UMONS
Université de Mons

MELISSA

# Et pourquoi pas des bactéries…..des déchets ménagés vers une alimentation riche et équilibrée

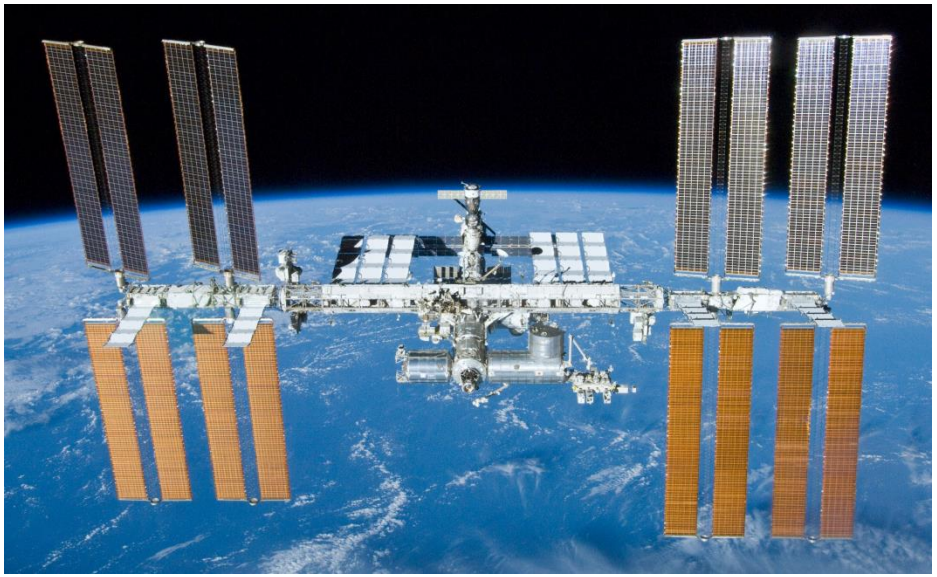
JSPH, Mai 2015

esa

UMONS
Université de Mons

# La nourriture du futur peut émerger de la recherche Spatiale !!

MELISSA



esa

UMONS
Université de Mons

MELISSA

# ➢ Les besoins métaboliques de l'homme

L'oxygène: 1 Kg/personne/jour

L'eau : 3 Kg/personne/jour

La nourriture: 1 Kg/personne/jour

L'eau d'hygiène: 10-15 Kg/personne/jour

**Poids total : 20 Kg/personne/jour!**

**Equipage de 6 personnes : 120Kg/jour**

esa

UMONS
Université de Mons

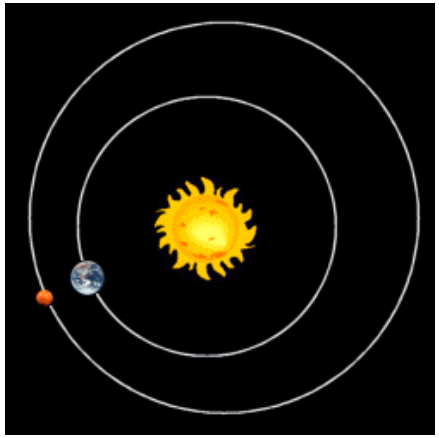
# L'homme sur Mars?

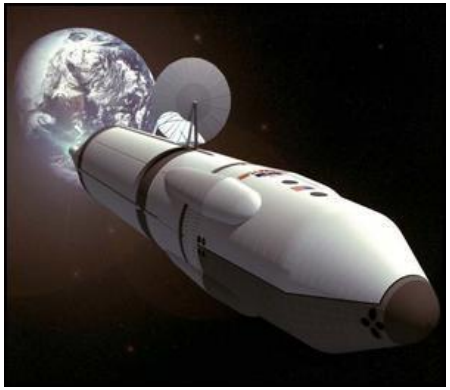
## Une équation a plus de 2 milliards d'Euros

MELISSA

## ➢ Le voyage?

- 55 000 000 à 400 000 000 Km
- Durée du voyage :7.5 mois!!
- Temps d'exploration





Durée minimale: 500 jours!
Durée raisonnable: 1000 jours!

**Poids eau de boisson, $O_2$ et nourriture: 30 tonnes!**

esa

# L'homme sur Mars?

- **Le poids: limitation technique!**
  - Meilleur lanceur actuel dépose 16 tonnes sur la lune
  - Vol Terre-Mars maximum 14 tonnes
- **Le poids: limitation financière!**
  - Coût de lancement entre 10 000 et 30 000 euros/kg

**> 2 000 000 000 d'euros pour le lancement!**

# Life Support Systems

- Utilisés pour recréer un environnement permettant la vie dans l'espace
  - Fonctions :
    - Control de l'atmosphère (humidité, oxygène,…)
    - Control de l'eau (eau potable, eau d'hygiène)
    - Approvisionnement en nourriture
    - Gestion des déchets
  - Contraintes :
    - Faible masse, faible volume, faible consommation
    - Robuste et fiable

# Les solutions

## ➢ Life Support System aujourd'hui et demain

- Piégeage du $CO_2$ (aujourd'hui)
- Production d'$O_2$ (demain)
- Traitement des eaux grises (aujourd'hui -demain)

**Pas de production de nourriture, nécessité de ravitailler!**

# Une solution!

➢ **Life Support System (LSS) avec recyclage de la matière organique**

- Piégeage du $CO_2$, production d'$O_2$, production/traitement de l'eau, production de nourriture à partir des déchets organiques!

