

La méthanisation

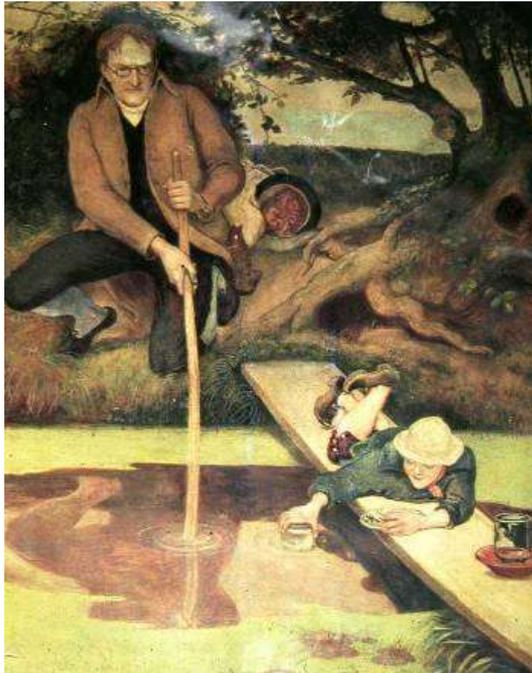


Jean-Philippe Steyer

Laboratoire de Biotechnologie de l'Environnement, INRA Narbonne

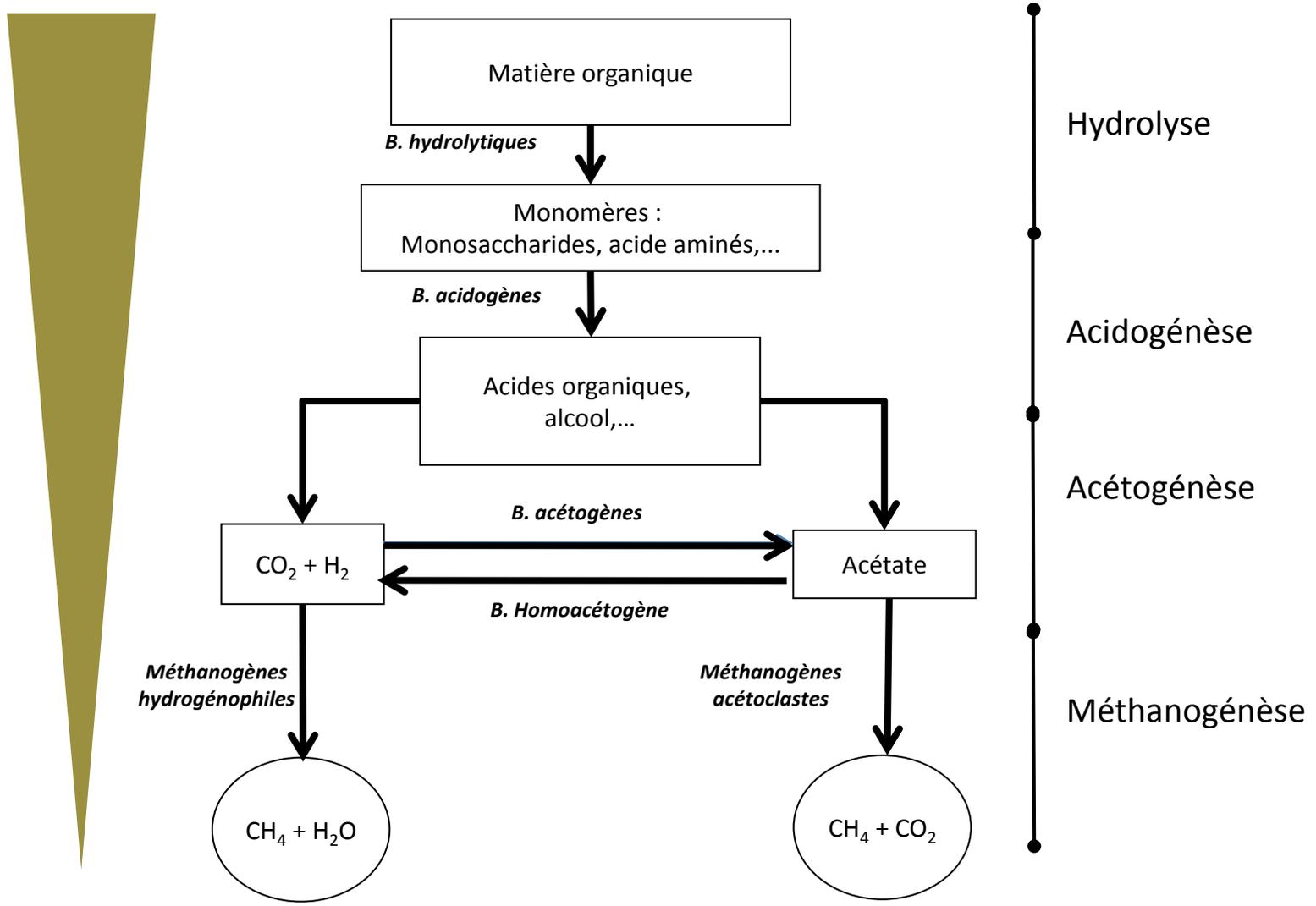
La méthanisation ou digestion anaérobie

Un processus biologique naturel qui dégrade la matière organique



Digestion Anaérobie

Mécanismes microbiologiques

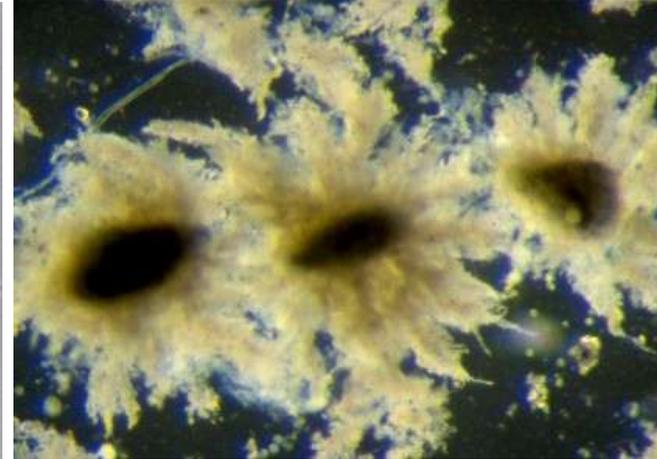
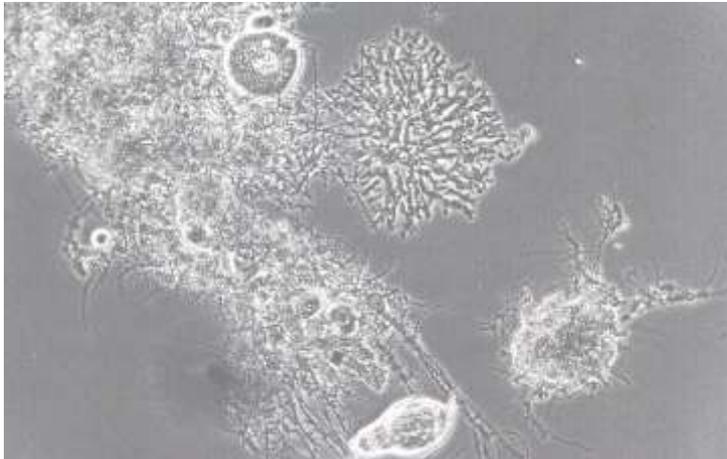


