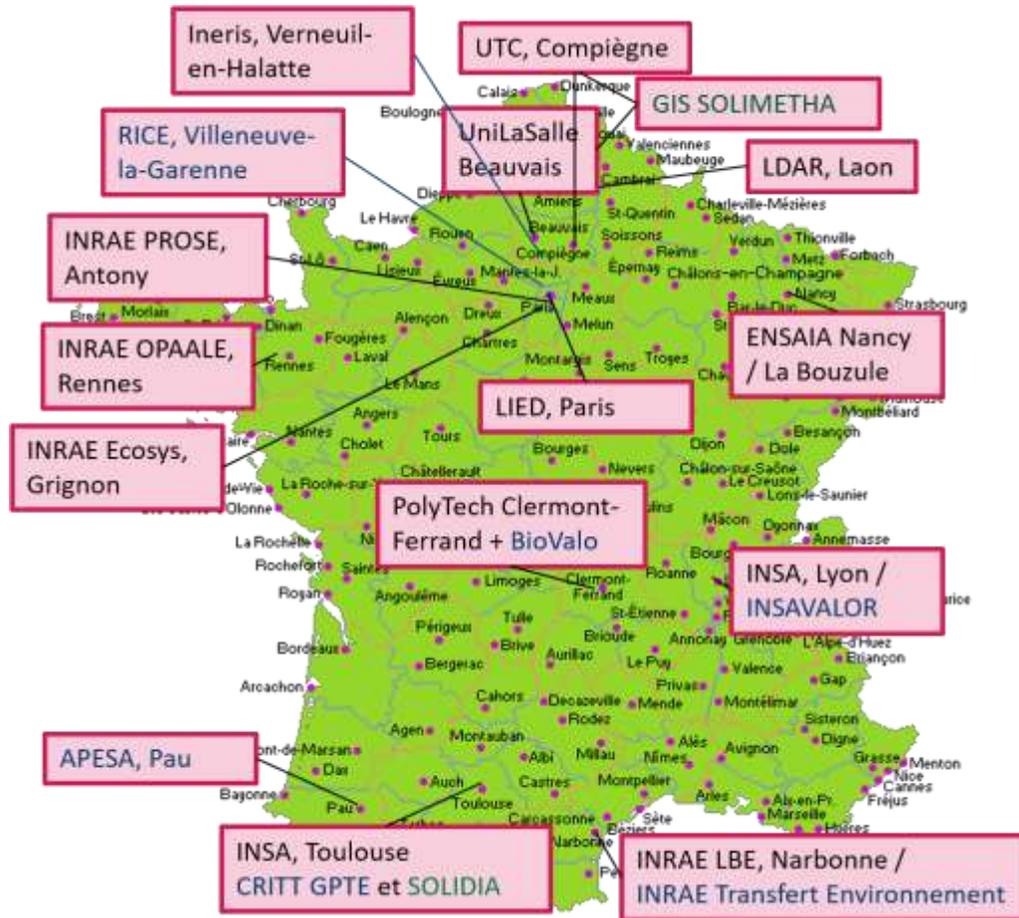




Bioraffinerie et méthanisation

Jean-Philippe Steyer

Centre Technique national du Biogaz et de la Méthanisation



- Réseau des laboratoires
- Vecteur de diffusion des connaissances (InfoMétha.org et webinaires)
- Co-organisateur des [Journées Recherche Innovation](#)
- Mobilisation des experts au service d'une filière en maturation
- Entité du Club Biogaz de l'ATEE, basée à La Défense
- Soutenu par l'ADEME depuis 2019

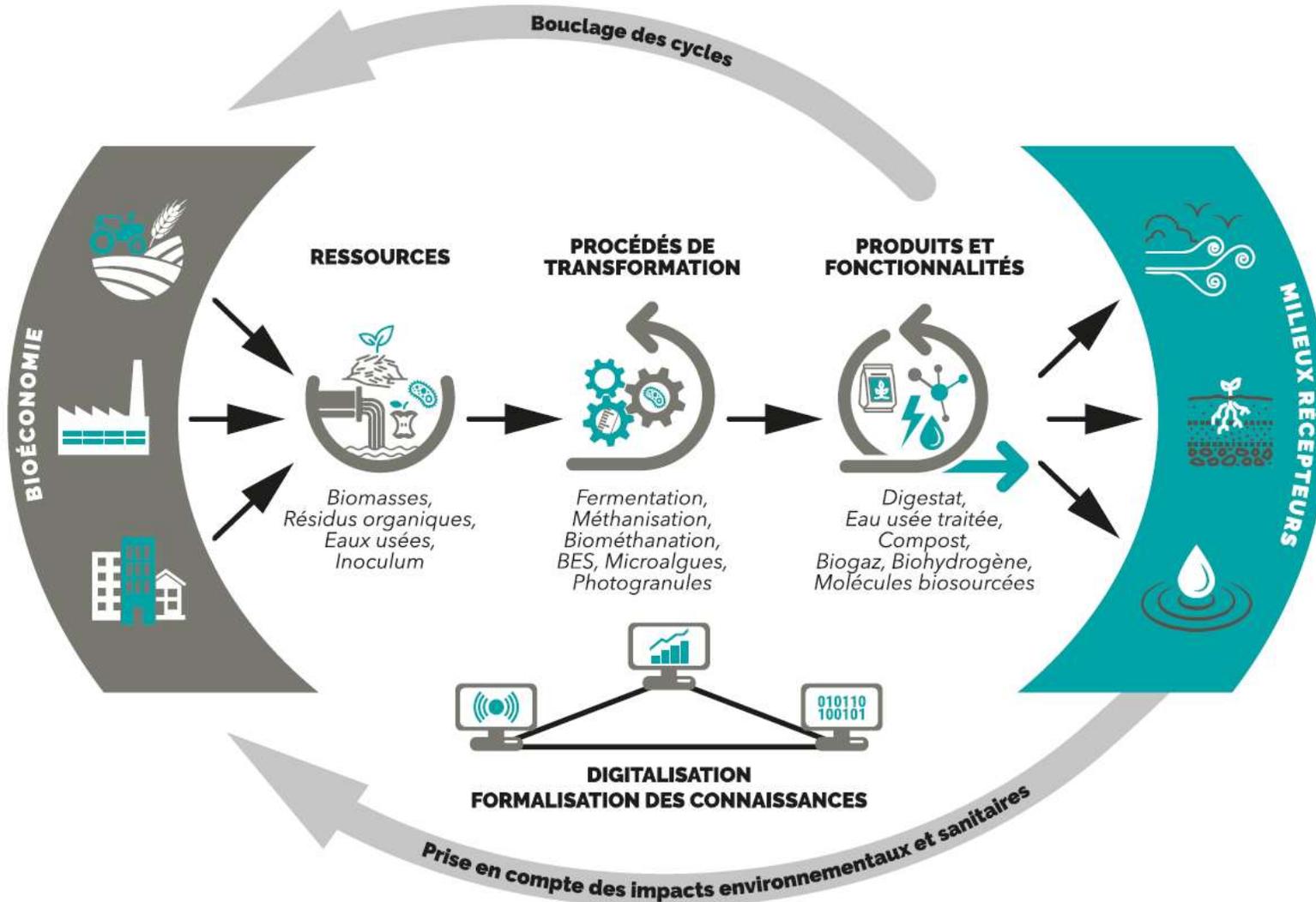
Une longue histoire



Le 25 octobre 1936

de von Blum

Député de Narbonne
Président du
conseil



□ Moyens humains: 80-90 ETP

- ✓ 35 agents permanents (INRAE) et 9 IT
- ✓ 17 doctorants (6 nationalités), 4 post-docs, 5 CDD, stagiaires

□ Moyens expérimentaux : de la recherche fondamentale au démonstrateur :

- ✓ **Réacteurs biologiques** instrumentés (du litre au m³ : aérobie / anaérobie, voie sèche / humide, effluents liquides / déchets solides, batch / continu, MBR, PBR, micro-algues ...)
- ✓ **Procédés physico-chimiques**



- 500 BMP*/an
- 60+ digesteurs (1L à 1m³) en opération
- Prétraitements (°C, US, O₃, broyage...)

Plateforme Bio²E



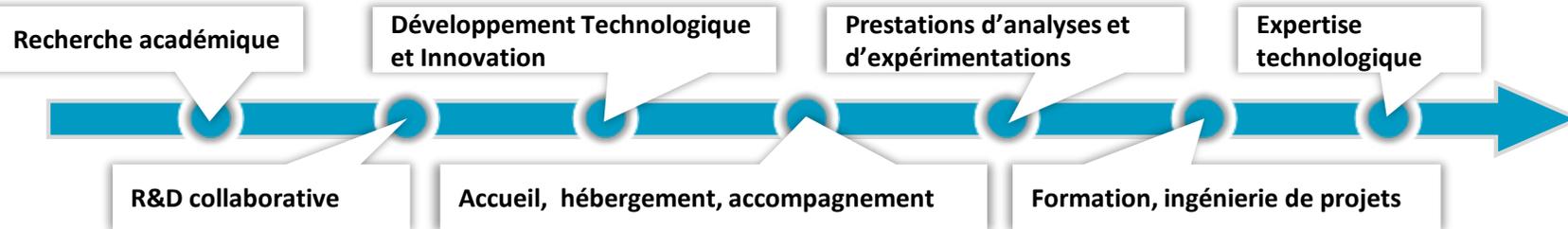
Site du Quatourze

Biotechnologies et Bioraffinerie Environnementale

- 3500m² de laboratoires et halles expérimentales
- Des équipements scientifiques et analytiques de pointe
- Des équipes pluridisciplinaires issues de la recherche académique, de la recherche appliquée et de l'industrie
- Labélisation ISC INRAE

