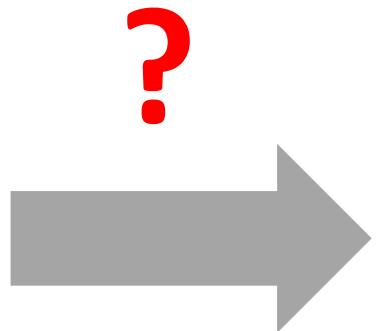
En dépit de cet appauvrissement de l'écosystème bactérien, ces athlètes produisent une quantité importante d'acides gras à chaîne courte

CET ECOYSTEME ATYPIQUE A-T-IL UN IMPACT SUR LA PERFORMANCE ET LE METABOLISME DE L'HOTE ?

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

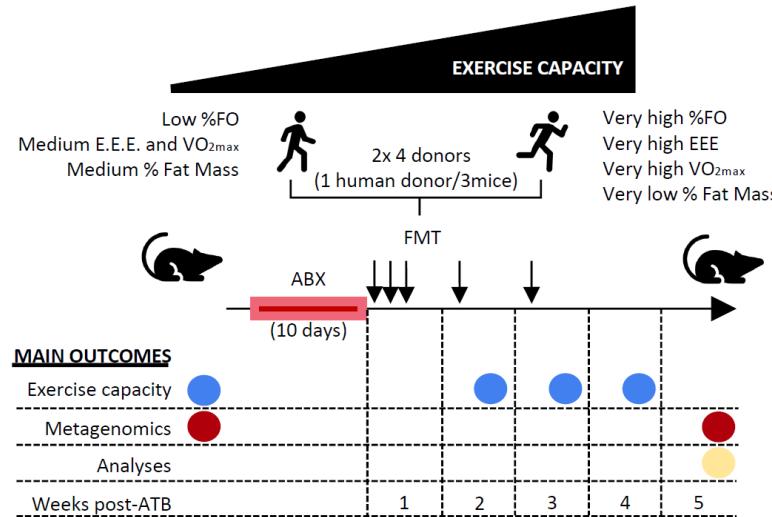


Bactéries de notre
écosystème
intestinal



TRANSPLANTATION FÉCALE CHEZ LA SOURIS

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



Caractéristiques des donneurs

| Group | ID | Age range (years) | Weight (kg) | Height (m) | BMI (kg/m ²) | $\dot{V}\text{O}_{2\text{max}}$ (ml/min/kg) | Fat ox. (kcal/min) | CHO ox. (kcal/min) | WEE (MET.min) | Fat mass (%) |
|-------|----|-------------------|-------------|------------|--------------------------|---|--------------------|--------------------|---------------|--------------|
| EC | A | 21-25 | 79.0 | 1.83 | 23.5 | 74.3 | 8.23 | 8.62 | 4408 | 14.7 |
| EC | B | 18-20 | 61.1 | 1.72 | 20.0 | 74.5 | 12.30 | 3.69 | 3840 | 9.2 |
| NoA | C | 26-30 | 67.0 | 1.76 | 21.6 | 65.0 | 0.63 | 11.50 | 2040 | 13.0 |
| NoA | D | 20-25 | 77.9 | 1.85 | 22.8 | 56.1 | 1.86 | 10.30 | 3240 | 15.8 |
| ESP | E | 18-20 | 71.0 | 1.73 | 23.7 | 57.2 | 1.39 | 9.51 | 3600 | 12.0 |
| EC | F | 20-25 | 68.0 | 1.75 | 22.2 | 77.9 | 11.60 | 2.62 | 5120 | 8.0 |
| EC | G | 26-30 | 79.9 | 1.86 | 23.1 | 65.1 | 9.45 | 8.68 | 4800 | 8.8 |
| ESP | H | 18-20 | 70.2 | 1.70 | 24.3 | 58.7 | 2.01 | 12.20 | 9200 | 10.6 |