→ **Ecosystème**

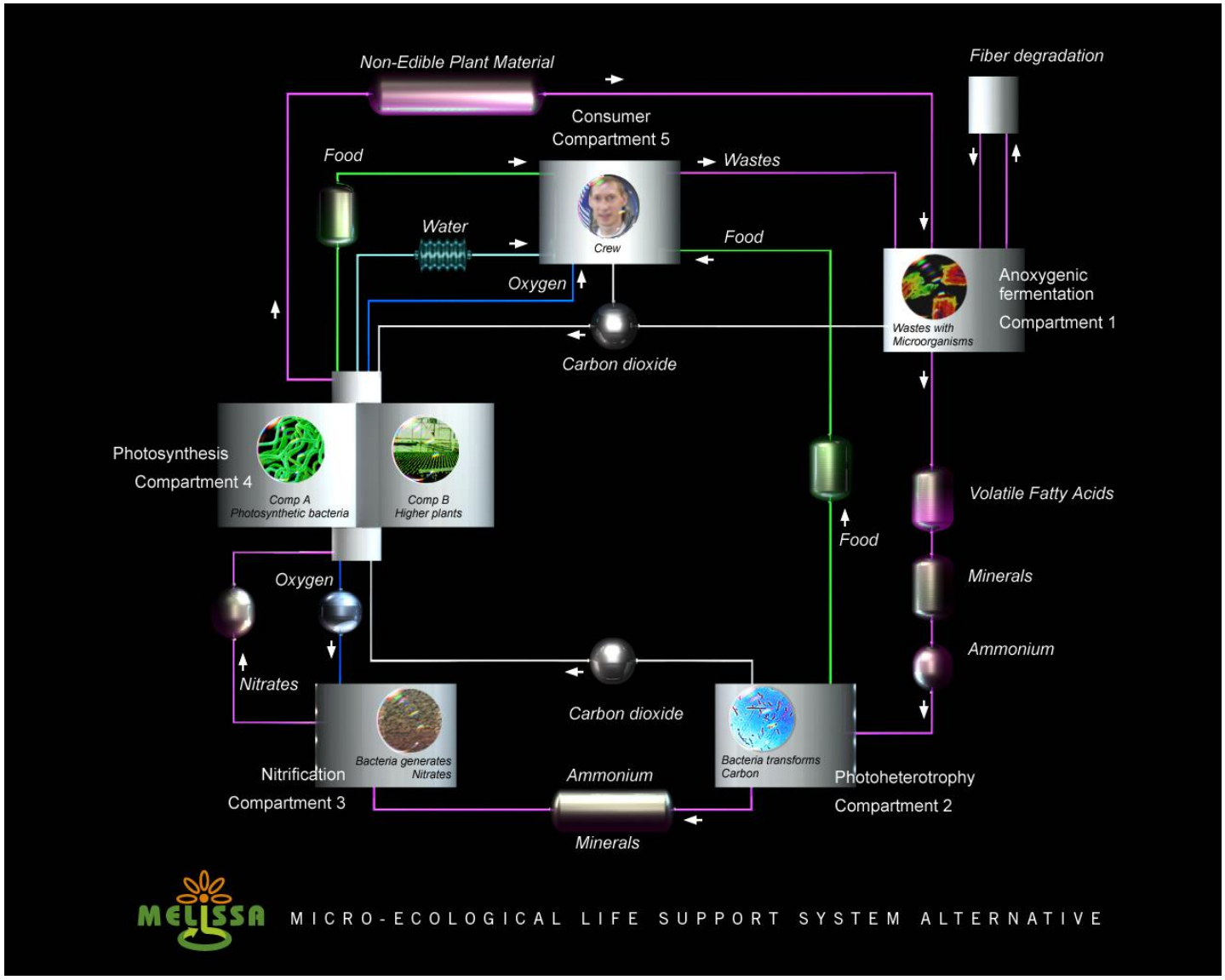
Micro-Ecological Life Support System Alternative