Digestion Anaérobie

Les acteurs: les écosystèmes microbiens

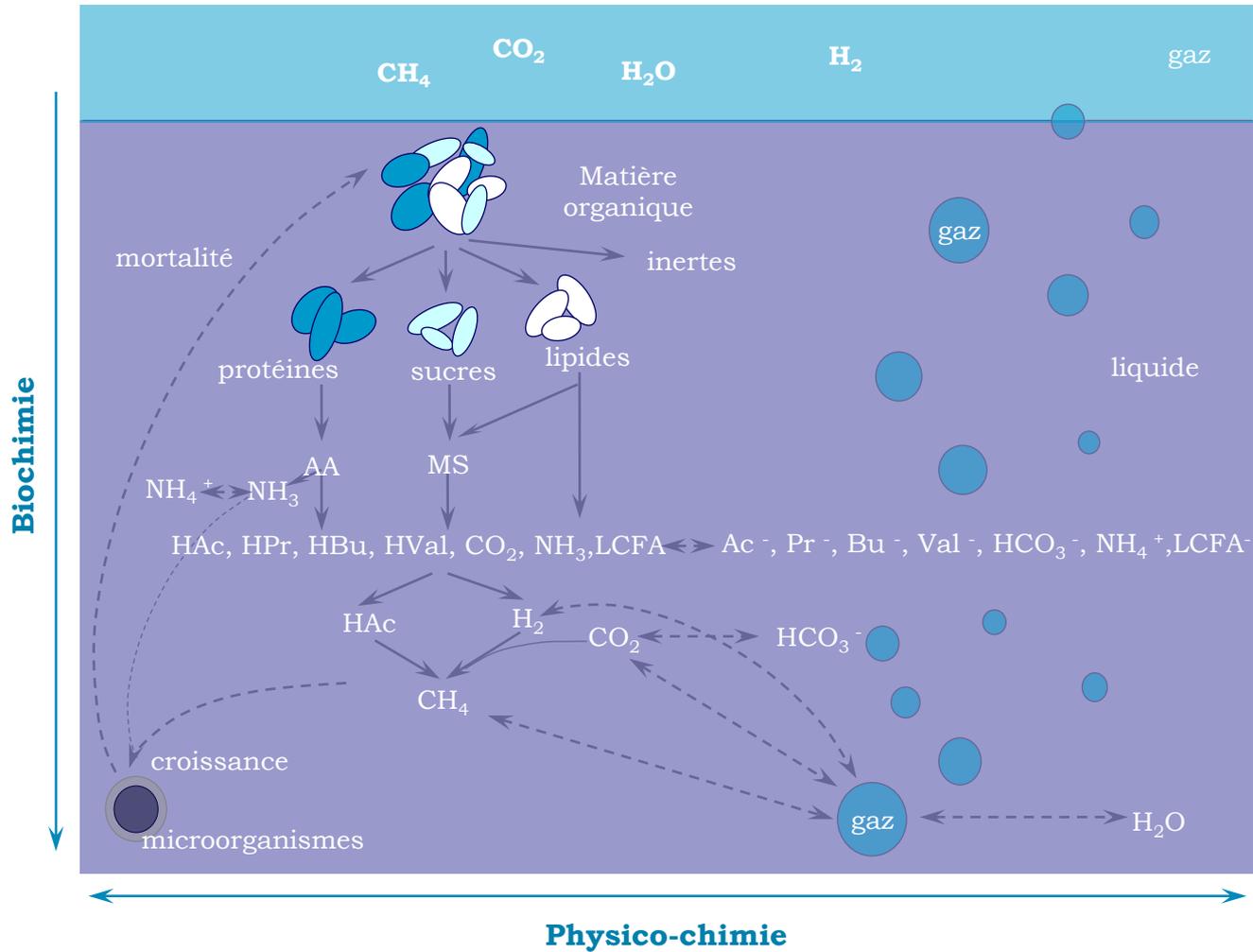


Ecosystèmes complexes



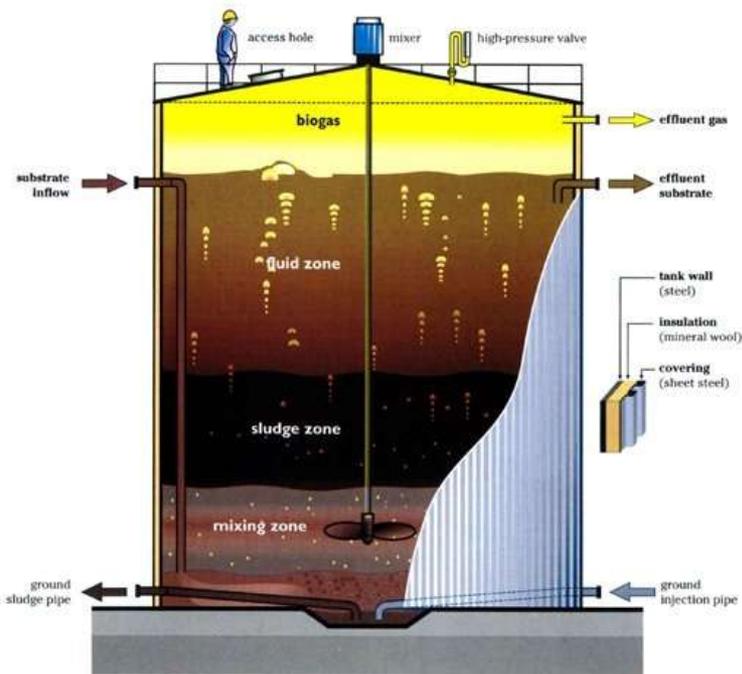
Digestion Anaérobie

Equilibres chimiques, transfert de gaz et recyclage



Digestion Anaérobie

Un processus biologique naturel... vers un procédé industriel



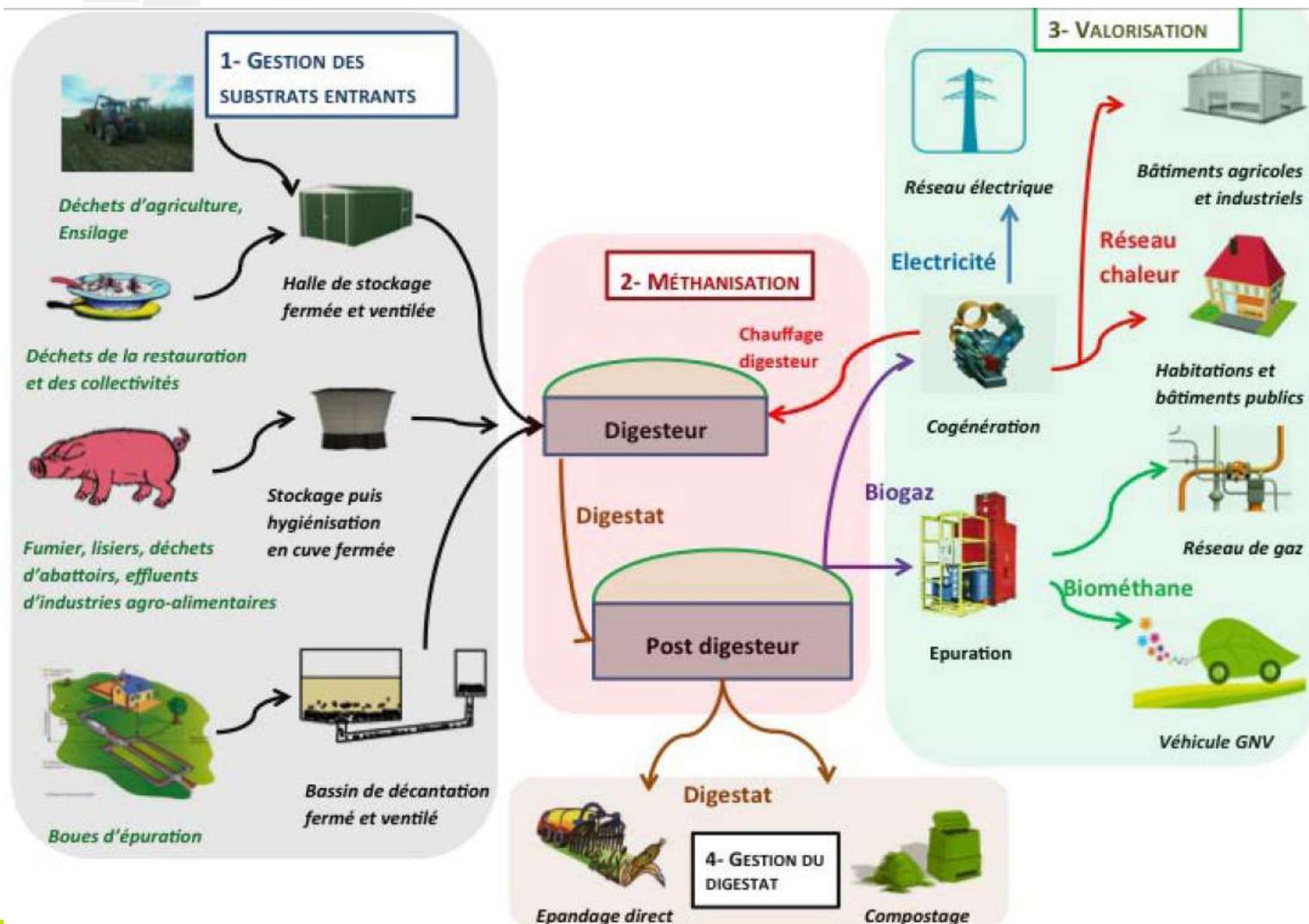
- ▶ Conversion de la matière organique en énergie : biogaz (CH_4 et CO_2)
 - ▶ Valorisation chaleur, électricité, carburant...
 - ▶ Minéralisation des éléments N, P, K...
 - ▶ Très large spectre de matière organique
 - ▶ Filière de distribution existante
 - ▶ Technologie mature, robuste et éprouvée
 - ▶ Filière en croissance (France, Europe)
-
- ▶ Pression sur la ressource en matière organique
 - ▶ Valorisation du digestat indispensable
 - ▶ Opportunité de valorisation du biogaz : chaleur, électricité, injection dans réseau, GNV

Production annuelle de déchets organiques en Europe

Type de déchet organique	Production (en millions de tonnes)
Déchets agricoles	1000
Déchets verts et forestiers	550
Boues de stations d'épuration	500
Déchets des industries alimentaires	220
Fraction fermentescible des ordures ménagères (FFOM)	200

Potentiel énergétique de la filière méthanisation en France : 7 M de tep, soit 4% de la consommation actuelle en énergie finale. Objectif plan d'action national de 2010 à l'horizon 2020 : 23 % d'EnR, soit une production annuelle supplémentaire de 20 millions de tonnes .

Des intrants multiples et une valorisation plurielle



Intégration dans une filière complète

- ✓ Un plan national de développement intégré
- ✓ Des expertises collectives riches



LE PLAN

Énergie Méthanisation Autonomie Azote



AGRICULTURES
PRODUISONS
AUTREMENT

Quelle contribution de l'agriculture française à la réduction des émissions de gaz à effet de serre?