TRANSPLANTATION FÉCALE CHEZ LA SOURIS

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



| Anthropometric and metabolic characteristics | CTL (n = 12) | FMT (n = 24) | NoA (n = 6) | ESP (n = 6) | EC (n = 12) |
|--|---------------|------------------|---------------|--------------------------|---------------------------|
| Weight (g) | 28.0 ± 1.2 | 27.5 ± 1.2 | 27.2 ± 1.5 | 27.6 ± 0.8 | 27.5 ± 1.2 |
| Food intake (g/g of weight/day) | 0.160 ± 0.009 | 0.150 ± 0.011 ** | 0.143 ± 0.006 | 0.149 ± 0.004 | 0.155 ± 0.01 ^a |
| Fat mass (mg/g) | 13.8 ± 3.0 | 15.6 ± 3.6 | 19.6 ± 1.2 | 13.7 ± 1.8 ^a | 14.6 ± 3.6 ^a |
| Running exercise capacity (min) | 171 ± 40 | 162 ± 42 | 145 ± 48 | 155 ± 40 | 174 ± 38 |
| Muscle glycogen content (mg/g) | 52.8 ± 24.0 | 54.8 ± 16.3 | 38.8 ± 9.3 | 63.5 ± 12.8 ^a | 58.6 ± 15.8 ^a |
| Serum insulin (ng/ml) | 0.53 ± 0.29 | 0.47 ± 0.18 | 0.55 ± 0.12 | 0.33 ± 0.11 ^a | 0.50 ± 0.21 |
| Glycemia (mg/dl) | 162 ± 18 | 150 ± 24 | 179 ± 17 | 140 ± 16 ^a | 140 ± 18 ^a |
| HOMA-IR score | 5.40 ± 3.5 | 4.43 ± 2.1 | 6 ± 1.4 | 2.8 ± 1.1 ^a | 4.4 ± 2.3 ^a |

Les donneurs les plus énergivores impactent positivement le métabolisme énergétique des souris transplantées

Mais sans impact sur la capacité d'exercice des souris

ETUDE CLINIQUE EXOMIC

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

Les résultats de cette étude clinique soulignent pour la première fois que lorsque l'alimentation et la composition corporelle sont contrôlées :



La diversité et la densité bactérienne ne sont que très modérément modifiées chez les individus présentant des capacités d'exercice importantes, mais pas extrêmes



Les sportifs de haut niveau pratiquant un sport extrêmement énergivore (i.e. cyclistes) possèderaient une diversité bactérienne inférieure à des sujets non-entraînés et un écosystème dominé par le genre *Prevotella*



En dépit de cet appauvrissement de l'écosystème bactérien, ces athlètes produisent une quantité importante d'acides gras à chaîne courte



Cet écosystème bactérien atypique modifie positivement le métabolisme énergétique de souris transplantées, mais n'est pas suffisant seul pour améliorer la capacité d'exercice

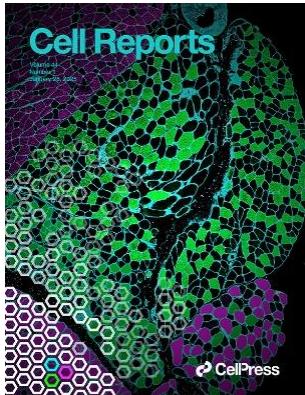


Les espèces dominantes dans un écosystème sont elles toujours impactantes métaboliquement ou peuvent elles être « des arbres qui cachent la forêt » ?