# MELiSSA : le concept

## ➢ L'écosystème lacustre

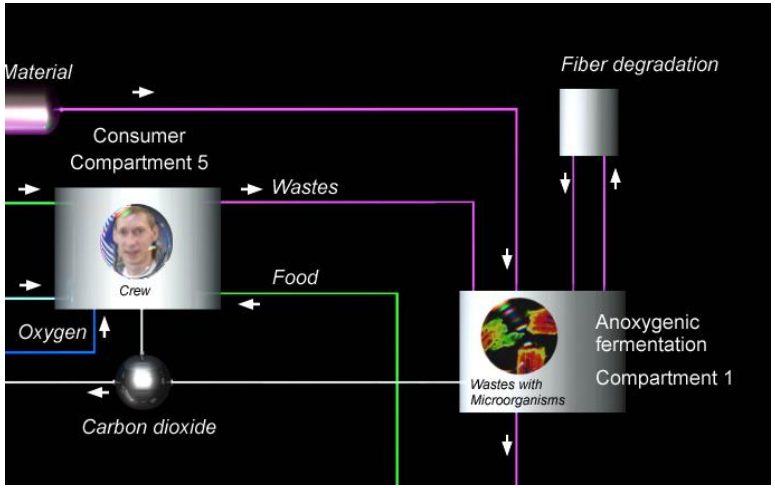
# MELiSSA : le concept

## ➢ L'écosystème artificiel

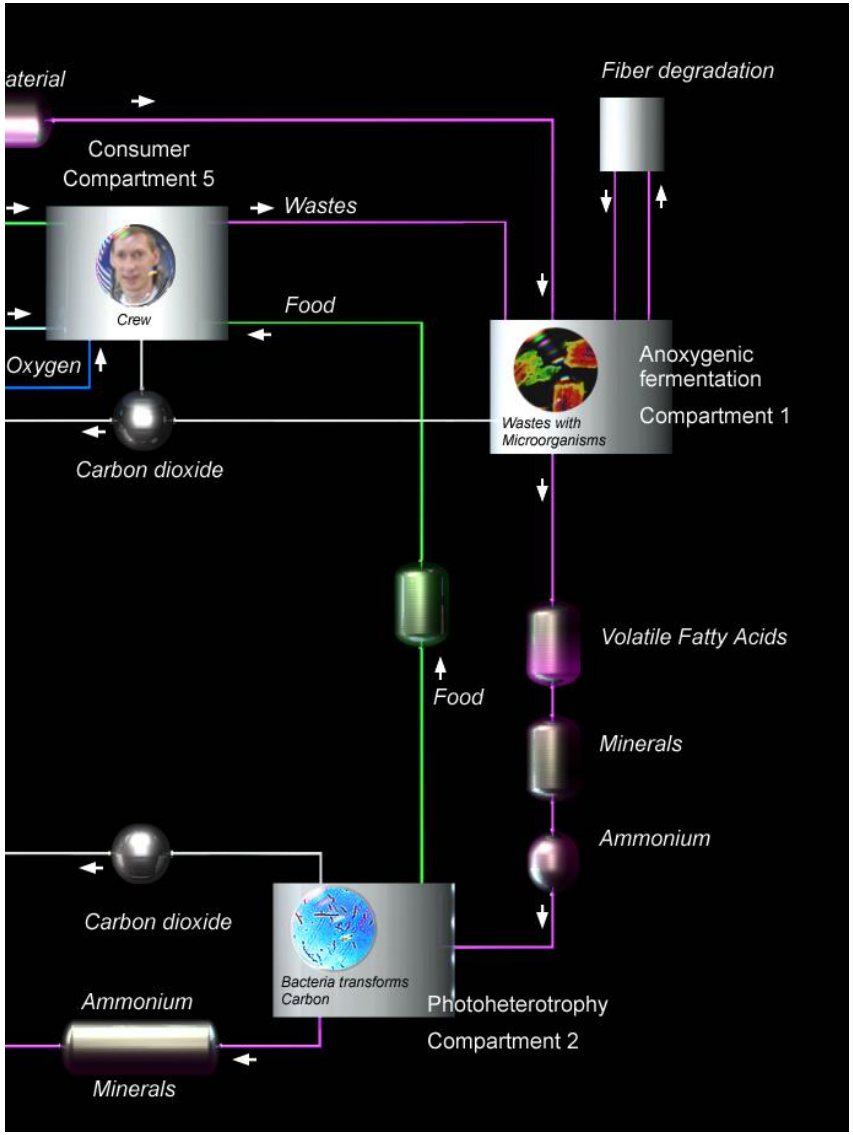


# MELiSSA : le concept

## ➢ Le compartiment 1 : fermentation



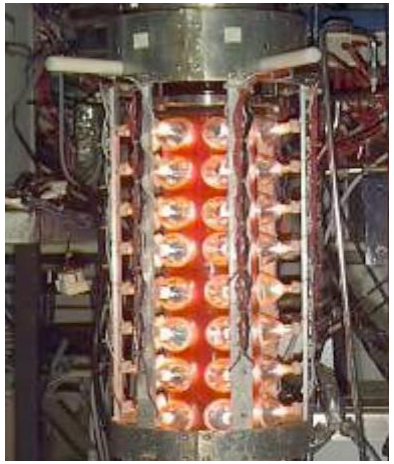

- Consortium de bactéries
- Bactéries thermophiles (élimination des pathogènes)
- Méthanogène inhibée pour des raisons de sécurité!
- Dégradation primaire de la matière organique
- Libération de $CO_2$ et d'acides gras volatils
- Libération d'azote sous forme d'ions ammonium $NH_4^+$

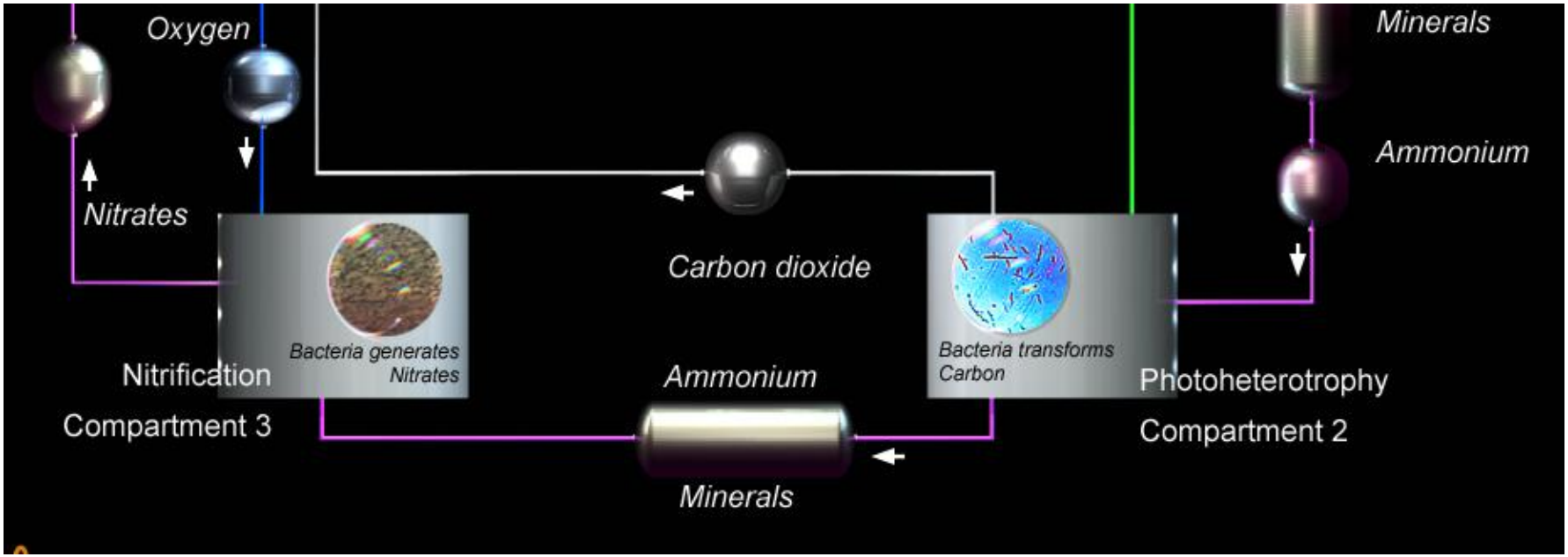

aterial
Fiber degradation
Consumer
Compartment 5
Wastes
Crew
Food
Oxygen
Anoxygenic
fermentation
Compartment 1
Wastes with
Microorganisms
Carbon dioxide
Food
Volatile Fatty Acids
Minerals
Ammonium
Carbon dioxide
Bacteria transforms
Carbon
Photoheterotrophy
Compartment 2
Ammonium
Minerals

# MELiSSA : le concept

## ➢ Le compartiment 2 : Que faire des vfa???

- ✓ **Photohétérotrophie:**
  - ***Rhodospirillum rubrum*, bactérie pourpre non sulfureuse**
  - **Utilisation de l'énergie lumineuse**
  - **Transformation des acides gras volatils en biomasse consommable**




Oxygen
Minerals
Ammonium
Nitrates
Carbon dioxide
Bacteria generates Nitrates
Bacteria transforms Carbon
Nitrification
Compartment 3
Ammonium
Photoheterotrophy
Compartment 2
Minerals