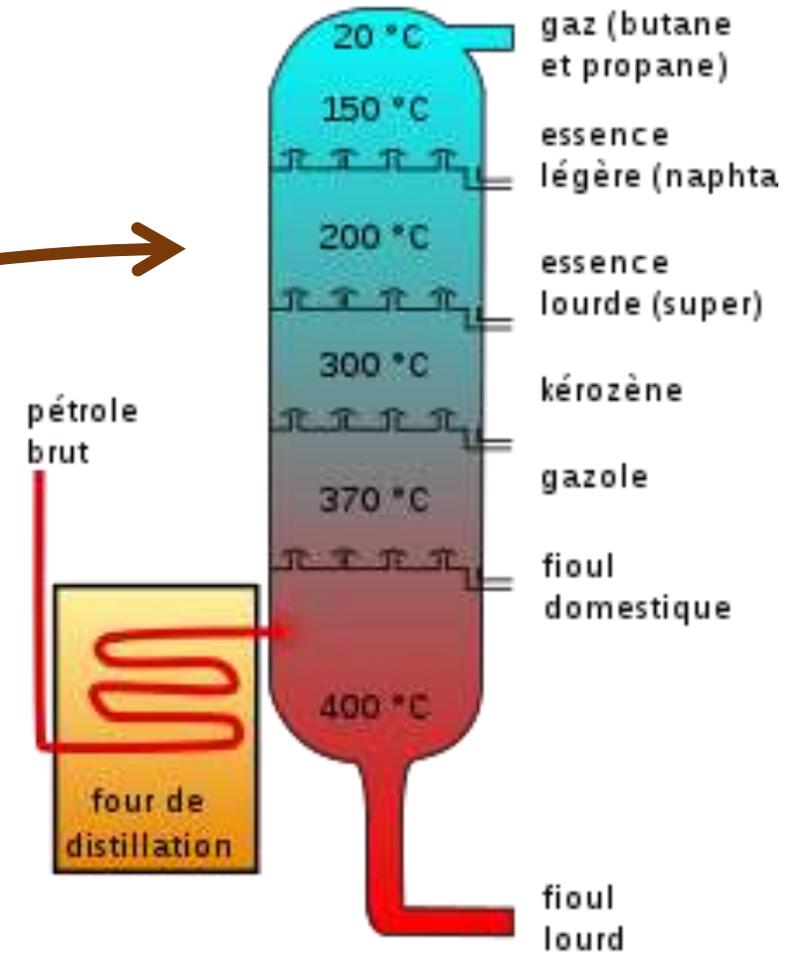


Site du Parc Méditerranéen de l'Innovation (PMI)



Qu'est-ce qu'une bioraffinerie environnementale ?

- 1) Une raffinerie

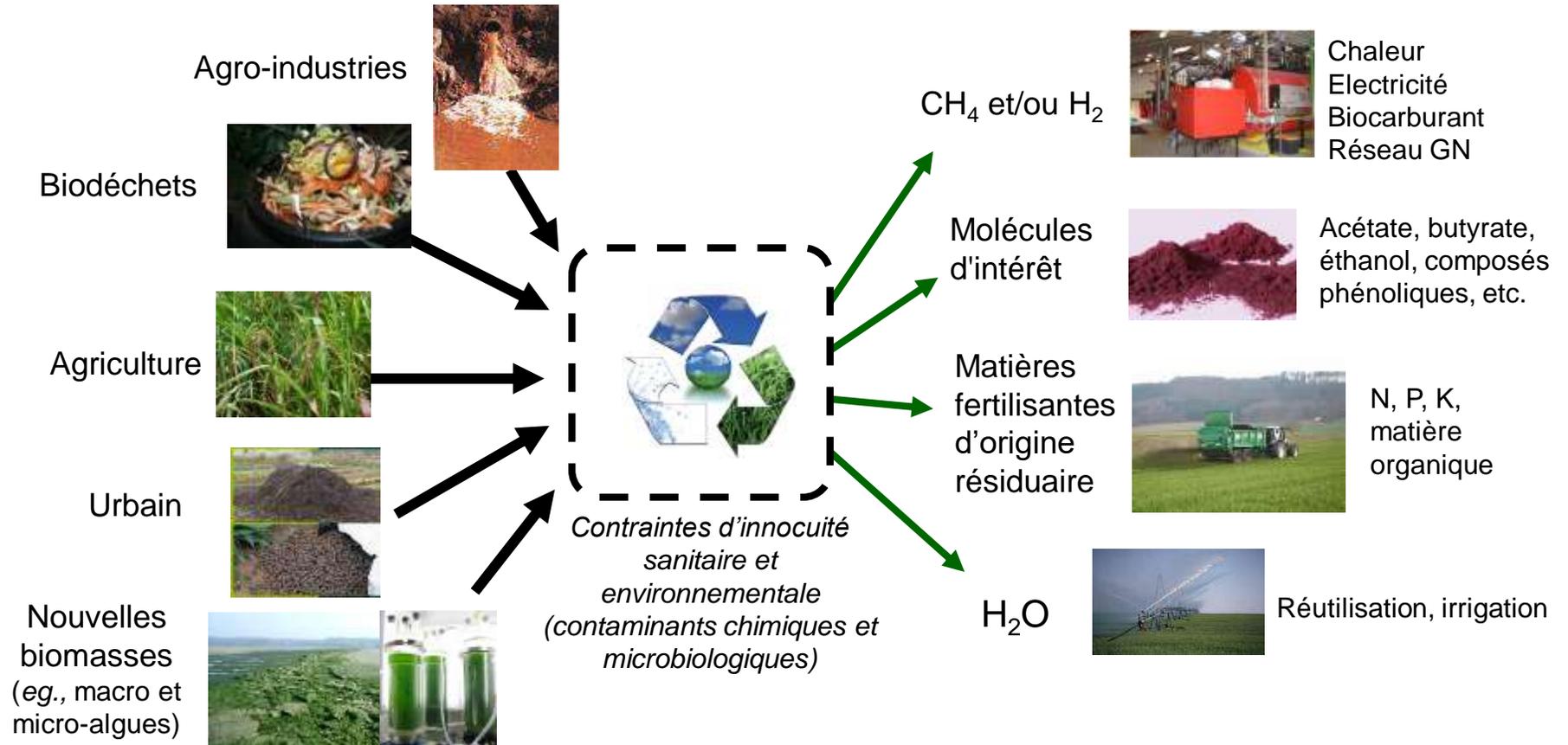


Qu'est-ce qu'une bioraffinerie environnementale ?

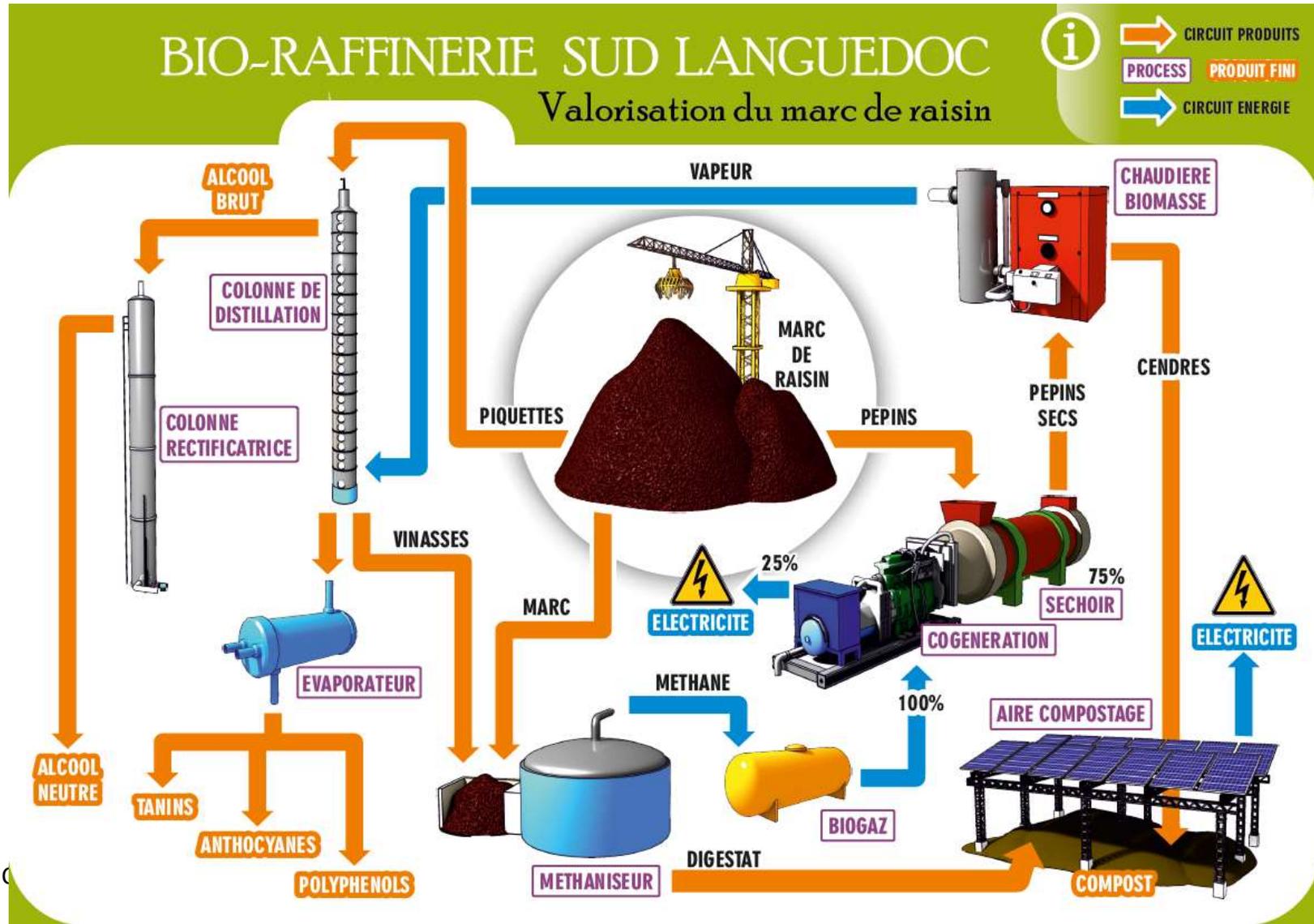
Raisonnement global, agir local et « penser cycle »
pour donner de la valeur à nos rejets