ETUDE CLINIQUE EXOMIC

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

POUR ALLER PLUS LOIN

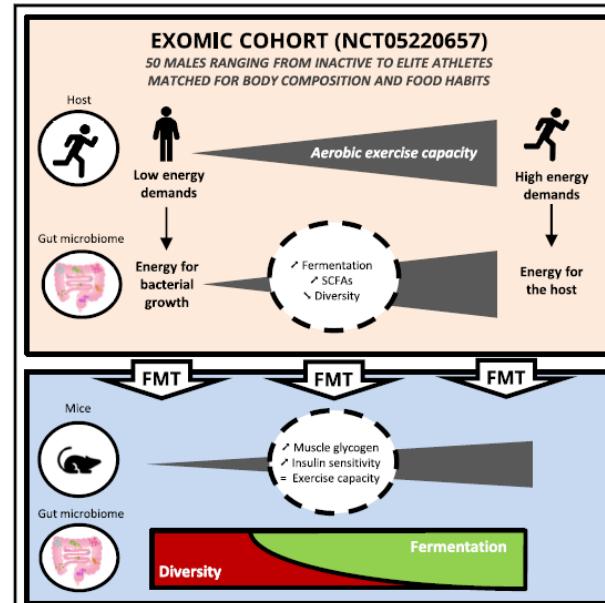


Cell Reports

Report

Atypical gut microbial ecosystem from athletes with very high aerobic exercise capacity improves insulin sensitivity and muscle glycogen store in mice

Graphical abstract



Authors

David Martin, Mathis Bonneau, Luz Orfila, ..., Anne Cuzol, Valérie Monbet, Frédéric Derbré

Correspondence

valerie.monbet@univ-rennes.fr (V.M.),
frédéric.derbre@univ-rennes2.fr (F.D.)

In brief

Martin et al. demonstrate that the gut bacterial ecosystem of highly trained athletes is atypical, characterized by reduced bacterial diversity, density, and functional richness but higher levels of fecal SCFAs. When transplanted into mice, this microbiota improves insulin sensitivity and increases muscle glycogen stores, suggesting a potential metabolic advantage.

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



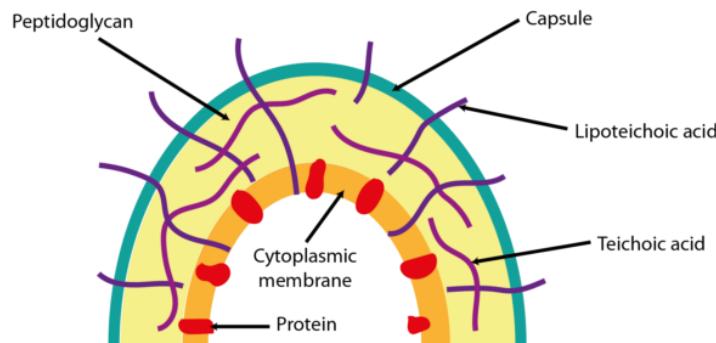
QU'EN EST IL SI LA CHARGE D'ENTRAINEMENT EST TROP IMPORTANTE ?