Potentiel d'atténuation et coût de dix actions techniques

ADENE
Agence de l'Environnement et de la Métrique de l'Énergie

REPUBLIQUE FRANÇAISE
Ministère de l'Agriculture, de la Pêche et de l'Alimentation

Ministère de l'Énergie, du Développement Durable et de l'Énergie

Valorisation des matières organiques d'origine résiduaire sur les sols

IMPACTS AGRICULTURALS, ENVIRONNEMENTAUX, SOCIO-ECONOMIQUES

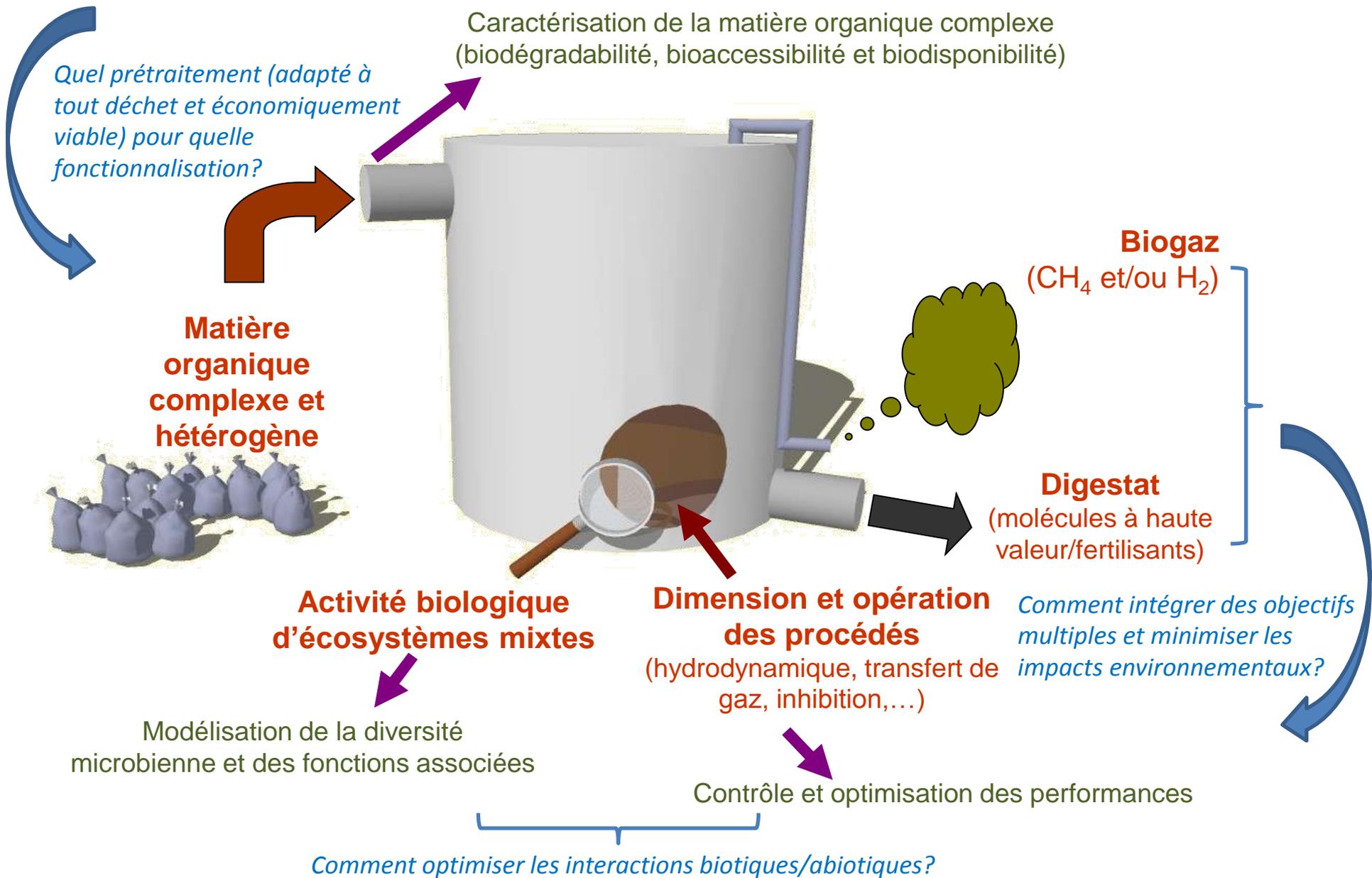
RÉSUMÉ DE L'EXPERTISE SCIENTIFIQUE COLLECTIVE - OCTOBRE 2014

Le pôle environnement de Narbonne

- ✓ Un lieu d'innovation et d'expertise,
- ✓ Une vitrine internationale
- ✓ Au service d'un territoire



Les défis scientifiques de la méthanisation



Quelques exemples d'innovations

Flash BMP®

Spectrométrie proche infrarouge pour prédire le potentiel m éthane des déchets solides

2006-2009

2009-2013

2014...



TRL

1

2

3



Process Biochemistry 45 (2010) 431–440

Contents lists available at ScienceDirect

Process Biochemistry

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

Review

Alternative methods for determining anaerobic biodegradability: A review

M. Lesteur^{a,*}, V. Bellon-Maurel^b, C. Gonzalez^c, E. Latriolle^a, J.M. Roger^b, G. Junqua^a, J.P. Steyer^{a,*}

^aINRA, UR1050, Laboratoire de Biotechnologie de l'Environnement, Avenue des Etangs, Néaumes 1-11100, France
^bUMRI 1242P – Information and Technologies for Agroforestry, BP 50905, 34033 Montpellier Cedex 3, France
^cLaboratoire Génie de l'Environnement Industriel, Ecole des Mines d'Alès, 6 avenue de Clavières, 30119 Alès Cedex, France

Bioresource Technology 102 (2011) 2261–2268

Contents lists available at ScienceDirect

Bioresource Technology

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

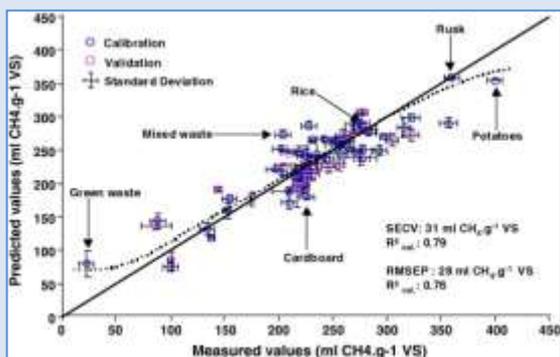
First step towards a fast analytical method for the determination of Biochemical Methane Potential of solid wastes by near infrared spectroscopy

M. Lesteur^{a,b,c}, E. Latriolle^a, V. Bellon Maurel^b, J.M. Roger^b, C. Gonzalez^c, G. Junqua^a, J.P. Steyer^{a,b}

^aINRA, UR1050, Laboratoire de Biotechnologie de l'Environnement, Avenue des Etangs, Néaumes 1-11100, France
^bUMRI 1242P – Information and Technologies for Agroforestry, BP 50905, 34033 Montpellier Cedex 3, France
^cLaboratoire Génie de l'Environnement Industriel, Ecole des Mines d'Alès, 6 avenue de Clavières, 30119 Alès Cedex, France