# MELiSSA : le concept

## ➢ Le compartiment 3 : Nitrification

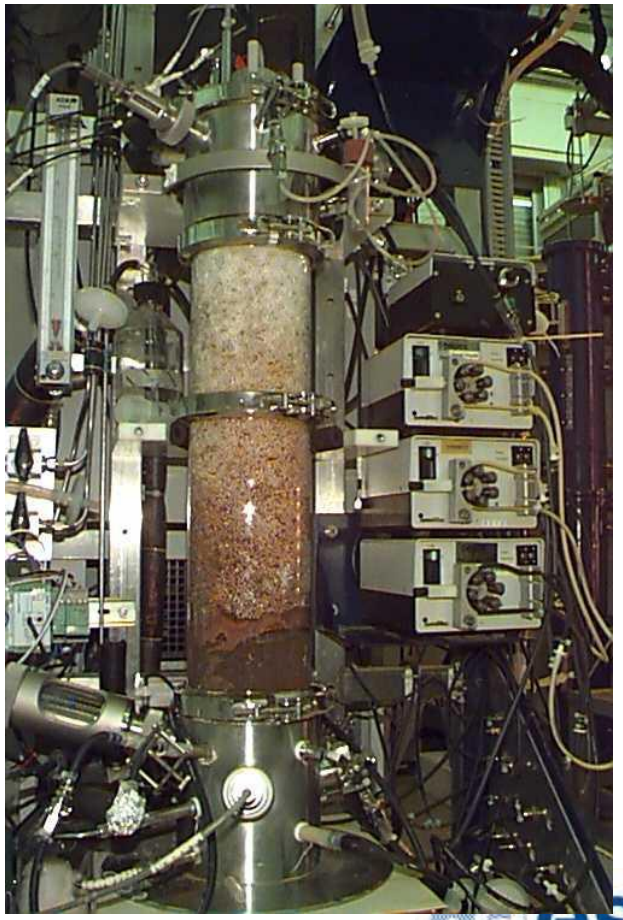
- *Nitrosomonas europaea*

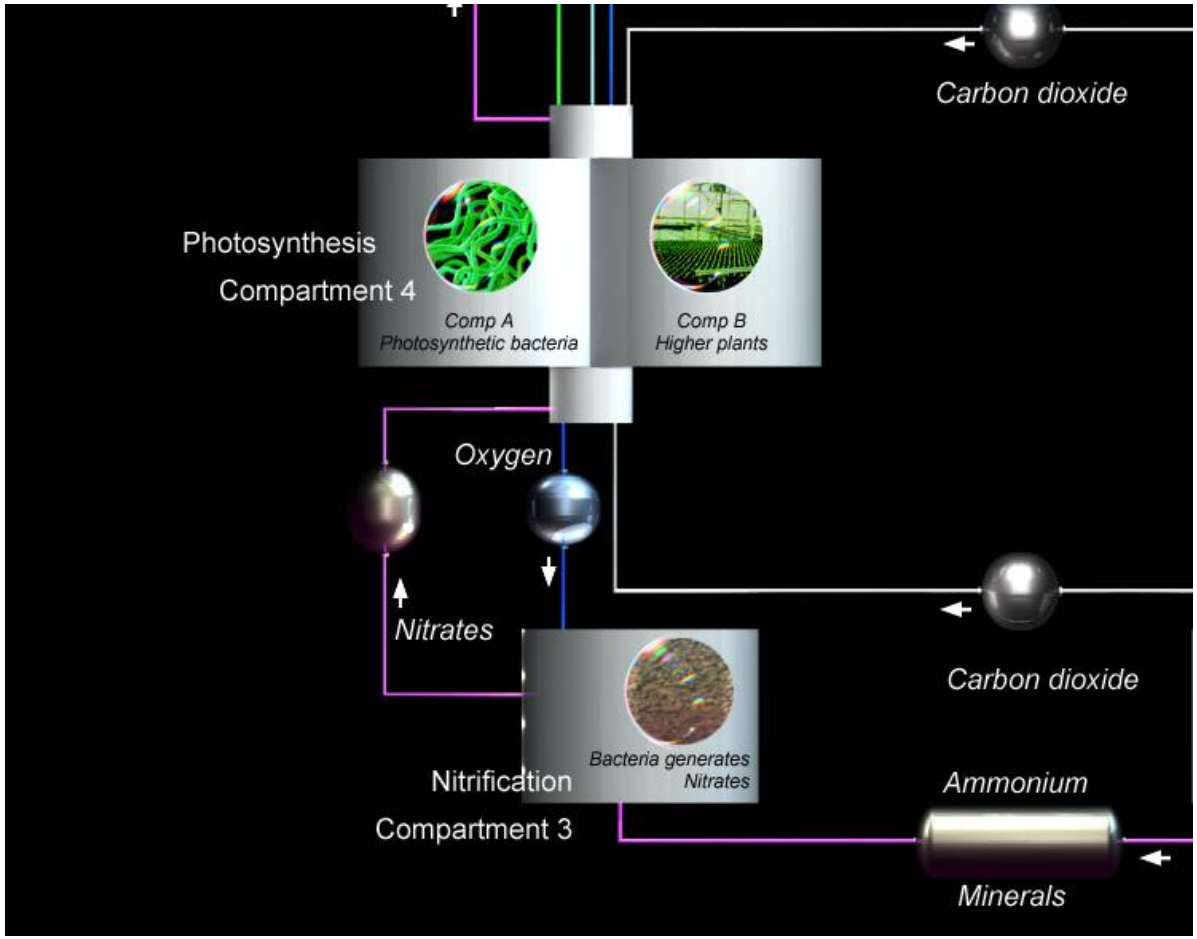
$$NH_4^+ \longrightarrow NO_2^-$$

- *Nitrobacter winogradskyi*

$$NO_2^- \longrightarrow NO_3^-$$

- Consommation d'$O_2$
- Transformation aérobie en lit fixe

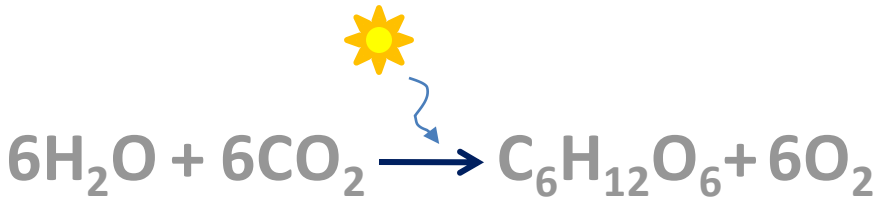



Carbon dioxide
Photosynthesis
Compartment 4
Comp A
Photosynthetic bacteria
Comp B
Higher plants
Oxygen
Nitrates
Carbon dioxide
Bacteria generates
Nitrates
Nitrification
Compartment 3
Ammonium
Minerals

# MELiSSA : le concept

## ➢ Le compartiment 4 : Photo-autotrophie

- Utilisation de l'énergie lumineuse
- Fixation du $CO_2$
- Production d'$O_2$
- Régénération de l'eau
- Production de nourriture!
- Deux sous compartiments a et b



# MELiSSA : le concept

## ➢ Le compartiment 4b : plantes

- Nécessaire à l'équilibre nutritionnel
- Nécessaire à l'équilibre psychologique
- Utilisation d'une surface importante
- Génération de déchets
- Choix très difficile (nombreux critères)!