MICROBIOTE ET ENTRAINEMENT

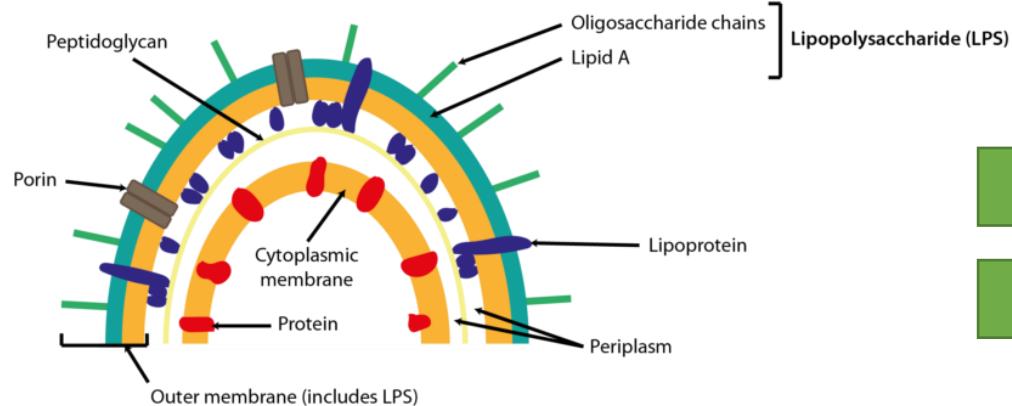
- DESCRIPTION
- MICROBIOTE ET PERF.
- MICROBIOTE ET ALIM.
- MICROBIOTE ET SPORT

CONCEPT D'ENDOTOXEMIE

GRAM-POSITIVE BACTERIUM



GRAM-NEGATIVE BACTERIUM



PHyla

FIRMICUTES

ACTINOBACTERIA

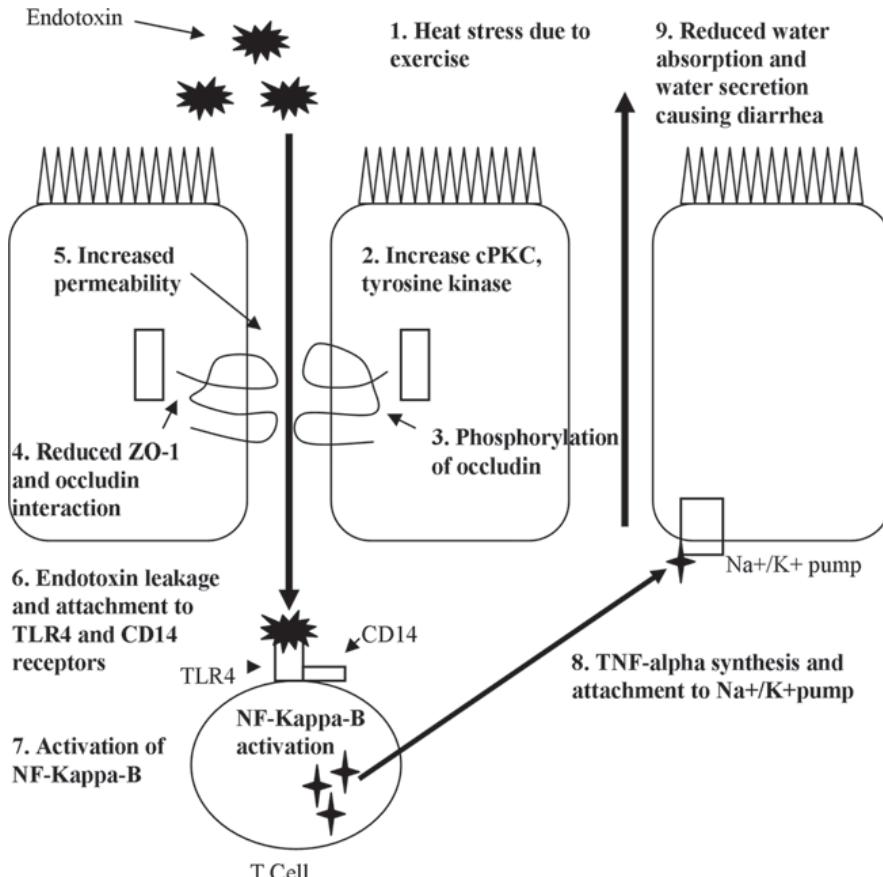
BACTEROIDETES

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

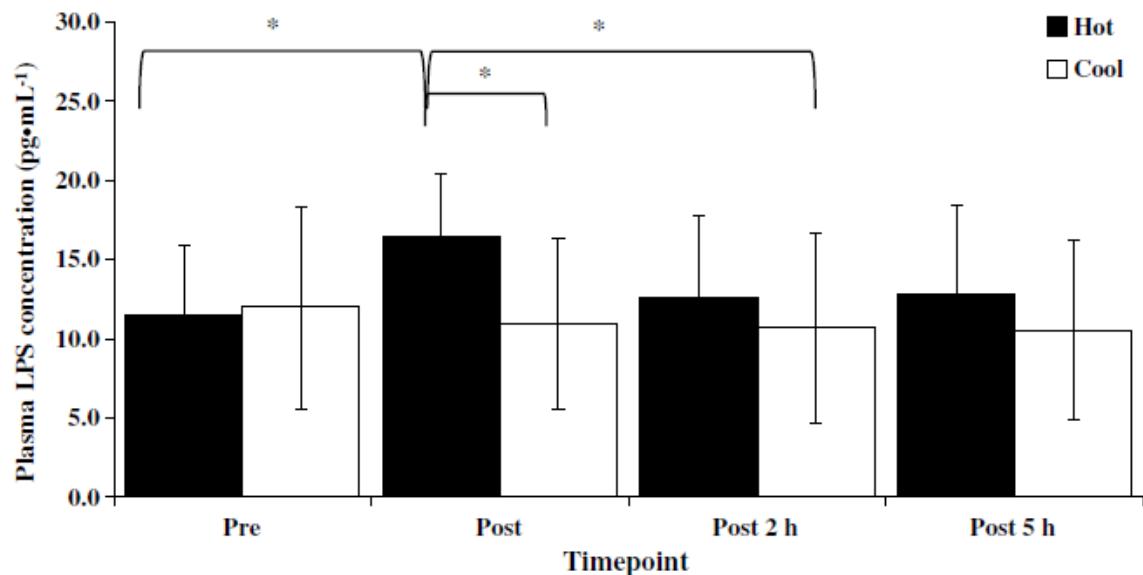
L'EXERCICE PROLONGÉ INDUIT UNE ENDOTOXEMIE MODÉRÉE