Intrants multiples, contexte territorial

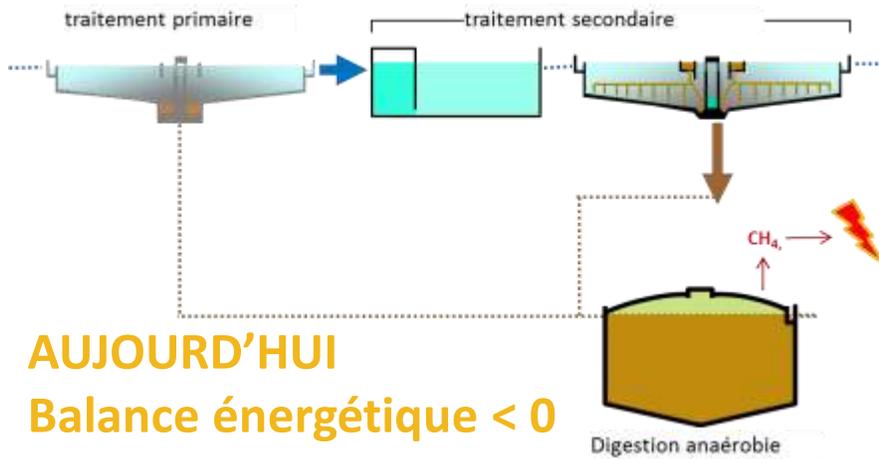
Services rendus pour la bioéconomie



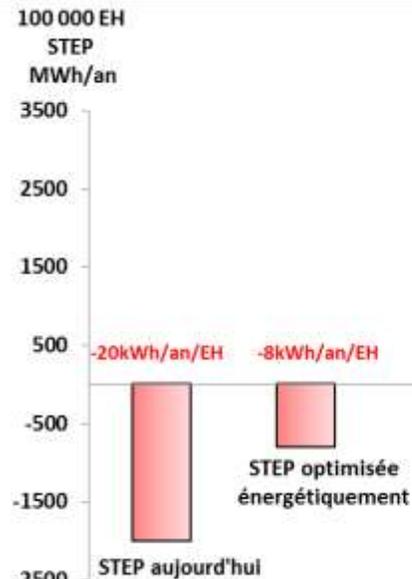
Un exemple de bioraffinerie environnementale



Du traitement à la valorisation : exemple des eaux résiduaires

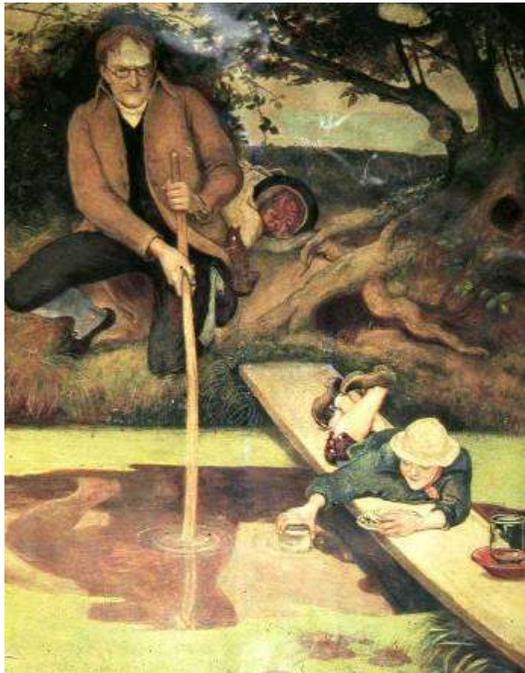
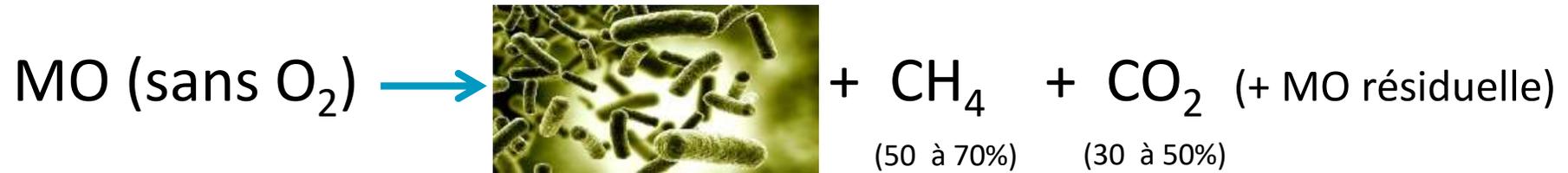


AUJOURD'HUI
Balance énergétique < 0

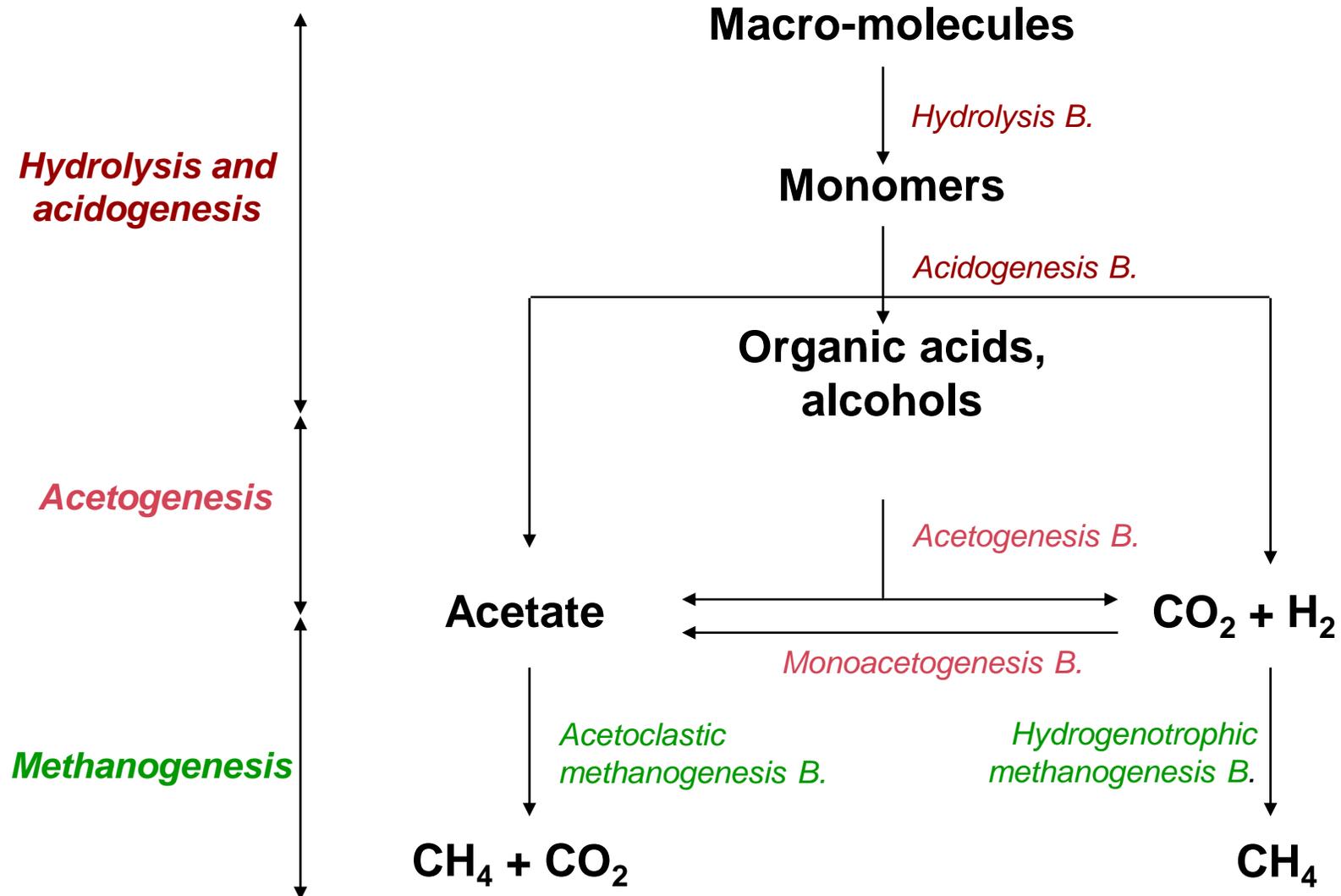


La digestion anaérobie ou méthanisation

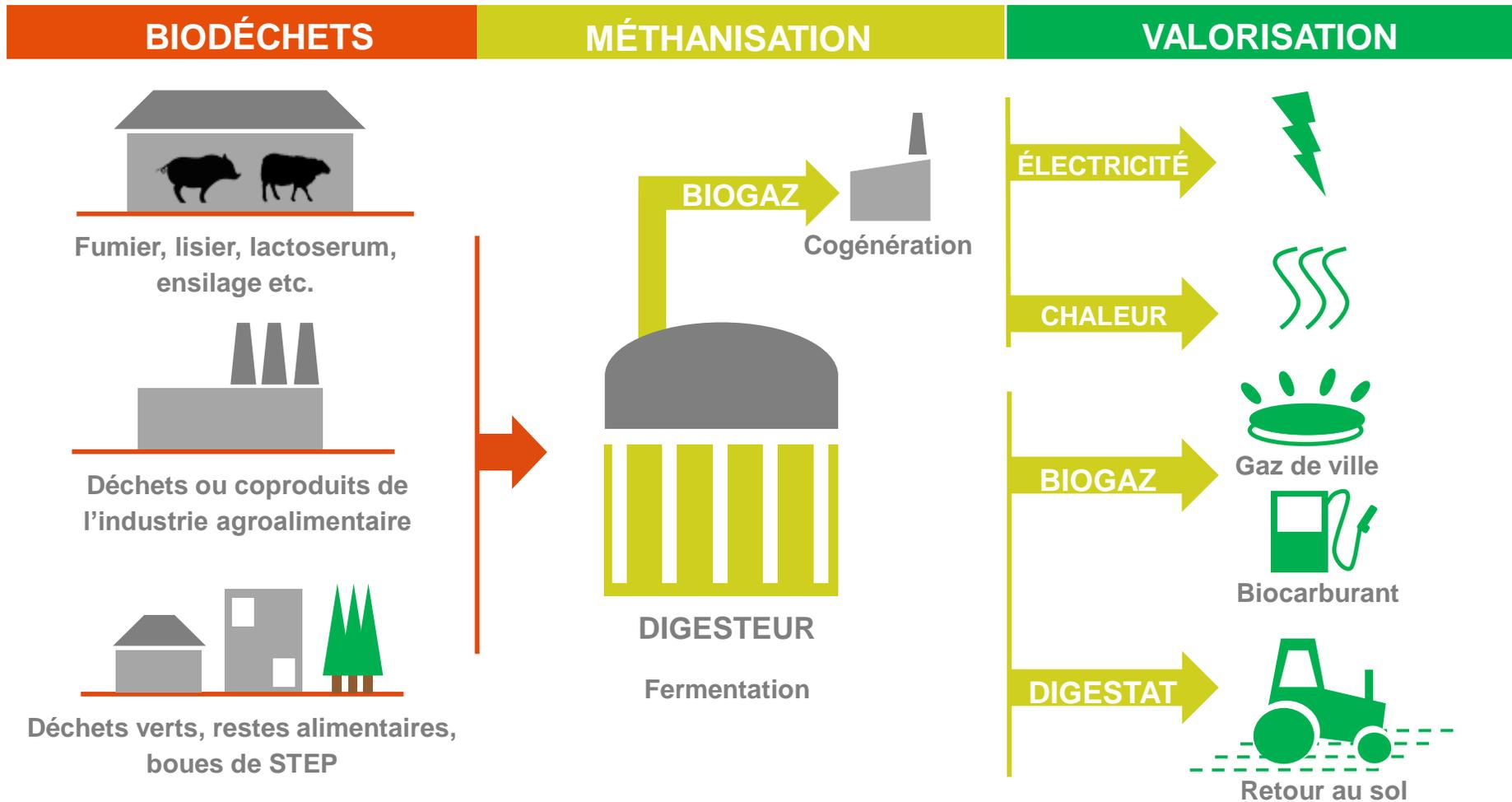
Un processus biologique naturel qui dégrade la matière organique