Recherche académique et preuve du concept




Développement technologique



CATALOGUE ANALYTIQUE 2014

ANALYSES ENVIRONNEMENTALES

METHANISATION

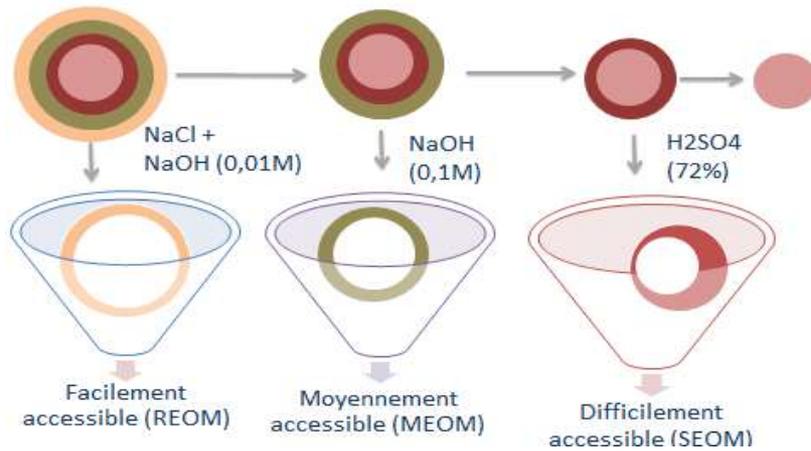
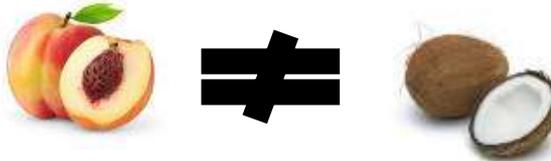
MENUS ANALYTIQUES METHANISATION

Menu Potentiel Méthanogène Flash® ; résultats en 5 jours	Prix unitaire HT
Mesure du potentiel méthanogène (Méthode Flash BMP® par spectroscopie infra-rouge), Matière sèche - Matière volatile, Préparation échantillon, Prise en charge	237,79 €

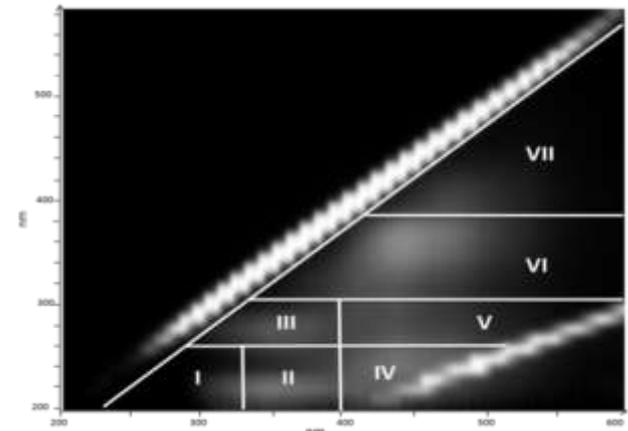
250 analyses vendues
Depuis février 2014

Mise sur le marché et commercialisation

Quelques exemples d'innovations



Fractionnement chimique



Fluorescence 3D

Waste Management 34 (2014) 2572–2580

Contents lists available at ScienceDirect

Waste Management

journal homepage: www.elsevier.com/locate/wasman

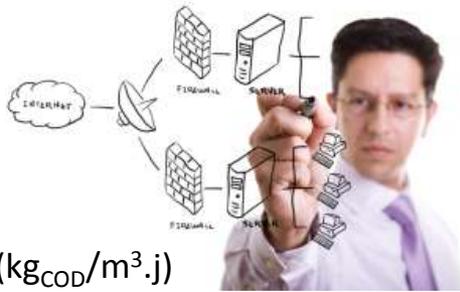
Combining chemical sequential extractions with 3D fluorescence spectroscopy to characterize sludge organic matter

Mathieu Muller^{a,c,1}, Julie Jimenez^{c,b,*}, Maxime Antonini^c, Yves Dudal^{a,1}, Eric Latrille^c, Fabien Vedrenne^b, Jean-Philippe Steyer^c, Dominique Patureau^c

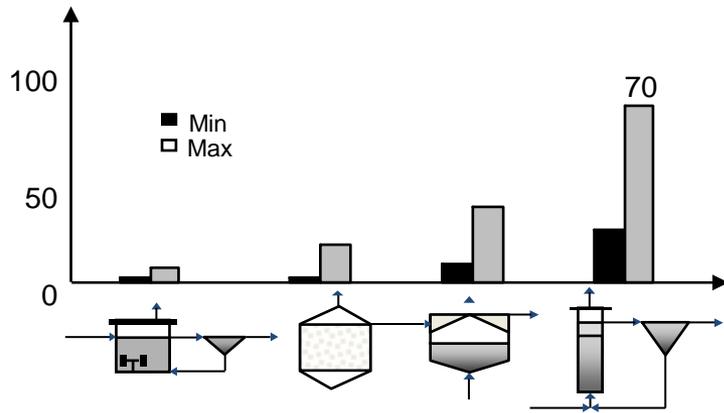
^a INRA, UMRI 1222, Ecologie microbienne et biogéochimie du sol, 2 Place Pierre Viala, Bâtiment 12, Montpellier cedex 2 F-34090, France
^b Voies Environnement R&D, Centre de Recherche sur l'Eau, Maison-Lafitte F-78003, France
^c INRA, UR050, Laboratoire de Biotechnologie de l'Environnement, Avenue des Etangs, Nérbonne F-31100, France

Quelques exemples d'innovations

N'oublions pas la Nature !