60 min à 70% VO₂max

22°C

33°C



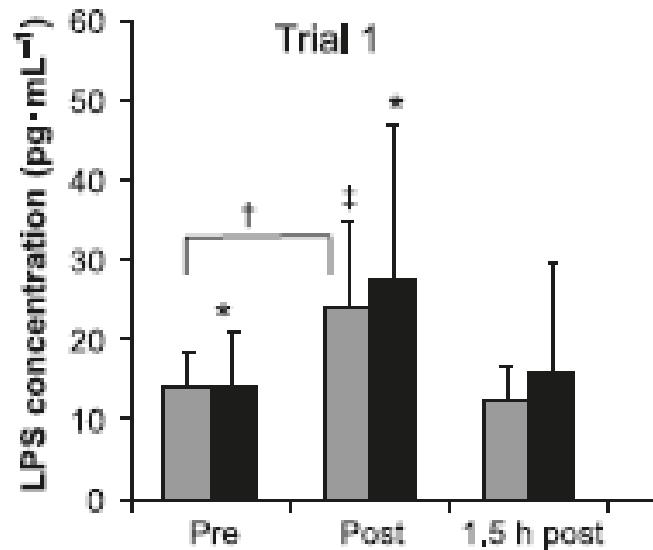
MICROBIOTE ET ENTRAINEMENT

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

L'EXERCICE PROLONGE INDUIT UNE ENDOTOXEMIE MODEREE



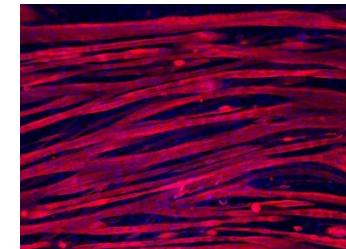
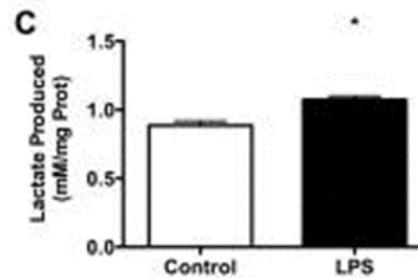
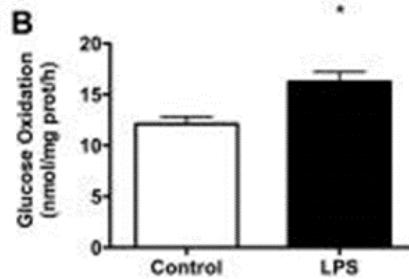
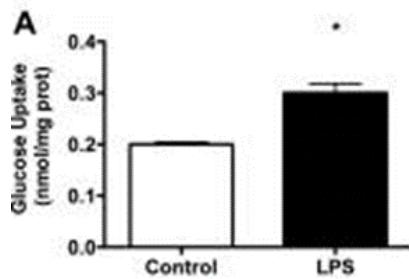
70% VO₂max jusqu'à ce que la T° corporelle dépasse 39,5°C