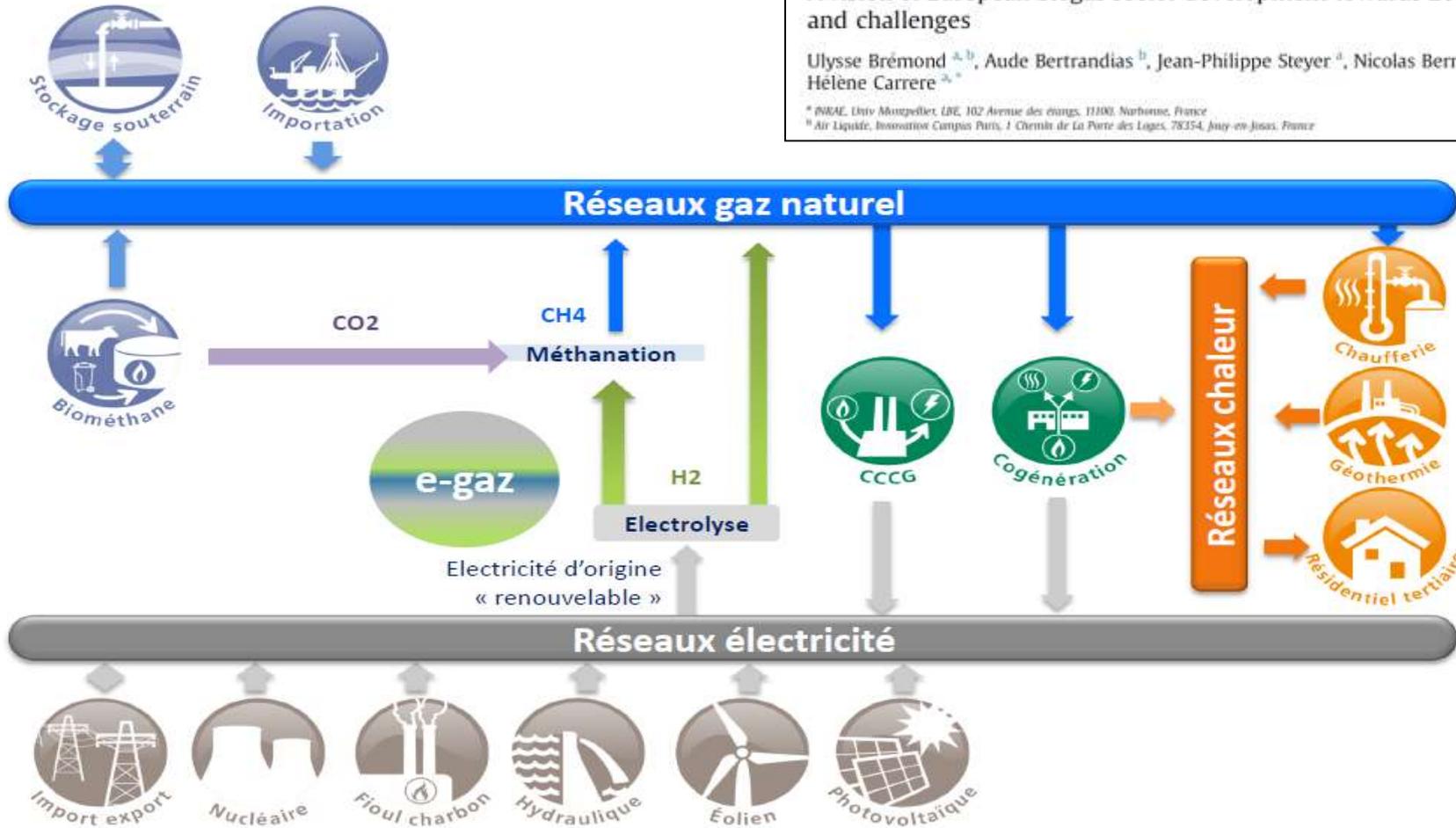
La digestion anaérobie ou méthanisation



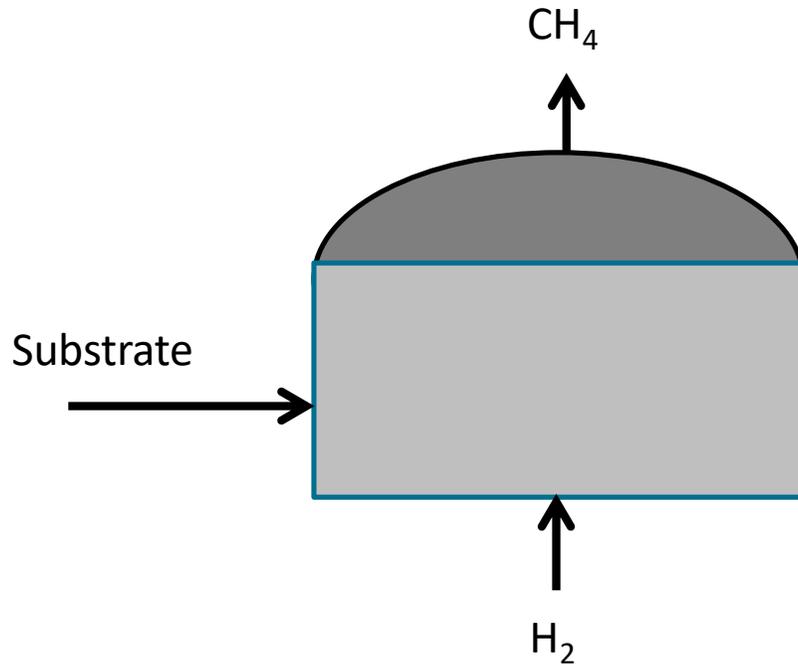
Les intérêts de la méthanisation



Les intérêts de la méthanisation



Les intérêts de la méthanisation



« Power to *BIO*gas »

- ✓ Improved hydrogenotrophic methanogenesis
- ✓ Higher inhibition of hydrolysis
- ✓ Limitation by gas transfer



A feasibility study on the bioconversion of CO₂ and H₂ to biomethane by gas sparging through polymeric membranes

I. Díaz ^{a,*}, C. Pérez ^b, N. Alfaro ^a, F. Fdz-Polanco ^a

^aDepartment of Chemical Engineering and Environmental Technology, Escuela de Ingenierías Industriales, Sede Dr. Meritxina, University of Valladolid, Dr. Meritxina s/n, 47011 Valladolid, Spain

^bDepartment of Process Engineering, Ros Roca Indias Cryo Energy S.L., Spain



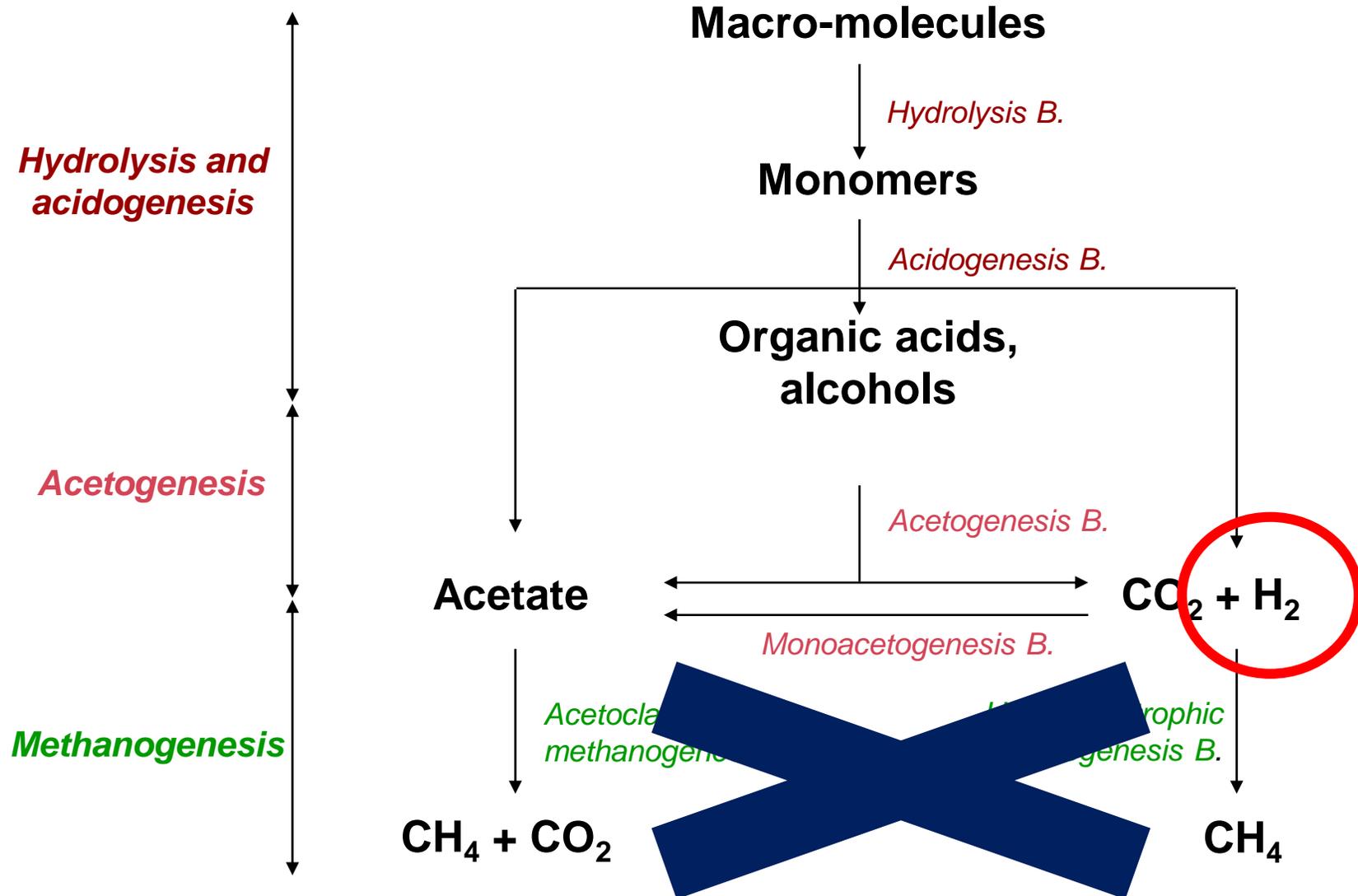
Biomass hydrolysis inhibition at high hydrogen partial pressure in solid-state anaerobic digestion