Laitue, blé, tomate,…

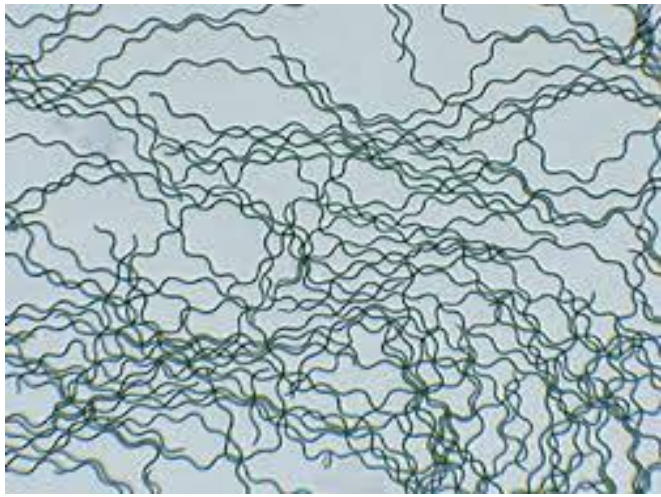
UMONS Université de Mons

# Culture Hydroponique : la solution

MELISSA

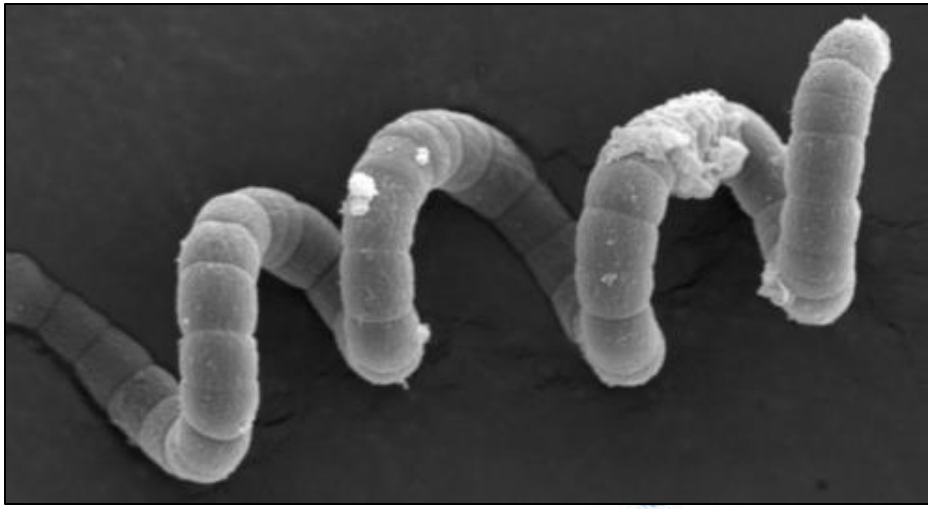
# Les bactéries comme base alimentaire

## ➢ Le compartiment 4a : cyanobactérie

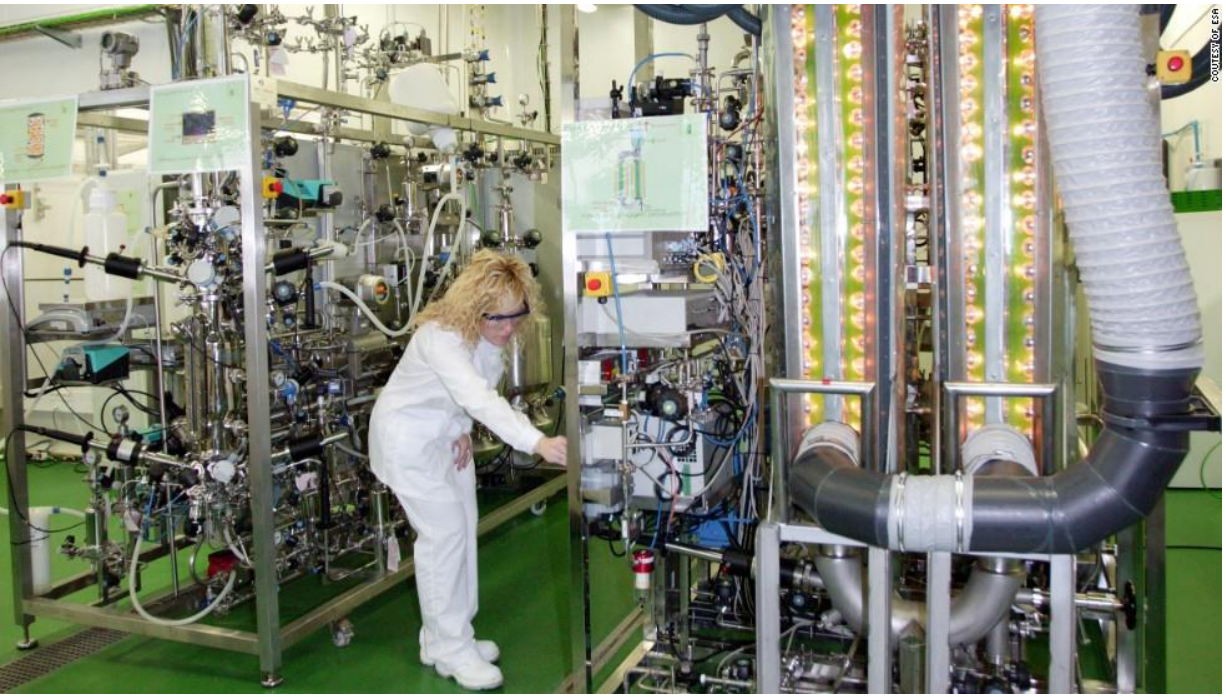


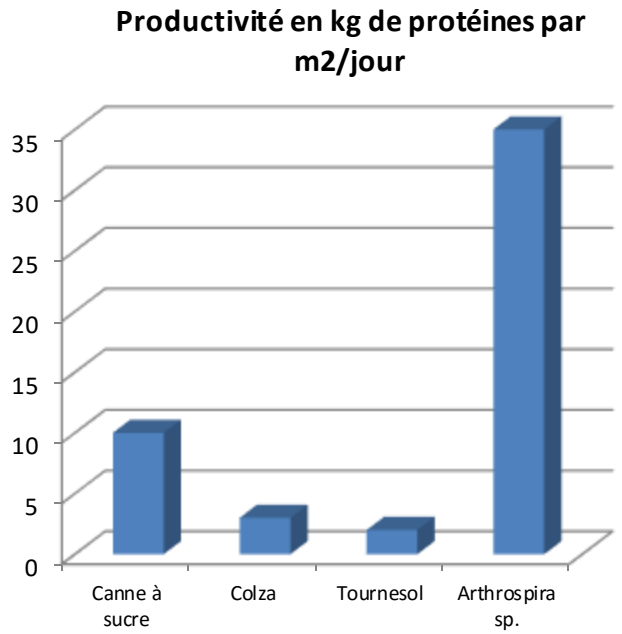
- *Arthrospira platensis* / Spiruline
- Organisme photosynthétique

**Un des plus primitifs organismes apparus sur la terre, (3,5 milliards d'années). Il a très peu évolué**



# Très grande productivité

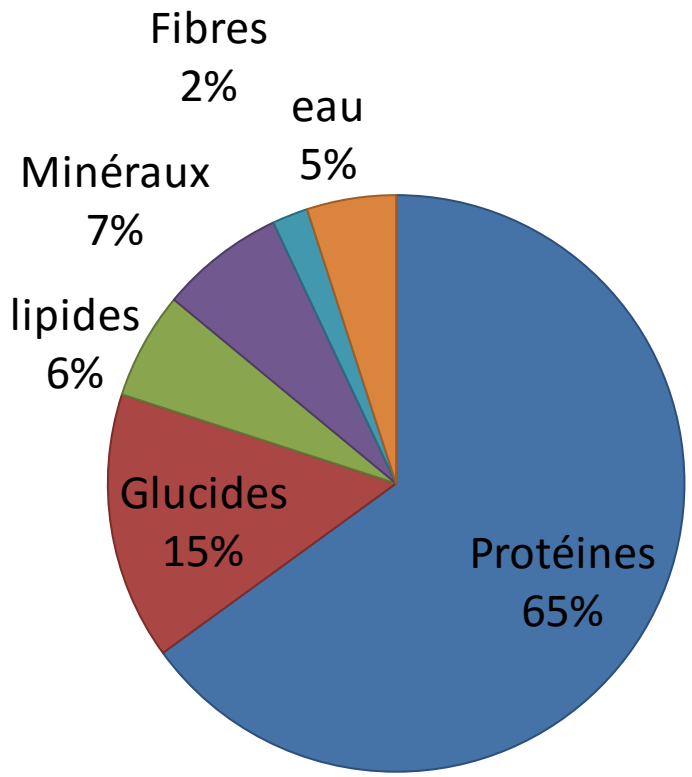




# Carte d'identité nutritionnelle *d'Arthrospira Platensis*

Contenu énergétique : 5000 calories/gr Sec

**Composition en élements nutritionnels**



# Carte d'identité nutritionnelle *d'Arthrospira Platensis*

## ACIDES AMINES

Alanine = 47 g/kg
Arginine = 43 g/kg
Acide aspartique = 61 g/kg
Cystéine = 6 g/kg
Acide glutamique = 91 g/kg
Glycine = 32 g/kg
Histidine = 10 g/kg