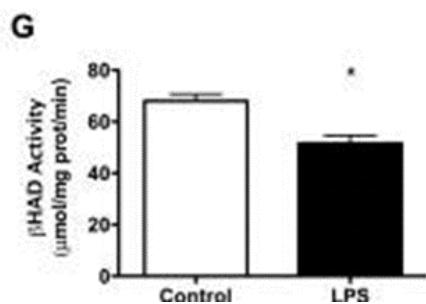
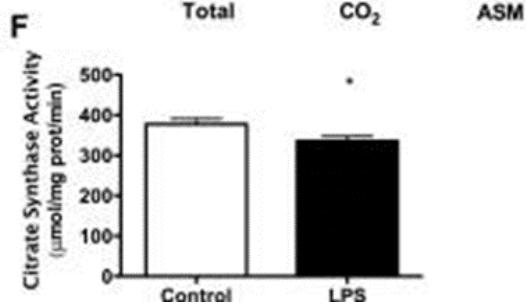
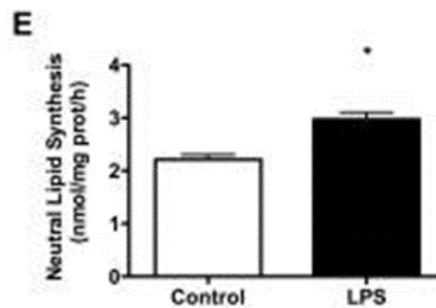
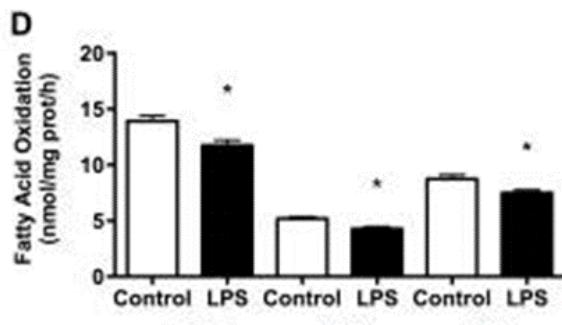
MICROBIOTE ET ENTRAINEMENT

- 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^{1,2†}, Corinne F. Maurice¹, Rachel N. Carmody¹, David B. Gootenberg¹, Julie E. Button¹, Benjamin E. Wolfe¹, Alisha V. Ling³, A. Sloan Devlin⁴, Yug Varma⁴, Michael A. Fischbach⁴, Sudha B. Biddinger³, Rachel J. Dutton¹ & Peter J. Turnbaugh¹

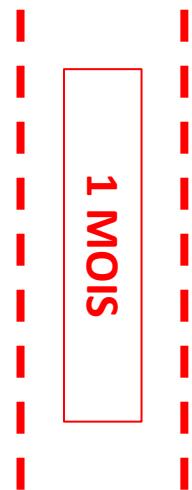
nature
International weekly journal of science



10 sujets



5 jours régime végétarien



RANDOMISATION



5 jours régime carné et produits laitiers

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 |
| | | Jasmine rice |
| | | Fresh onions |
| | | Fresh tomato |
| | | Fresh butternut squash |
| | | Fresh garlic |
| | | Frozen peas |
| | | Steamed lentils |
| | | Chili powder |
| | | Cumin |
| | | Coriander seed |
| | | Vegetable oil |
| | | Salt |
| | | Jasmine rice |
| | | Fresh cauliflower |
| | | Fresh carrots |
| | | Fresh onions |
| | Dinner | Fresh green chile |
| Animal-based diet | | 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