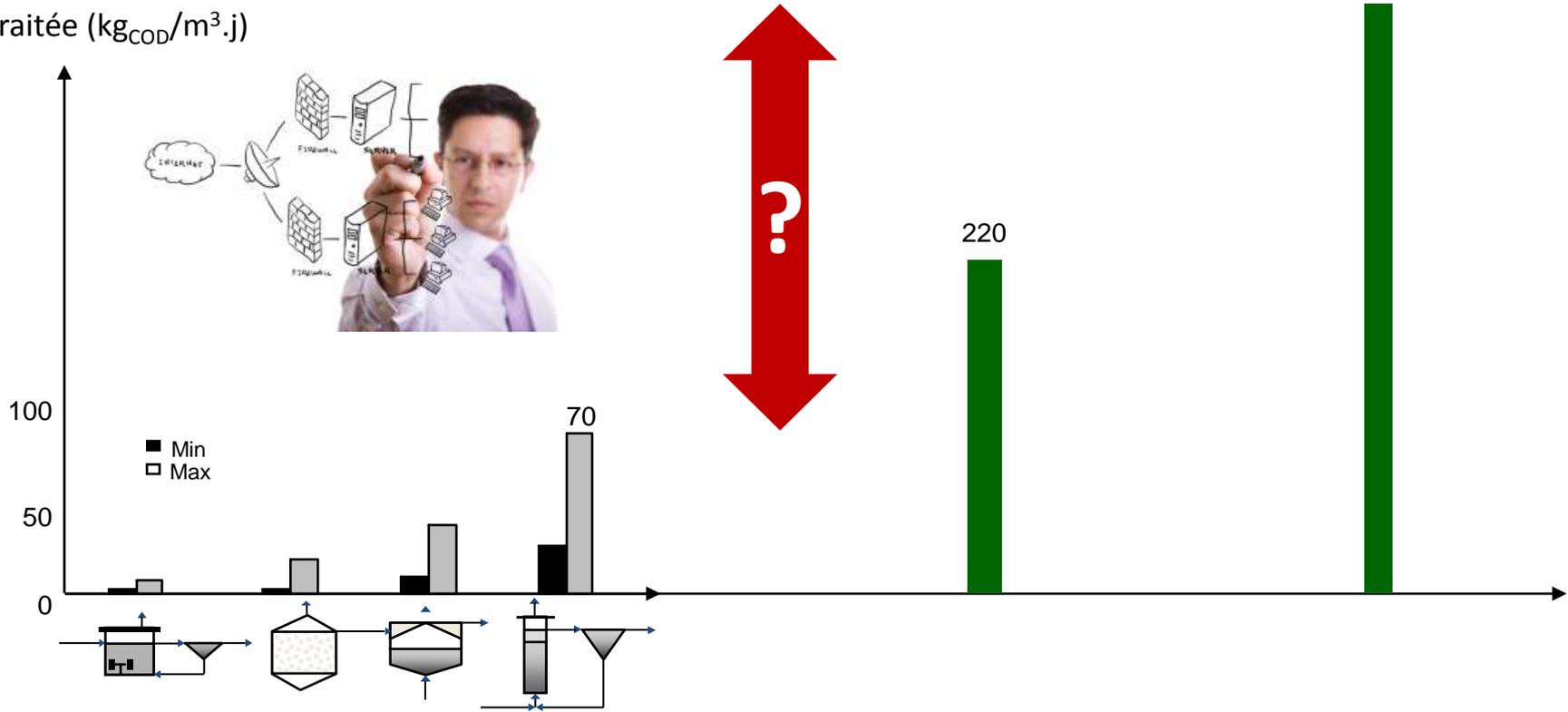
Pollution traitée ($\text{kg}_{\text{COD}}/\text{m}^3.\text{j}$)



Quelques exemples d'innovations

N'oublions pas la Nature !

Pollution traitée (kg_{COD}/m³.j)



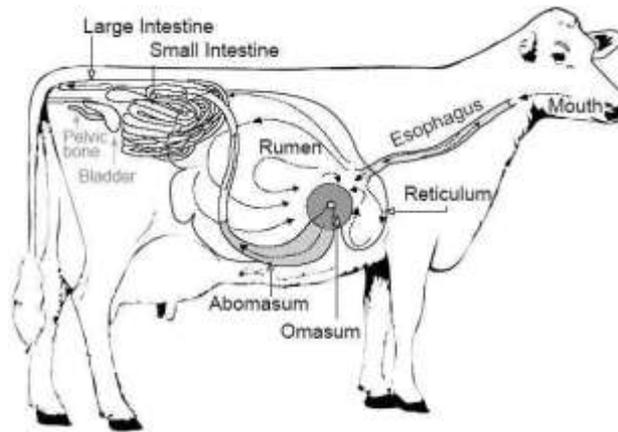
Quelques exemples d'innovations

N'oublions pas la Nature !

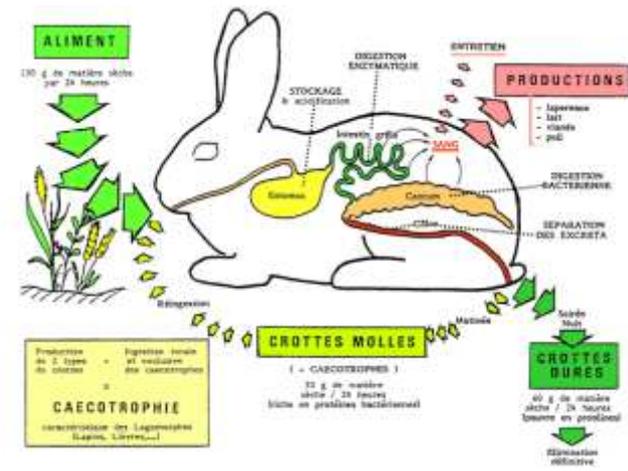
Effet de la microbiologie ?



Effet du design des procédés ?



Effet des conditions opératoires ?



Quelques exemples d'innovations

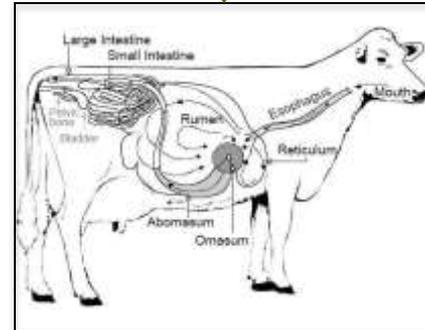
N'oublions pas la Nature !



