

Séminaires Prigogine - Penser la Science « La chimie : Stop ou encore ? », October 20, Brussels (Belgium) (2017)

## **Transition toward a Biosourced Chemistry: Promises and Hurdles**



Franck Dumeignil<sup>1</sup> FRSC

#### Thomas Dutoit,<sup>2</sup> Martine Benoît<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Univ. Lille, CNRS, Centrale Lille, ENSCL, Univ. Artois, UMR 8181 - UCCS - Unité de Catalyse et Chimie du Solide, F-59000 Lille, France <sup>2</sup> UFR LLCE, U Lille SHS, BP 60149, 59653 Villeneuve d'Ascq Cedex, France <sup>3</sup> Maison Européenne des Sciences de l'Homme et de la Société, 2, rue des Canonniers - BP 80217 -59002 Lille Cedex

Université de Lille







🕙 institut





- HUMAN BEING: THE PROBLEM AND THE SOLUTION
- BIOMASS UPGRADING: DEFINITIONS & CONCEPTS
- OPPORTUNITIES & HURDLES...
- CONCLUSION





#### HUMAN BEING: THE PROBLEM AND THE SOLUTION

- BIOMASS UPGRADING: DEFINITIONS & CONCEPTS
- HURDLES...
- CONCLUSION







# Depletion of fossil resource Stringent environmental issues

A huge pressure: our World sustainability is at stake



## Can the Earth be saved?



## **Can the Earth be saved?**

## **Obviously yes**



# **Can we save Humanity?**



## **Can we save Humanity?**

## Maybe...

But let's first examine a « general » planetary case



#### □ Fermi's paradox

<u>Definition from *fermisparadox.com*</u>: Fermi's Paradox is the apparent contradiction between the high probability of the existence of extra-terrestrial civilizations and the lack of contact with such civilizations.



#### Drake Equation

To estimate 'N' the number of active, communicative extra-terrestrial civilisations in our galaxy

$$N = R_* \cdot f_p \cdot N_e \cdot f_l \cdot f_i \cdot f_c \cdot L$$

N: Number of such civilizations

 $R_*$ : Average rate of star formation in our galaxy

 $f_{\rm p}$ : Fraction of formed stars that have planets,

 $\dot{N}_{\rm e}$ : For stars that have planets, average number of planets that can potentially support life

 $f_{\rm I}$ : Fraction of the aforementioned planets that actually develop life

 $f_i$ : Fraction of planets bearing life on which intelligent, civilized life, has developed

 $f_{\rm c}$ : Fraction of these civilizations that have developed communications, *i.e.*, technologies that release detectable signs into space

L: Length of time over which such civilizations release detectable signals

L seems to be a quite critical parameter





# Let's first use the time machine backward



www.emaze.org



## The GOE (Great Oxidation Event)



also known as Oxygen Catastrophe, Oxygen Crisis, Oxygen Revolution...



www.emaze.org

**O**<sub>2</sub>? 2450-1850 My Chemically trapped in  $Fe_2O_3$  and  $Fe_3O_4$  using Fe in the oceans

1850-850 My Trapped in ground and O<sub>3</sub> layer formation

Cyanobacteria +  $CO_2 \longrightarrow C-C + O_2$ 



850-... My Accumulation of  $O_2$  in the atmosphere

The dominant species disappeared because its development modified its environment...



## A recent theory

ASTROBIOLOGY Volume 16, Number 1, 2016 © Mary Ann Liebert, Inc. DOI: 10.1089/ast.2015.1387 The Case for a Gaian Bottleneck: The Biology of Habitability

Aditya Chopra and Charles H. Lineweaver

Planetary Science Institute, Research School of Earth Sciences, Research School of Astronomy and Astrophysics, The Australian National University, Canberra, Australia.