Isoleucine = 35 g/kg
Leucine = 54 g/kg
Lysine = 29 g/kg
Méthionine = 14 g/kg
Phénylalanine = 28 g/kg
Proline = 27 g/kg
Sérine =32 g/kg
Thréonine = 32 g/kg
Tryptophane = 9 g/kg
Tyrosine = 30 g/kg
Valine = 40 g/kg

## VITAMINES

Béta-carotène = 1400 mg/kg = 2330 U.I.
E (Tocophérol) = 100 mg/kg
B1 (Thiamine) = 35 mg/kg
B2 (Riboflavine) = 40 mg/kg
B3 ou PP ( Niacine) = 140 mg/kg
B5 (Acide pantothénique) = 1 mg/kg
B8 ou H (Biotine) = 0,05 mg/kg
B12 (Cobalamine) = 3,2 mg/kg (Partiellement assimilable)
Inositol = 640 mg/kg
K (Phylloquinone) = 20 mg/kg

## ACIDES GRAS ESSENTIELS

Acide linoléique = 8 g/kg
Acide gamma-linolénique (AGL ou GLA) = 10 g/kg

# Carte d'identité nutritionnelle *d'Arthrospira Platensis*

## MINERAUX

Chrome = 3 mg/kg
Calcium = 10000 mg/kg… lait 1000-2000 mg/kg
Cuivre = 12 mg/kg
Fer = 1800 mg/kg Chocolat 80mg/kg
Magnésium = 4000 mg/kg
Manganèse = 50 mg/kg
Phosphore = 8000 mg/kg
Potassium = 14000 mg/kg
Sodium = 9000 mg/kg
Zinc = 30 mg/kg