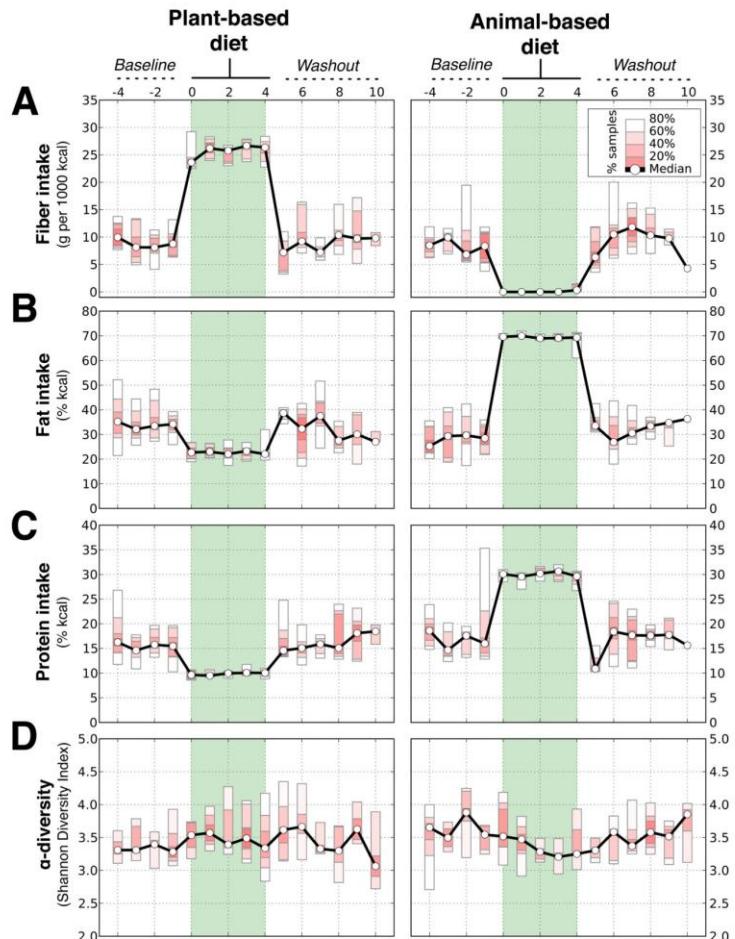
| | |
|----------------|-------------------------|
| Breakfast | Cooked bacon |
| | Scrambled eggs |
| | Brewed coffee |
| | Half & half cream |
| Lunch | Pork spare ribs |
| | Beef brisket |
| Dinner meats | Salami |
| | Prosciutto |
| Dinner cheeses | Blue |
| | Cheddar |
| | Caerphilly |
| | Camembert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