#### □ Two main conclusions

*(i)* <u>extinction is the cosmic default for most life that</u> has ever emerged on the surfaces of wet rocky planets in the Universe

(ii) rocky planets <u>need to be inhabited to remain</u> <u>habitable</u>



We can complain and be pessimistic (a typically French habit), but we have something more than cyanobacteria: <u>Intelligence and Wisdom</u>

#### □ The fate of our civilization



How to get rid of a new disaster "The Great Combustion Event" (use of fossil resources with emission of  $CO_2$ , etc., in the atmosphere), with the advent of the chemical industry

Still in the hands of the dominant species: human being





Biomass chemical – <u>catalytic</u> – upgrading is a major lever (but cannot be a stand-alone solution)



#### HUMAN BEING: THE PROBLEM AND THE SOLUTION

- BIOMASS UPGRADING: DEFINITIONS & CONCEPTS
- OPPORTUNITIES & HURDLES...
- CONCLUSION



### **BIOMASS: DEFINITION**



Directive adopted by the Industry, Research and Energy Committee of the European Parliament on the 11<sup>th</sup> of September 2008:

"Biomass" means the biodegradable fraction of products, waste and residues from agriculture (including <u>vegetal</u> and animal substances), aquaculture, forestry and related industries, the separated collected biodegradable fraction of industrial and municipal waste as well as wastewater sludge.





Biomass valorisation



#### **BIOMASS: 'TRIVIAL' USES**











#### CHEMICAL VALORISATION OF BIOMASS, **AN OLD STORY!**

Saponification: When fatty oils are digested with caustic Primes 1. fait quelques experiences, dama | gerder comme l'examen le plus complet et le meteux combination is formed, which is called <u>soap</u>. It is the state of the source of the state of the des recherches sur une partie quelco Pliny mentions it under the name of sapo, which is efficient travail, la découverte de huit acides nouveaux, et de plusieurs produits de la saponification inconuns Germanic word sâpo. Lorsqu'on fait digérer des huiles grasses avec de jusqu'alors; il en détermina les propriétés et la



l'alcali caustique, il se forme une combinaison soluble dans l'eau, que l'on appelle asvon. Elle est connue de toute antiquité. Plinius en fait mention

J.J. Ban mer de sepo , que l'or feit dériver de l'an Romains apprirent à la faire ; mais Galenus assure que les Germains préparaient du savon de meilleure qualité que celui des Gaulois. A l'époque où les chimistes commencèrent à s'occuper de ce sujet, il était généralement admis que les sayons étaient simplement une combinaison d'huile et d'alcali. Berthollot regarda les huiles ou les graisses comme des corps acides , susceptibles de s'unir aux bases , de neutraliser leurs propriétés basiques et de former une capèce de sels. Scheele , en préparant de l'emplatre dispalme qu'on obtient en combinant des huiles grasses avec de l'oxyde plombique , recomme qu'il es formait dans ce cas une matière sucrée, par-

compositiou. Presque tout ce que je vais dire sur la saponification et les produits qui en résultent, a été puisé dans le travail de Chevreul. Si l'on mile 9 parties d'huile d'Ales aver 1 partie 8 d'hyurate pocassique ou socique, dissoute dans 2 fois

son poids d'eau, et qu'on fasse digérer le mélange pendant 24 à 48 heures, en le remuant de temps à autre, l'huile se combine avec l'alcali, et l'on obtient du savon qui vient nager à la surface de la dissolution. Quolque ce savon soit par lui-même soluble dans l'eau, il se sépare néanmoins d'une liqueur saturée jusqu'à un certain point d'alcali caustique. Dans le cas dont il s'agit ici, la liqueur alcaline est produite par l'eau et l'excès d'alcali caustique.

Si l'on enlève le savon, qu'on le lave pour le débarrasser de l'avois de la lossiva adbiente ; ; cide hydrochlorique, celui-ci met en liberté une

 $RCOO^- + Na^+$  CH<sub>2</sub>-OH RCOO-CH<sub>2</sub>  $R'COO-CH + 3 (Na^+ + HO^-) \longrightarrow R'COO^- + Na^+ + CH-OH$  $R''COO^- + Na^+$  CH<sub>2</sub>-OH R''COO-CH2 glycérol corps gras soude savon