E.A. Cazier, E. Trably ^{*}, J.P. Steyer, R. Escudie

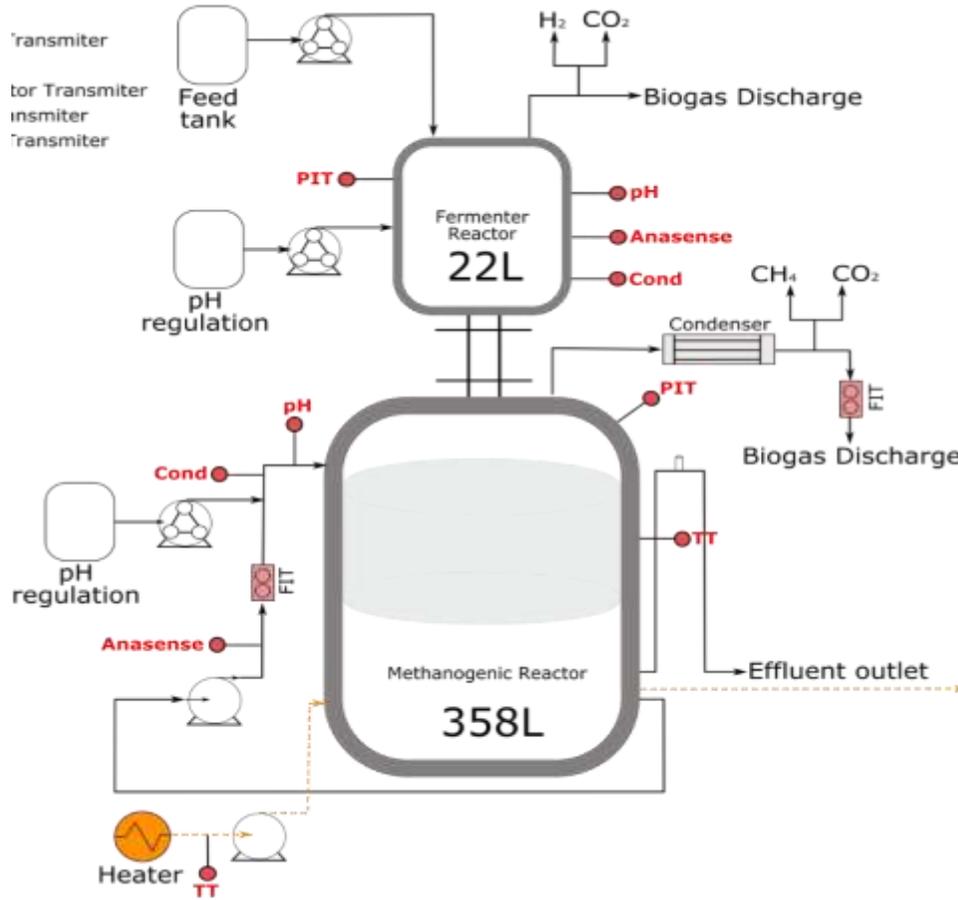
INRA, UR0050, Laboratoire de Biotechnologie de l'Environnement, Avenue des Etangs, 11100 Narbonne, France



Pour aller au-delà du biogaz



Pour aller au-delà du biogaz



H ₂ reactor	Batch
CH ₄ reactor	Semi-continuous

15 Mars 2021 – webinaire CTBM

Bioresource Technology 319 (2021) 124190

Contents lists available at ScienceDirect

Bioresource Technology

ELSEVIER journal homepage: www.elsevier.com/locate/biortech

Robust operation through effluent recycling for hydrogen production from the organic fraction of municipal solid waste

Florian Paillet^{a,b}, Carole Barrau^a, Renaud Escudie^b, Nicolas Bernet^b, Eric Trably^{b,c,*}

^a TRIPYL, Avau de Sivers, 82300 Labrousse-Castel, France
^b INRAE, Unité Montpellier, IRIE, 102 avenue des Étangs, 31100 Narbonne, France

Bioresource Technology 313 (2020) 123665

Contents lists available at ScienceDirect

Bioresource Technology

ELSEVIER journal homepage: www.elsevier.com/locate/biortech

Role of indigenous bacteria in dark fermentation of organic substrates

K. Dauplain, E. Trably^a, G. Santa-Catalina, N. Bernet, H. Carrere

^a INRAE, Université de Montpellier, INRAE, 102 avenue des Étangs, 31100 Narbonne, France

Bioresource Technology 319 (2021) 124204

Contents lists available at ScienceDirect

Bioresource Technology

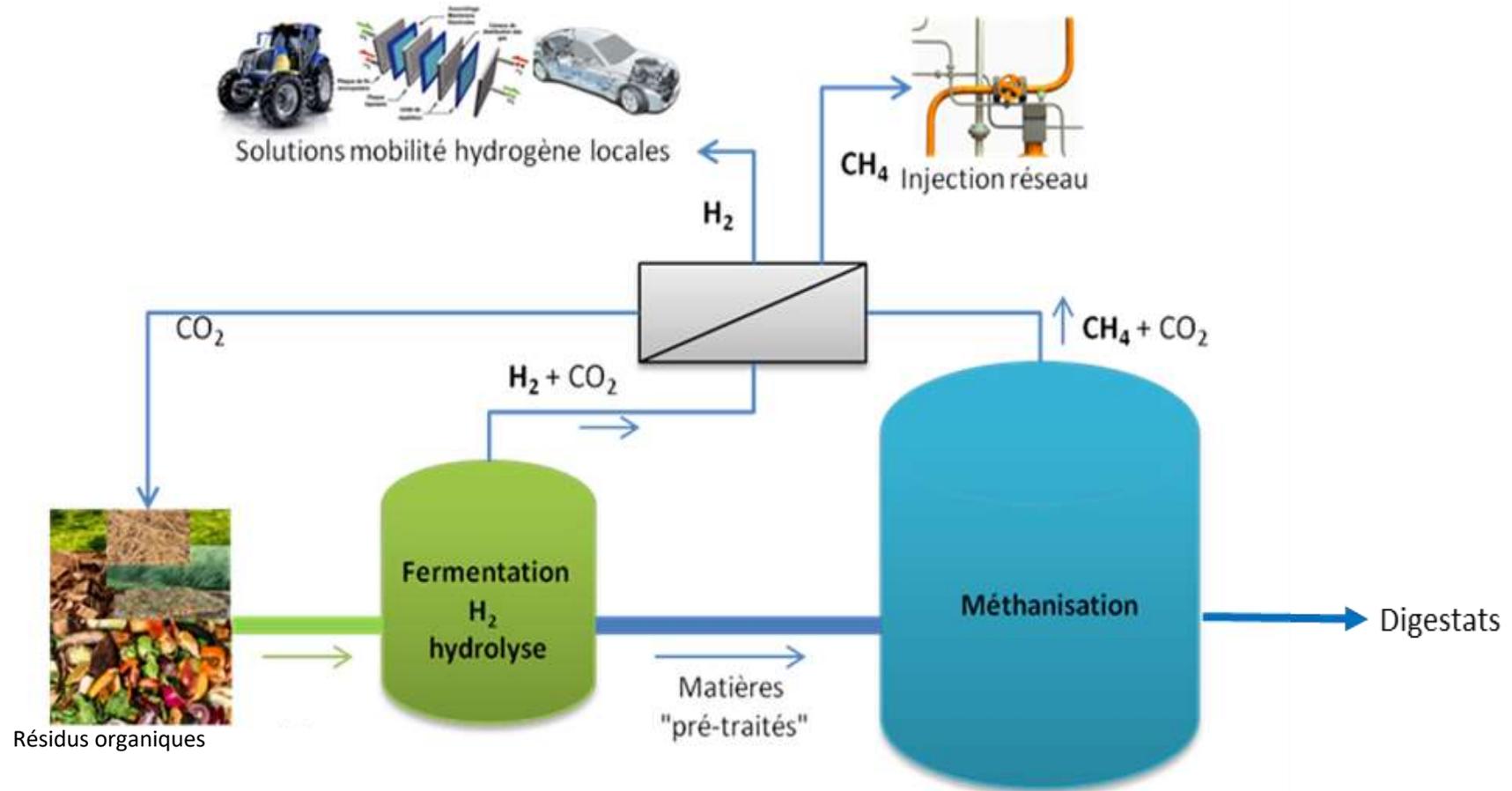
ELSEVIER journal homepage: www.elsevier.com/locate/biortech