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

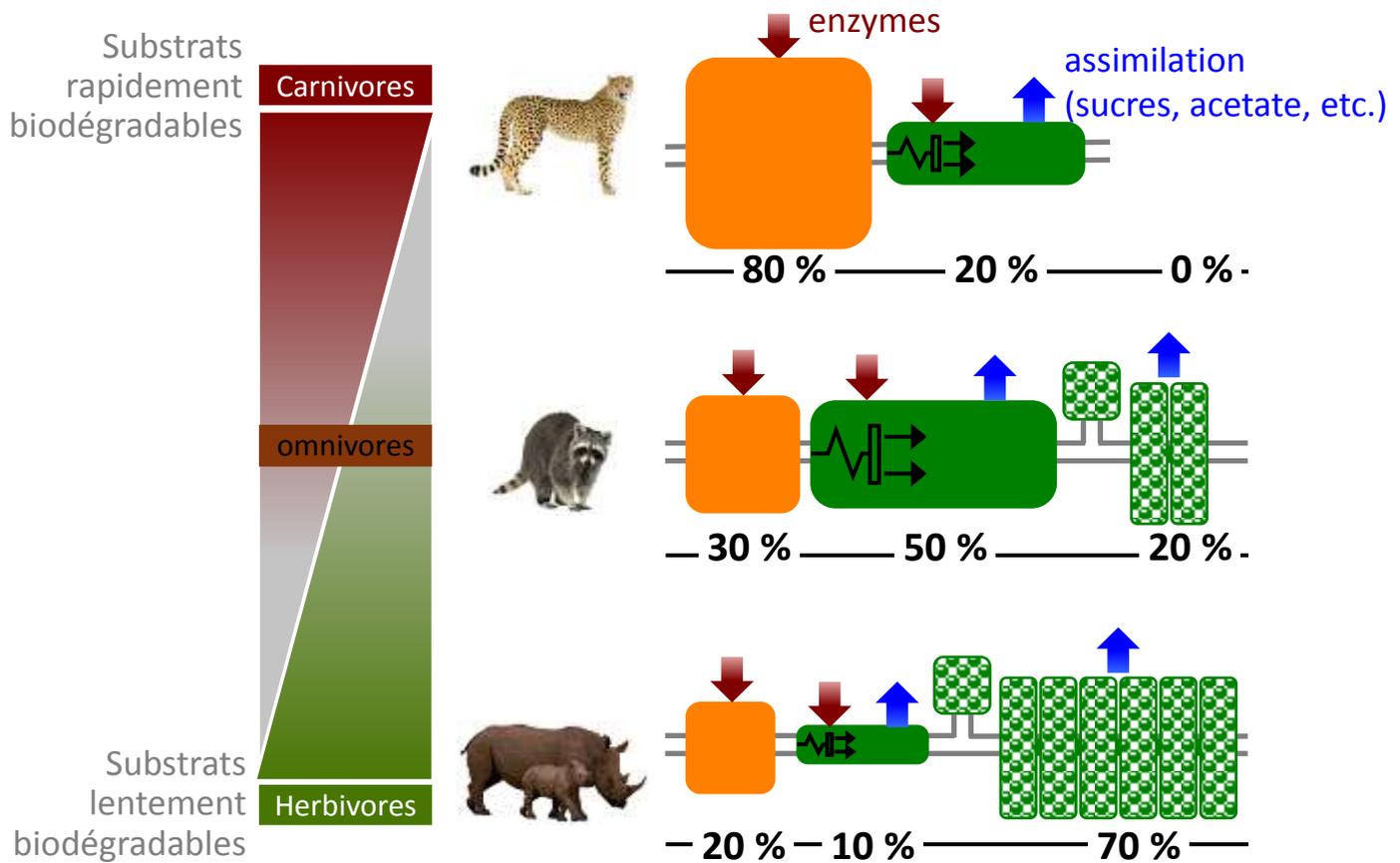
Overview of the Oldest Existing Set of Substrate-optimized Anaerobic Processes: Digestive Tracts

Jean-Jacques Godon • Laure Arcemishère •
Renaud Escudé • Jérôme Harmand • Edouard Miambi •
Jean-Philippe Steyer