> ches sur ce sujet, est parvenu à découvrir la vé- | dermière cristallisation de la graisse acide, solide, rité (1). Il dirigea son attention sur une matière dissoute dans l'alcool, et provenant d'un savon fait tres-divisée, légère deute l'an aread soit pane, qui prend naissance quand on dissout du saven ordinaire dans une grande quantilé d'eau, et qui s'aperçoit très-distinctement quand on remue la dissolution au soleil. Il sépara cette matière, qu'il appela margarine. à cause de son éclat macré, et en l'analysant, il la trouva composée de potasse ou de soude, et d'une graisse particulière, qui était sensiblement acide et se dissolvait facilement dans l'alcool chaud. Il lui donna donc le nom d'acide margarique. Ses premières observations furent faites en 1813; elles servirent de base à un travail qui occupa Chevreul pendant 10 ans, et dans lequel la saponification et les produits qui en résultent furent le suiet d'une série d'expériences que l'on peut re-

dissoive ces cristaux et qu'on les fasse cristalliser séparément, on obtient des cristaux qui se ressemblent beaucoup par leur aspect , mais qui jouissent d'une fusibilité différente, d'où l'on peut conclure qu'ils différent les uns des autres. Le produit de la première cristallisation, qui est le moins fusible, a recu le nom d'acide stherique, et celui de la dernière est appelé acide margarique. Alnsi, par l'action de l'alcali sur la graisse, il s'est formé trois acides qui doivent être rangés parmi les graisses ou les huiles relativement à leurs propriétés physiques, et qui appartiennent en même temps aux acides par rapport à leurs réactions et à leur tendance à se combiner avec les bases salifables : on leur a donc donné le nom générique d'acides gras. En outre, Chevreul a démontré qu'il ne se forme ni acide acétique ni acide carbonique pendant la saponification. )

(1) Recherches chimiques sur les corps gras d'erigine animale. Paris, 1823.



### **BIOREFINING: DEFINITION**

"BIOREFINING IS THE SUSTAINABLE PROCESSING OF BIOMASS INTO A SPECTRUM OF MARKETABLE PRODUCTS AND ENERGY"



Figure 1: Schematic representation of the biorefinery concept IEA Bioenergy Task 42 Biorefinery, 2009 **IMPORTANT:** 

- Not only fuel, fuel & fuel!
- **•**Food & feed are also products

Remark: Decarbonized energy is possible, but decarbonized organic chemistry is not!

In the future, need for alternative source(s) of carbon: Biomass



#### Competition food / non-food ?

## A lot of strategies to get rid of competition

- Increase in the yield of food crops
- Use of winter crops
- Use of wastes (non-edible parts of the crops...)
- Use of lignocellulosic biomass (forests, perennial herbaceous crops...)
- Smart rotations of cultures
- Etc...







#### **Chemicals- and Materials-driven biorefineries:**

- Best part of the crop: Food-Feed / High value added products
  - Wastes: Energy production

#### Integrated in optimized biorefineries scenarios

ourobioref





#### HUMAN BEING: THE PROBLEM AND THE SOLUTION

- BIOMASS UPGRADING: DEFINITIONS & CONCEPTS
- OPPORTUNITIES & HURDLES
- CONCLUSION









#### BIOECONOMY DESIGN IN LILLE:



#### • COLLABORATIONS:

- □ I-SITE (Half/Half PhD thesis funding, Master students exchange...)
- REALCAT use
- Etc...



## EXAMPLES OF PROJECTS TO BE DEVELOPED WITH SSH

#### **BioEcoImpact:** « Social, Economic, and Juridical Impact of Bioeconomy »

The bioeconomy development needs a multi-level and multi-dimensional study of the social, economic and juridical impact of biorefineries, their adaptability and scalability in a changing ecological context. The ultimate aim is to build new assessment approaches, providing a feedback loop to the scientific research programs and further ensuring their societal acceptability.

#### **ReGEM:** « Rethinking the Global Ecological Mutation »

Together and in cross-exchange, integrated research in History, **Philosophy**, Politics and Law, will be focused upon energy mutations, and will lay foundations for an ethical and epistemological reflection upon the notions of nature, and environment, the mutation (and not only an ecological crisis) of our world (Notion of Anthropocene) and the consequences on political decisions. The ultimate aim is to provide a reflexive stance and guidance to the scientific developments (in co-construction between « hard sciences » and SSH).





#### HUMAN BEING: THE PROBLEM AND THE SOLUTION

- BIOMASS UPGRADING: DEFINITIONS & CONCEPTS
- TO GO BEYOND
- CONCLUSION



Forcing the shift of the equilibrium to the right while preserving



# A greener society, a sustainable civilization

UCCS





## THANK YOU VERY MUCH FOR YOUR KIND ATTENTION!