Impact of microbial inoculum storage on dark fermentative H₂ production

K. Dauplain^a, A. Schneider^a, M. Noguere^a, P. Fontanille^b, R. Escudie^a, H. Carrere^a, E. Trably^{a,c,*}

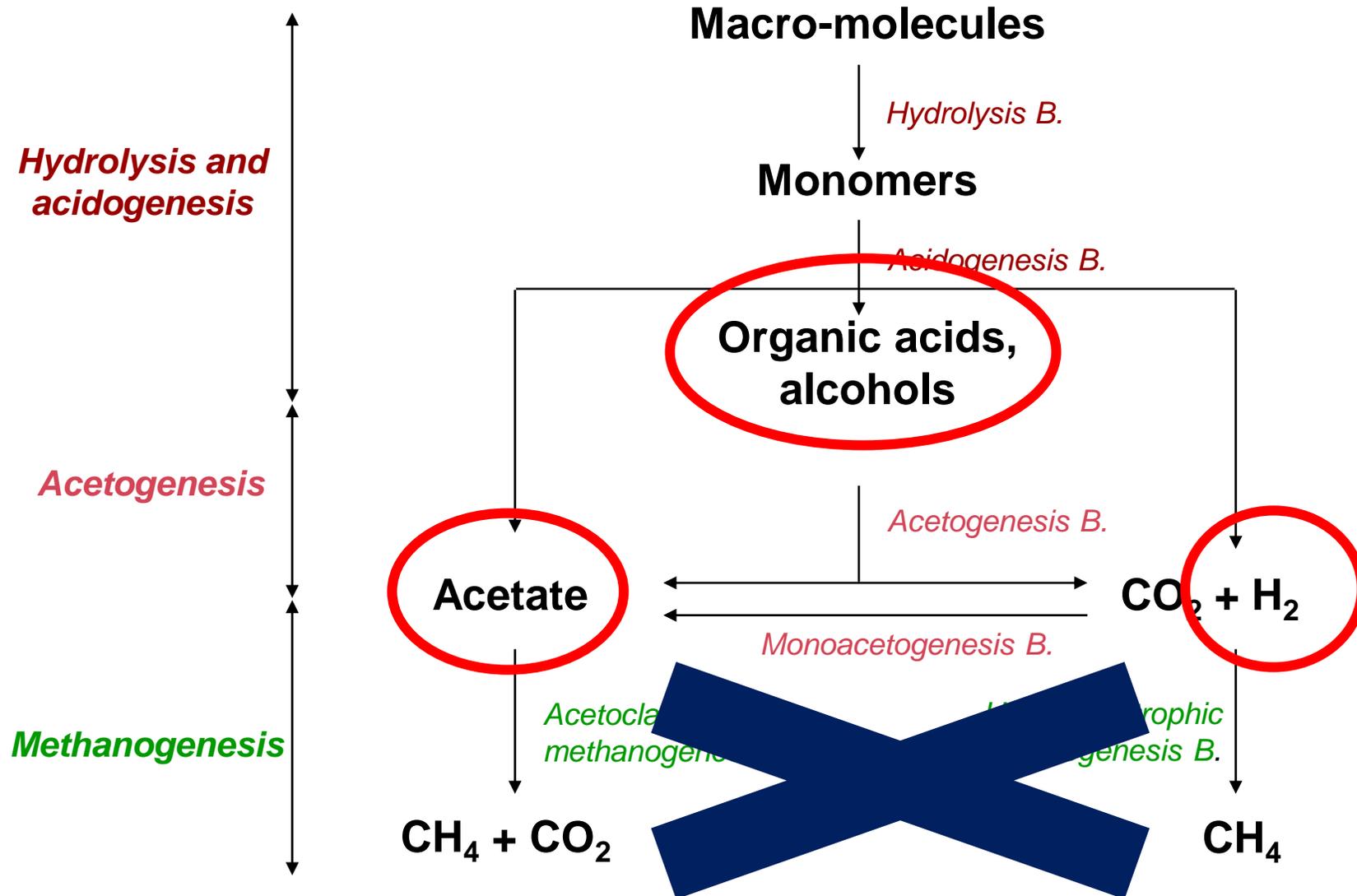
^a IRIE, Université de Montpellier, INRAE, 102 avenue des Étangs, 31100 Narbonne, France
^b Université de Clermont Auvergne, Institut Pascal, TSA 60026, 63179 Aubière, France

Pour aller au-delà du biogaz

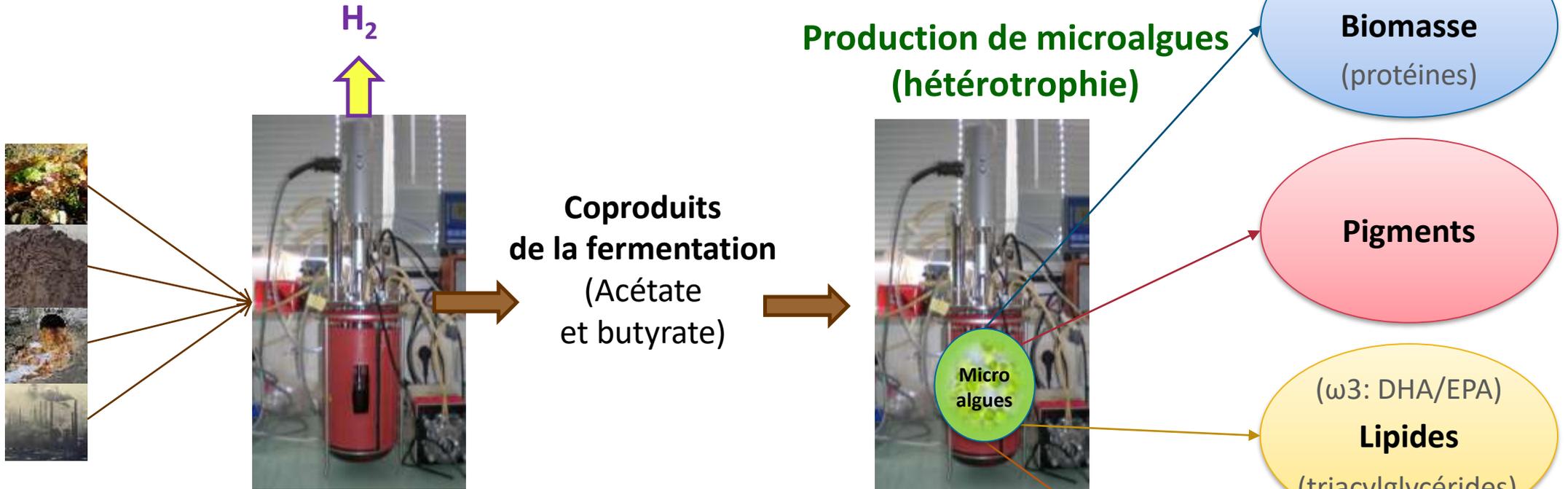


PROBHYM : Production de Bio-HYdrogène : vers une voie additionnelle de valorisation biologique des déchets pour la filière de Méthanisation (Coord. : Eric TRABLY – INRAE)

Pour aller au-delà du biogaz



Pour aller au-delà du biogaz



Effluents et/ou déchets solides



Raw dark fermentation effluent to support heterotrophic microalgae growth: microalgae successfully outcompete bacteria for acetate

V. Turon^a, E. Trably^{a,*}, A. Fayer^a, E. Fouilland^b, J.-P. Steyer^a

^a INRA UR0050 Laboratoire de Biotechnologie de l'Environnement, Avenue des étangs, F-11100 Narbonne, France
^b Morker Biohistory, Exploitation and Conservation - (UMR 1136) INRAE, 2 Rue des Chantiers, 34000 Sète, France



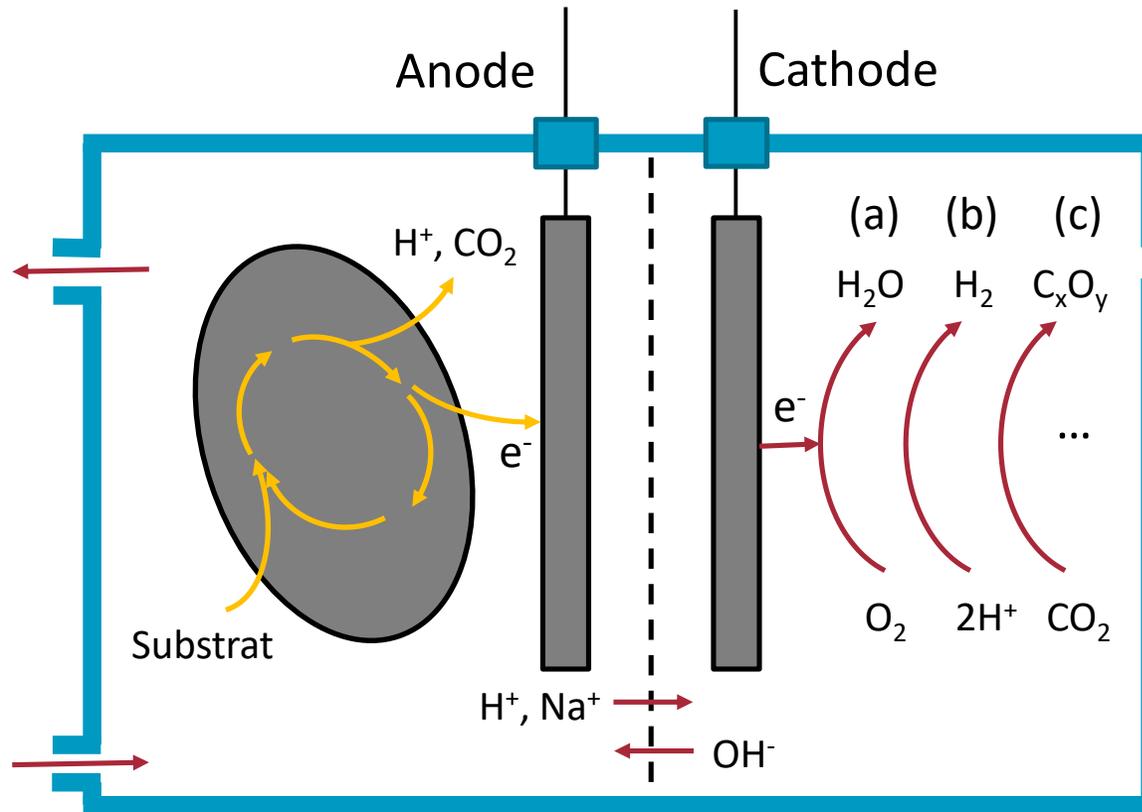
Mixotrophic growth of microalgae on volatile fatty acids is determined by their undissociated form

J. Lacroux, E. Trably, N. Bernet, J.-P. Steyer, R. van Lis^{*}

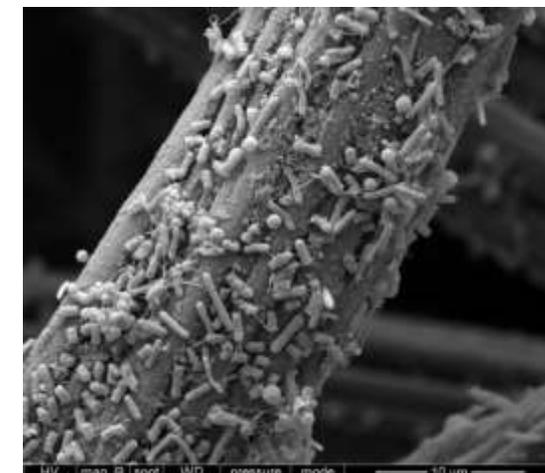
INRA, Unité Mixte INRAE, UR0050, 102 Avenue des étangs, F-11100 Narbonne, France