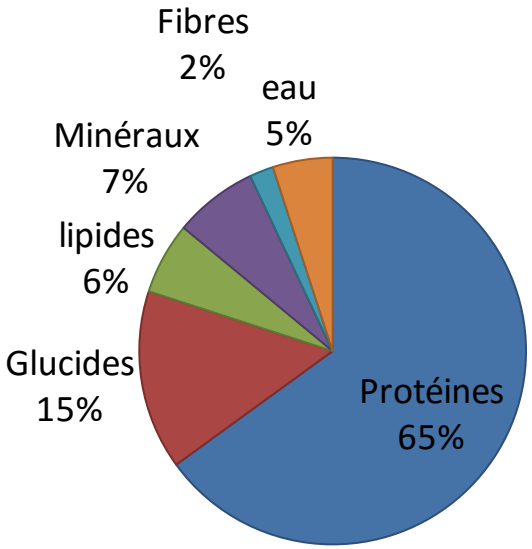
## PIGMENTS

Phycocyanine = 150 g/kg
Chlorophylle a = 11 g/kg
Caroténoïdes = 3,7 g/Kg

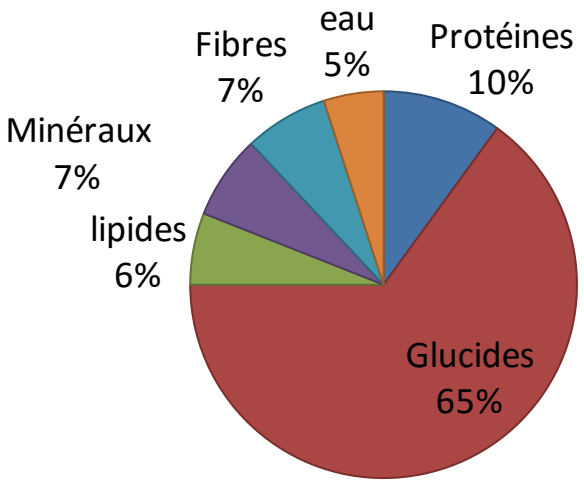
**plus de protéines que la viande de boeuf, plus de fer que les épinards, plus de vitamine A que les carottes et plus de calcium que le lait.**

# Versatilité métabolique

## Nitrate




## - Nitrate



# Complément alimentaire

UMONS
Université de Mons

MELISSA

esa

UMONS
Université de Mons

MELISSA

## ➢ *Arthrospira platensis* et la malnutrition

esa

A spirulina production site in Madurai, southern India. Photograph: Daniel Polman

Les différentes études menées en Afrique et en Asie ont montré que l'adjonction de 5% de Spiruline à une farine de céréales était très bien tolérée par l'enfant et permettait à celui-ci de passer le cap de la période de sevrage, c'est à dire à atteindre en bonne santé l'âge de l'accès aux aliments des adultes.

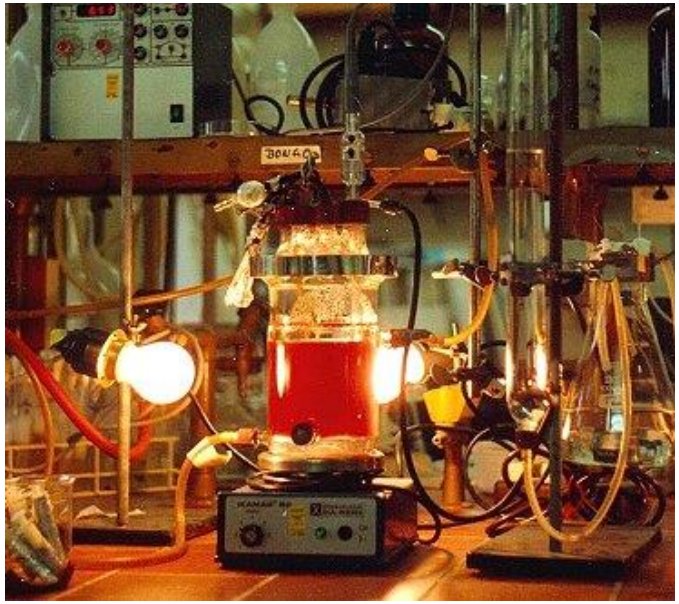
Spirulina Effectiveness Study on Child Malnutrition in Zambia. Kazuya Masuda, Yuta Inoue, Ryo Inoue, Akiko Nakamura,Maureen Chitundu, Junko Murakami, Yumiko Ota andJunichiro Matsugami. 2014., IDS Special Collection September Institute of Development Studies. Published by Institute of Development Studies, Brighton BN1 9RE, UK www.ids.ac.uk

From malnutrition to HIV: spirulina is an effective solution which continues to reveal its secrets . Raphaëlle Birot, Diane de Jouvencel, Laetitia Raginel and Geneviève Rouillé, Field Actions Science Reports [Online], Special Issue 5 | 2012, Online since 12 June 2012, connection on 03 May 2015. URL : http://factsreports.revues.org/1440