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

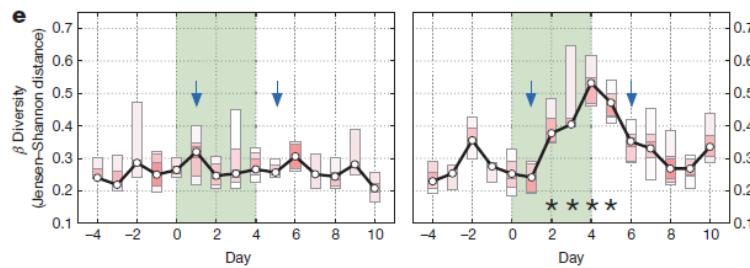
- DESCRIPTION
- MICROBIOTE ET PERF.
- MICROBIOTE ET ALIM.
- MICROBIOTE ET SPORT

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 |

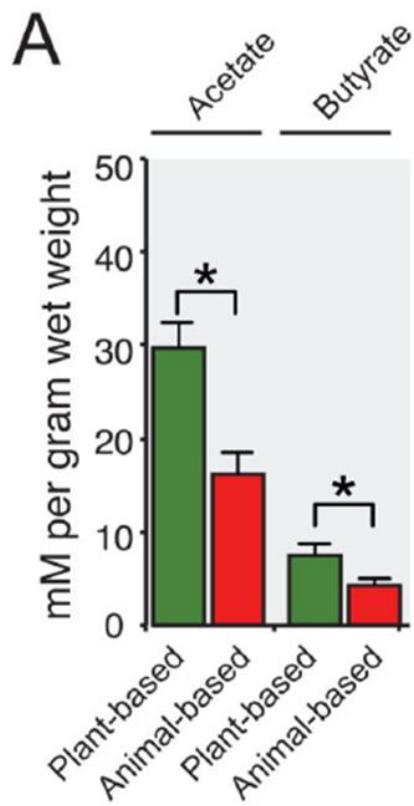
PAS DE MODIFICATIONS DE ALPHA-DIVERSITE DANS LES 2 REGIMES

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

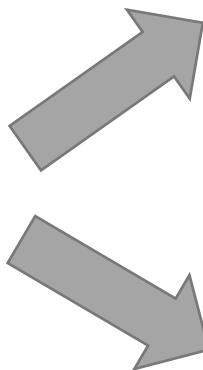
Article

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

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



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 <i>t</i> = 0 | CHO vs. PRO <i>t</i> = 10 Weeks |
|-----------------------------|----------------|---------------------|----------|----------------|---------------------|----------|-----------------------------|------------------------------------|
| | <i>t</i> = 0 | <i>t</i> = 10 Weeks | <i>p</i> | <i>t</i> = 0 | <i>t</i> = 10 Weeks | <i>p</i> | <i>p</i> | <i>p</i> |
| 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 |

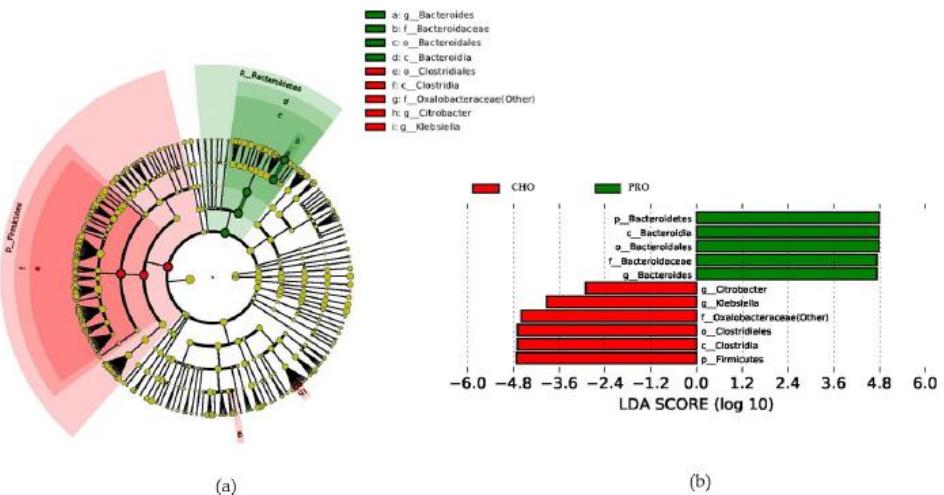
t = 0: initial time; *t* = 10 weeks: after 10 weeks of supplement consumption; bw: body weight. CHO: maltodextrin group; PRO: protein group. Values are means ± standard deviation.

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'AFFECTE 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 Coqueiro¹, Amanda Beatriz de Oliveira Garcia¹,
Marcelo Macedo Rogero² and Julio Tirapegui¹

MANQUE D'ETUDES
POUR CONCLURE SUR
LES BENEFICES

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.

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,¹ ✉ Anton J. M. Wagenmakers,¹ Dominic A. Doran,¹ Simon C. Fleming,²
Barbara A. Fielding,³ James P. Morton,¹ and Graeme L. Close¹

¹Research Institute for Sport and Exercise Sciences, Liverpool John Moores University, Liverpool, United Kingdom; ²Royal Cornwall Hospital, Truro, United Kingdom; and ³Department 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

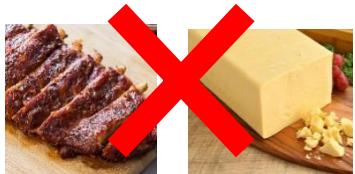


Galactose

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