Pour aller encore plus loin

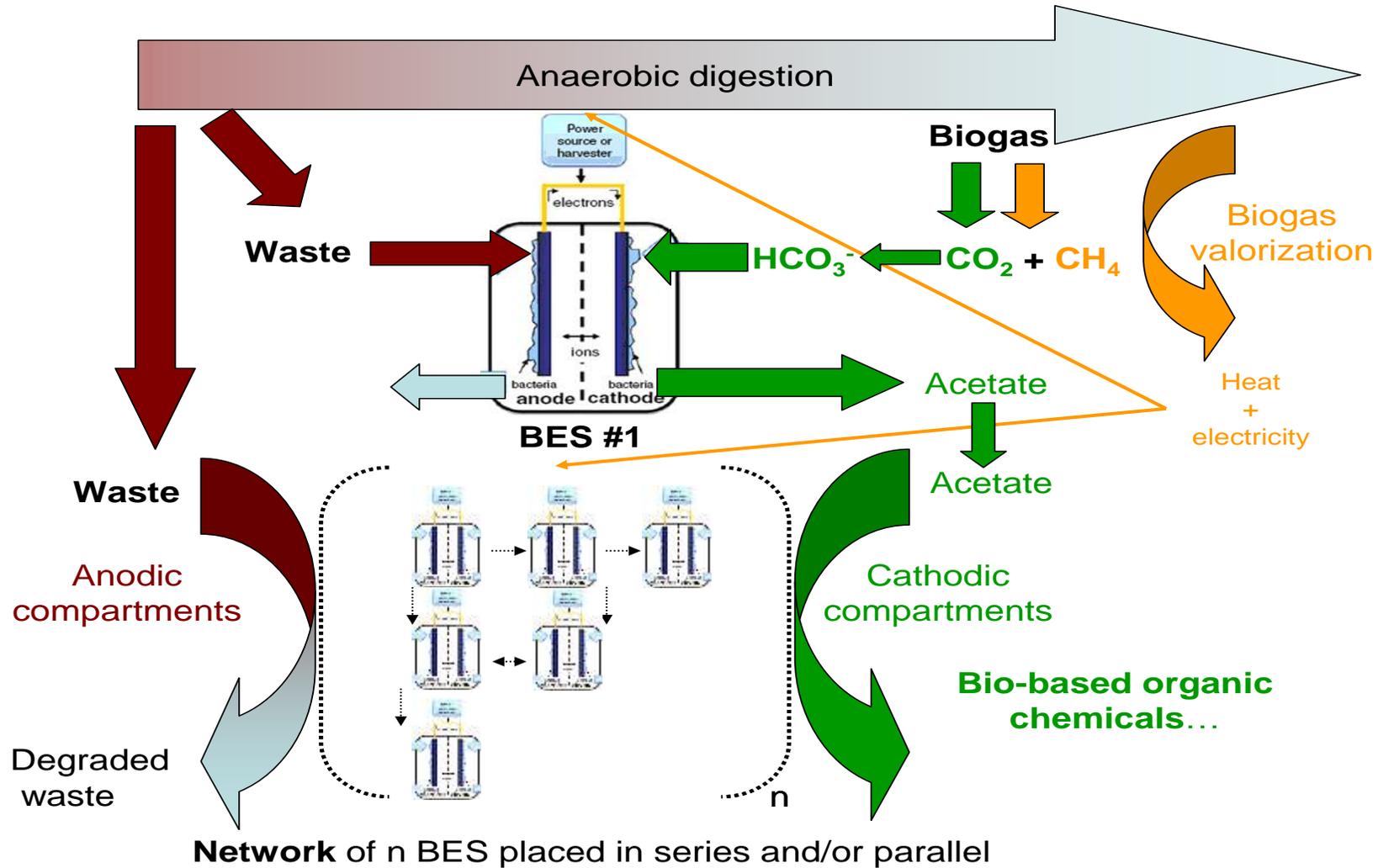
Systemes bio-électrochimiques microbiens



- (a) : Microbial Fuel Cell (MFC)
- (b) : Microbial Electrolysis Cell (MEC)
- (c) : CO₂ reduction in MEC



Pour aller encore plus loin



BIORARE : BIOelectrosynthèse pour le RAffinage des déchets RESiduels
 (Coord. : Théodore Bouchez– INRAE)

Au-delà de l'énergie, le CH₄ est aussi une molécule pour la chimie verte

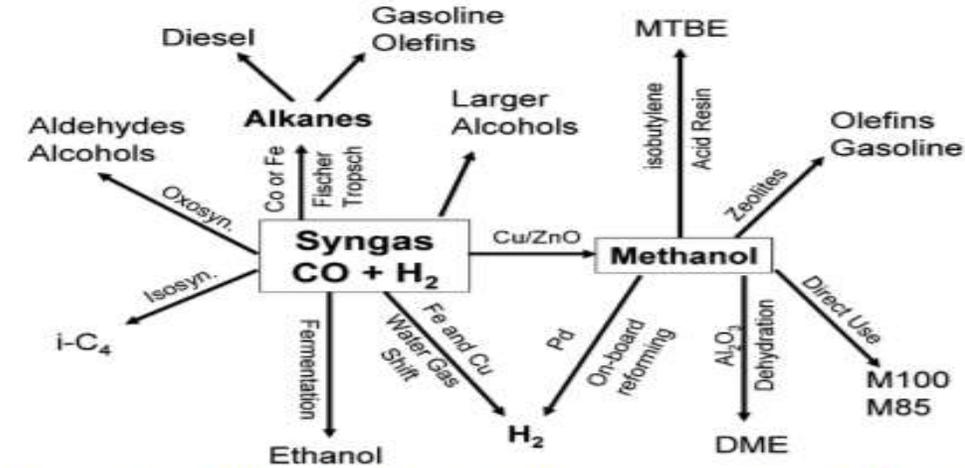
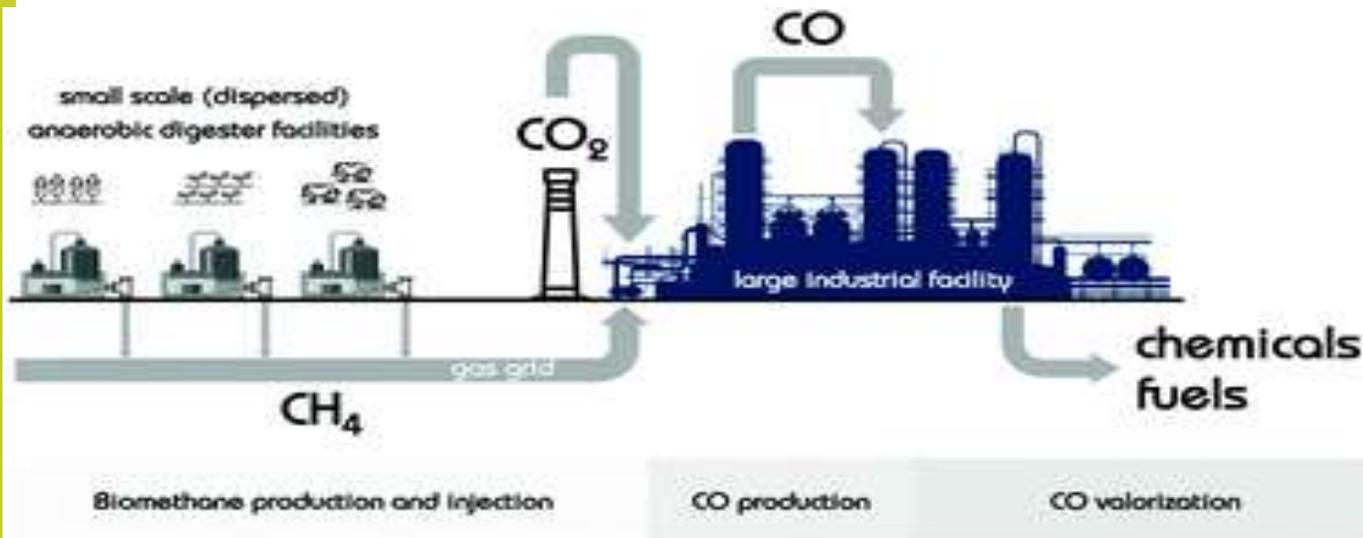


Figure 9. Pathways for fuel production from syn-gas adapted from Spath and Dayton.¹¹⁴

Energy & Environmental Science

PAPER

View Article Online

Check for updates

Upgrading the value of anaerobic digestion via chemical production from grid injected biomethane[†]

Kristof Verbeeck, Lukas C. Buelens, Vladimir V. Galvita, Guy B. Marin, Kevin M. Van Geem and Korneel Rabaey

Available online at www.sciencedirect.com

ScienceDirect

Current Opinion in Chemical Biology

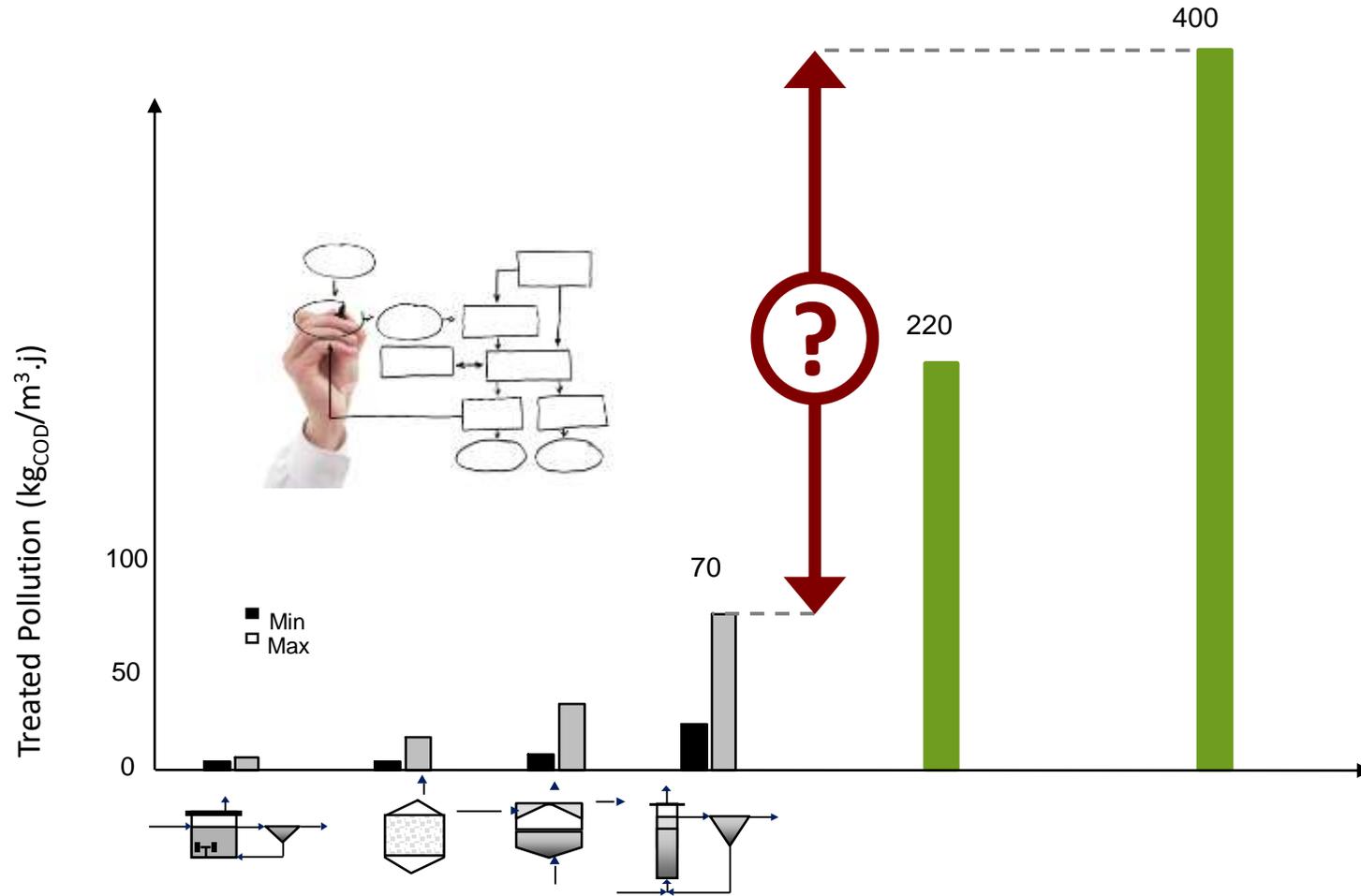
ELSEVIER

Methane to bioproducts: the future of the bioeconomy?