UMONS
Université de Mons

# Et encore une bactérie!

MELISSA

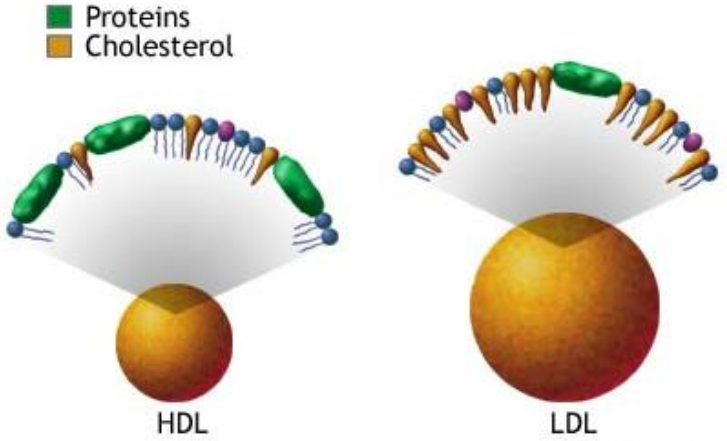


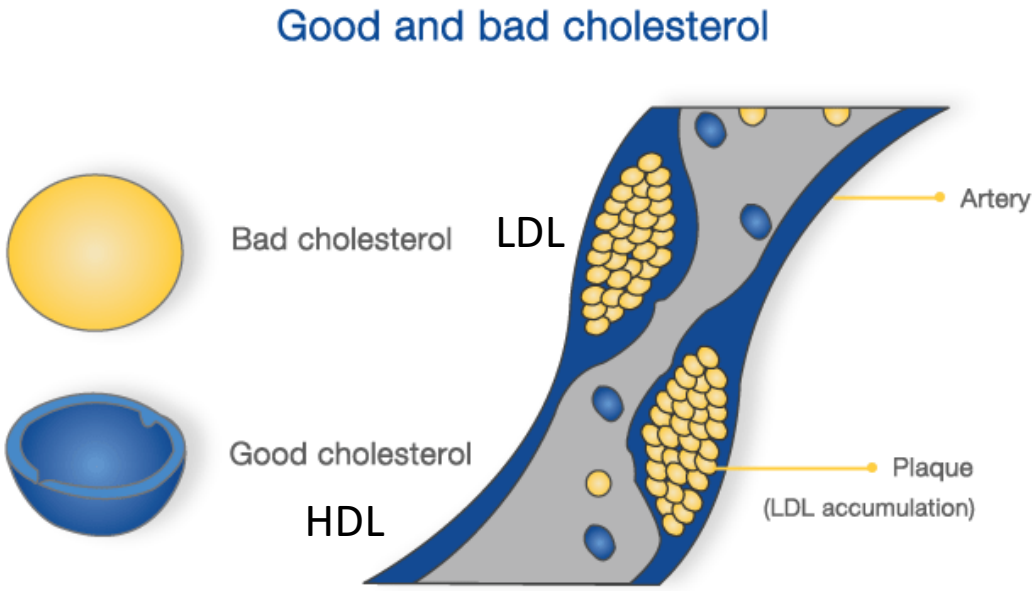
esa

# Et encore une bactérie!

- Effet anti-cholestérole de *Rhodospirillum rubrum*

Lipoproteines

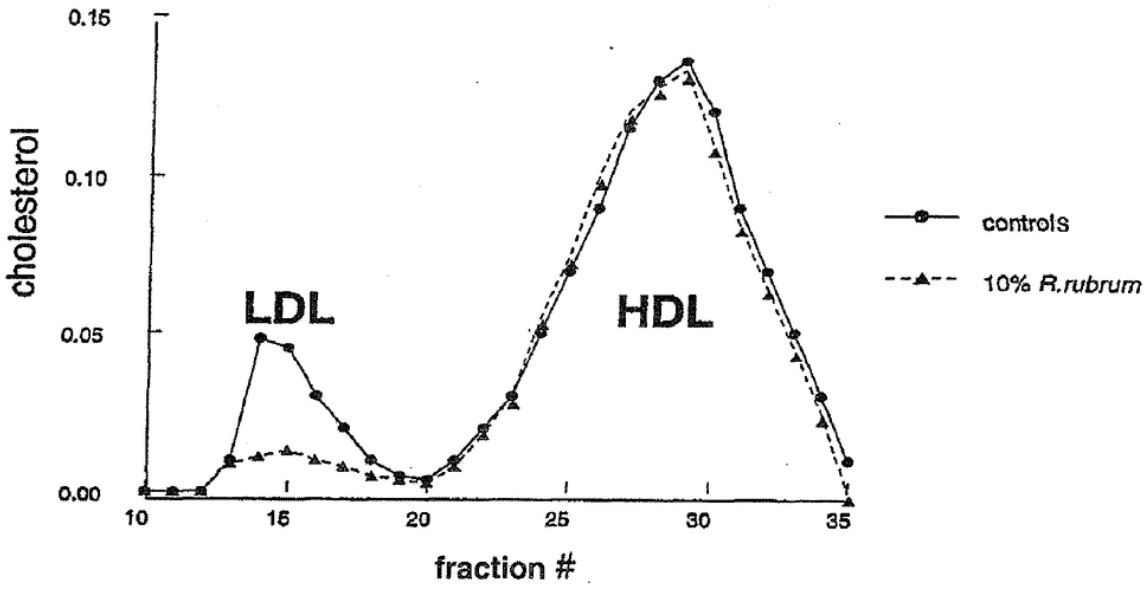


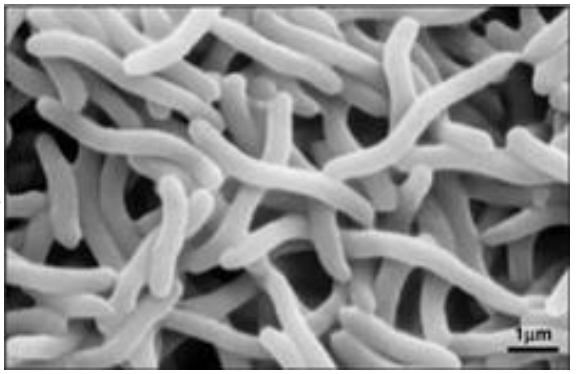




Athérosclérose

# Et encore une bactérie!

- **Effet anti-cholestérol de *Rhodospirillum rubrum***



# MELiSSA : les contraintes

## ➢ Les autres contraintes

- Sécurité
- Stabilité biologique
- Aspects psychologiques

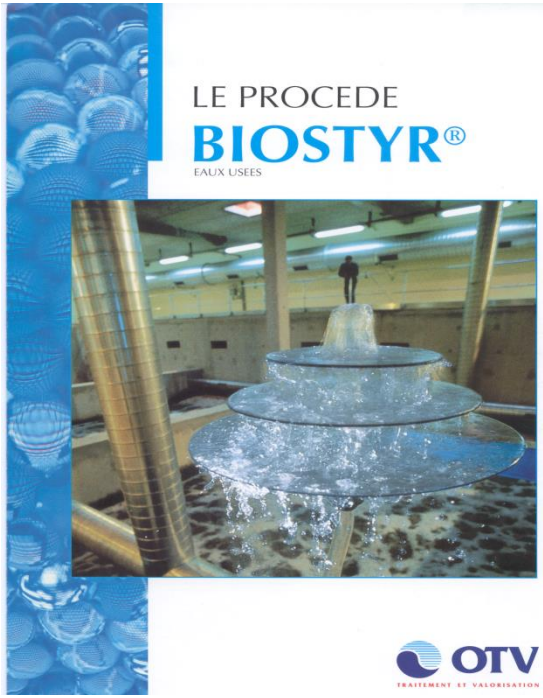
UMONS
Université de Mons

MELISSA

# ➢ Concordia, le traitement des eaux grises en antarctique

esa

➢ **Byostyr®, support de dénitrification d'eau, issu de le recherche sur le C3**




| Town | Flow m3/d | Town | Flow m3/d |
|---|---|---|---|
| Cergy | 40 000 | Roma | 200 000 |
| Nyborg | 13 000 | Lyon | 85 000 |
| Evreux | 20 000 | Alanya | 28 000 |
| Acheres | 15 000 | Colombes | 240 000 |
| Frederkshavn | 10 000 | Herford | 33 000 |
| Melun | 16 000 | Sarragoza | 7 500 |

# MELiSSA et vous?

- **Ingénieurs, Mathématiciens, Biochimistes, Biologistes, Nutritionnistes, Médecins, Psychologues…**