Allison J Pieja¹, Molly C Morse¹ and Andrew J Cal²

CrossMark

En conclusion



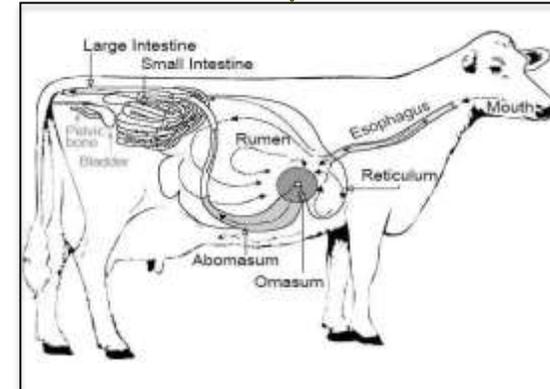
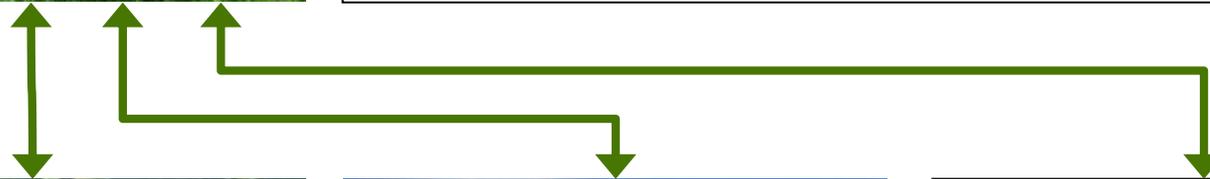
Ne jamais oublier la Nature !



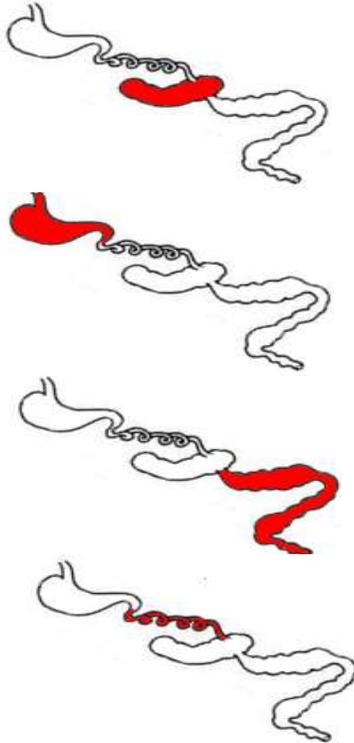
Bioenerg. Res. (2013) 6:1063–1081
DOI 10.1007/s12155-013-9339-y

Overview of the Oldest Existing Set of Substrate-optimized Anaerobic Processes: Digestive Tracts

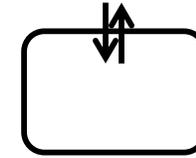
Jean-Jacques Godon • Laure Arcemishbère •
Renaud Escudié • Jérôme Harmand • Edouard Miambi •
Jean-Philippe Steyer



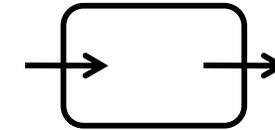
Ne jamais oublier la Nature !



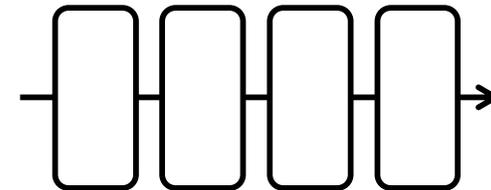
Réacteur batch



Réacteur continu parfaitement mélangé (CSTR)



CSTRs en série

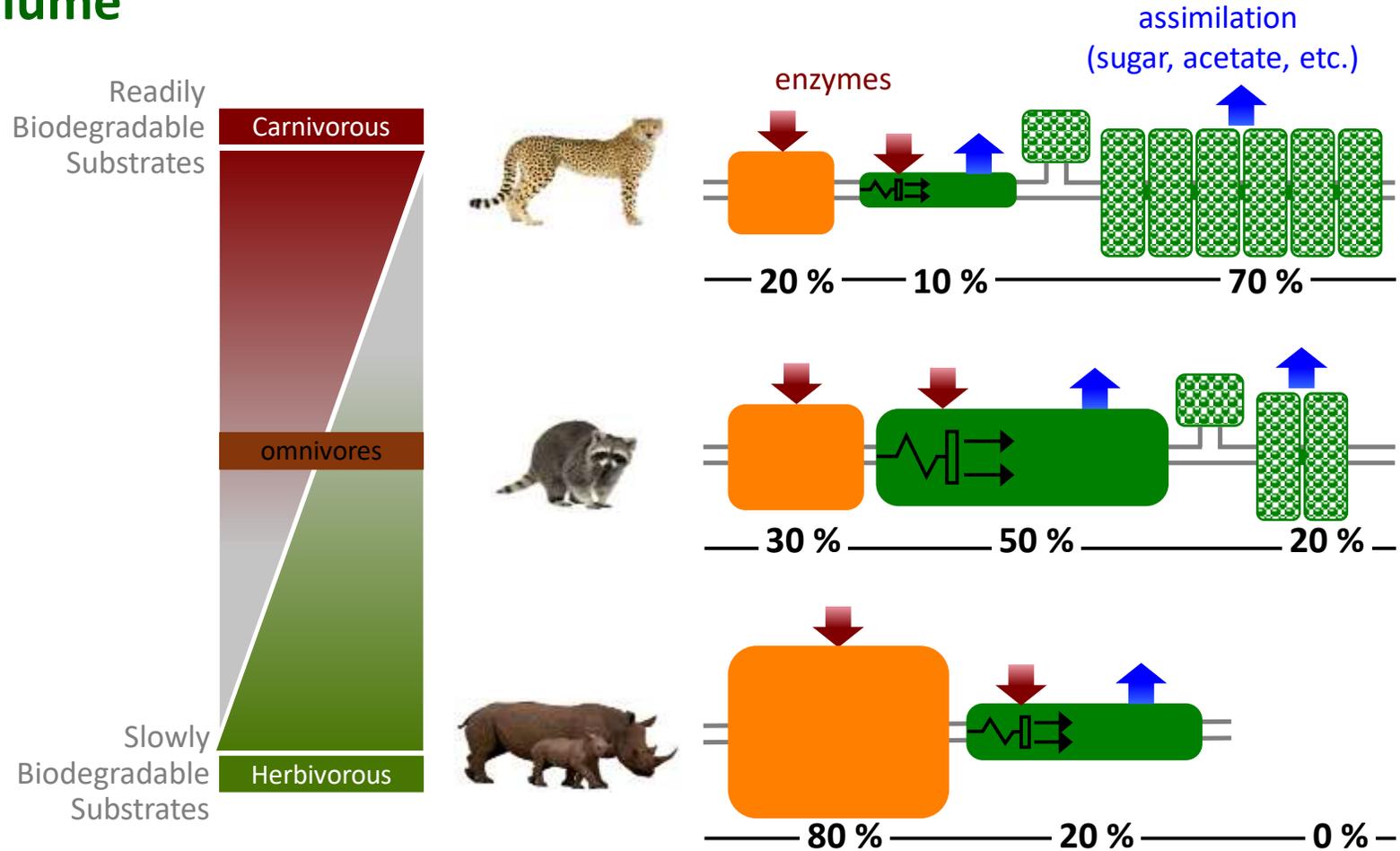


Réacteur piston



Ne jamais oublier la Nature !

En terme de volume

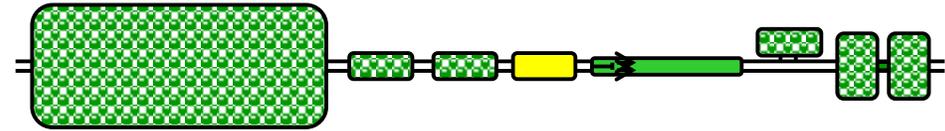


Ne jamais oublier la Nature !

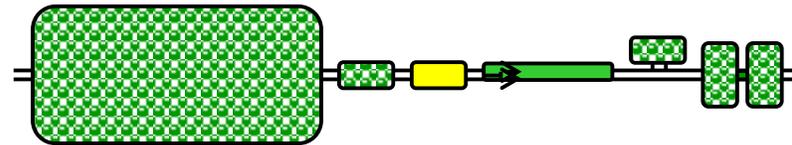
La configuration herbivore



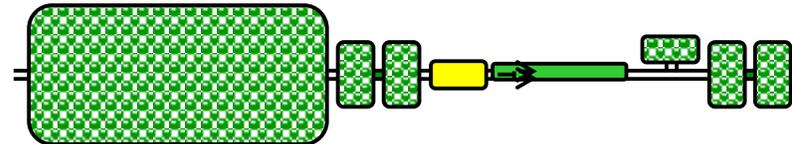
Vache



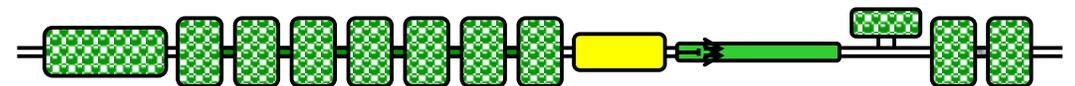
Lama



Hoazin



Kangourou



Merci de votre attention !