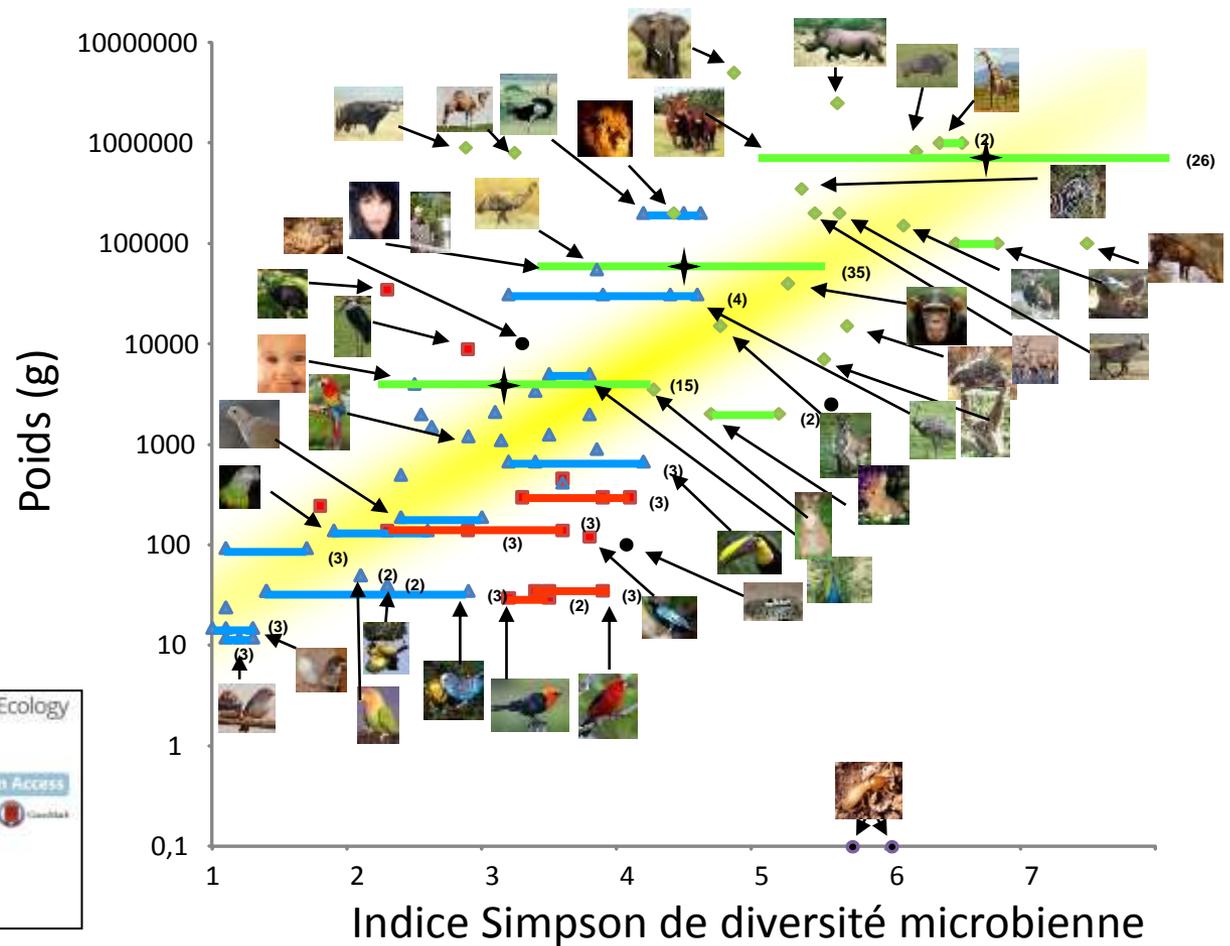
Quelques exemples d'innovations

N'oublions pas la Nature !



Quelques exemples d'innovations

N'oublions pas la Nature !



Godon et al. BMC Ecol (2016) 16:12
 DOI 10.1186/s12899-016-0071-2

BMC Ecology

RESEARCH ARTICLE Open Access

Vertebrate bacterial gut diversity: size also matters

Jean-Jacques Godon^{1†}, Pugazhendhi Anilazhagan^{1,2}, Jean-Philippe Steyer³ and Jérôme Hamelin³

[†]Correspondence: godon@univ-poitiers.fr

¹UMR 1213 Ecologie Evolutive et Fonctionnelle, CNRS, Université de Montpellier, Montpellier, France

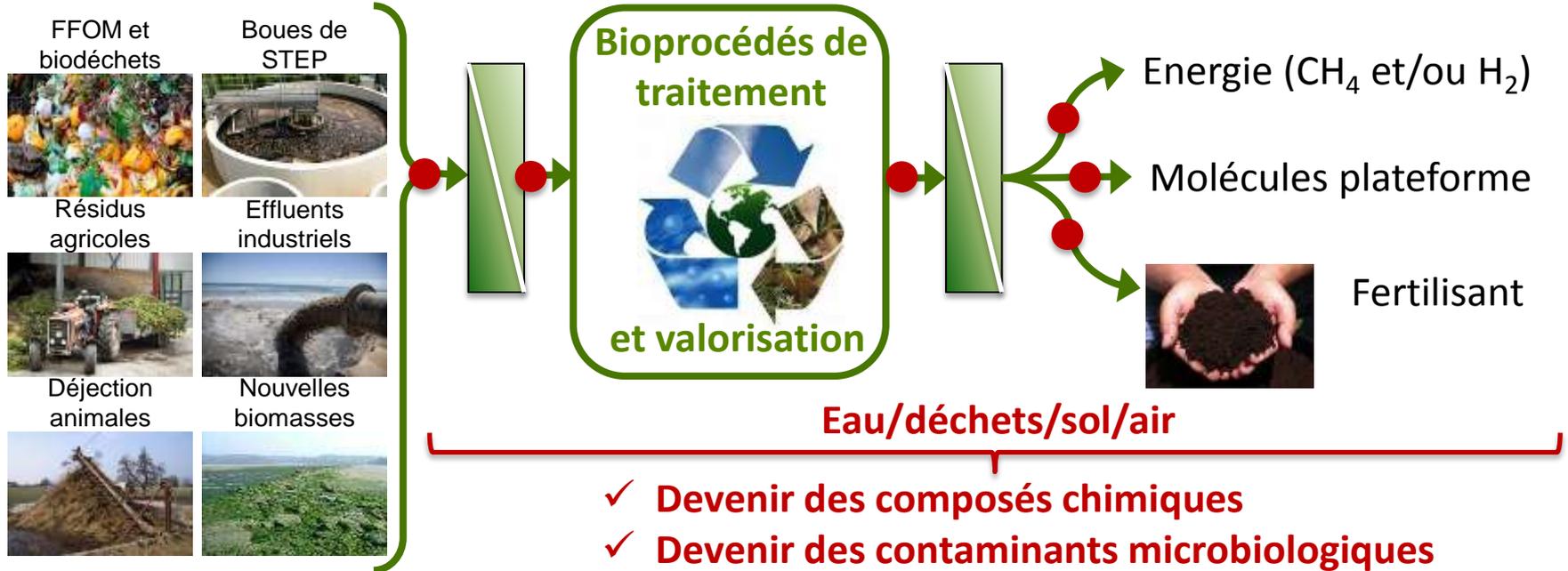
²UMR 1213 Ecologie Evolutive et Fonctionnelle, CNRS, Université de Montpellier, Montpellier, France

³UMR 1213 Ecologie Evolutive et Fonctionnelle, CNRS, Université de Montpellier, Montpellier, France

© 2016 Godon et al.; licensee BMC. This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author(s) and the source are credited.

Quelques exemples d'innovations

Impacts environnementaux et sanitaires



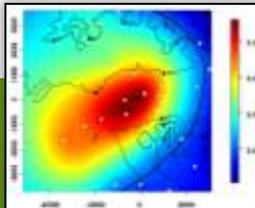
- ✓ Devenir des composés chimiques
- ✓ Devenir des contaminants microbiologiques

Pedosphere 22(4): 508-517, 2012
 ISSN 1002-0160/CN 32-1315/P
 © 2012 Soil Science Society of China
 Published by Elsevier B.V. and Science Press

PEDOSPHERE
www.elsevier.com/locate/pedosphere

Anaerobic Removal of Trace Organic Contaminants in Sewage Sludge: 15 Years of Experience¹

M. BARRET, L. DELGADILLO-MIRQUEZ, E. TRABLY, N. DELGENES, F. BRAUN, G. CEA-BARCIA, J. P. STEYER and D. PATUREAU^{1,2}
 INRA, UR0050, Laboratoire de Biotechnologie de l'Environnement, Narbonne F-11100 (France)



OPEN ACCESS freely available online

PLOS ONE

Needles of *Pinus halepensis* as Biomonitoring of Bioaerosol Emissions

Amandine Galès, Eric Latrielle, Nathalie Wéry, Jean-Philippe Steyer, Jean-Jacques Godon¹
 INRA, UR0050, Laboratoire de Biotechnologie de l'Environnement, Narbonne, France

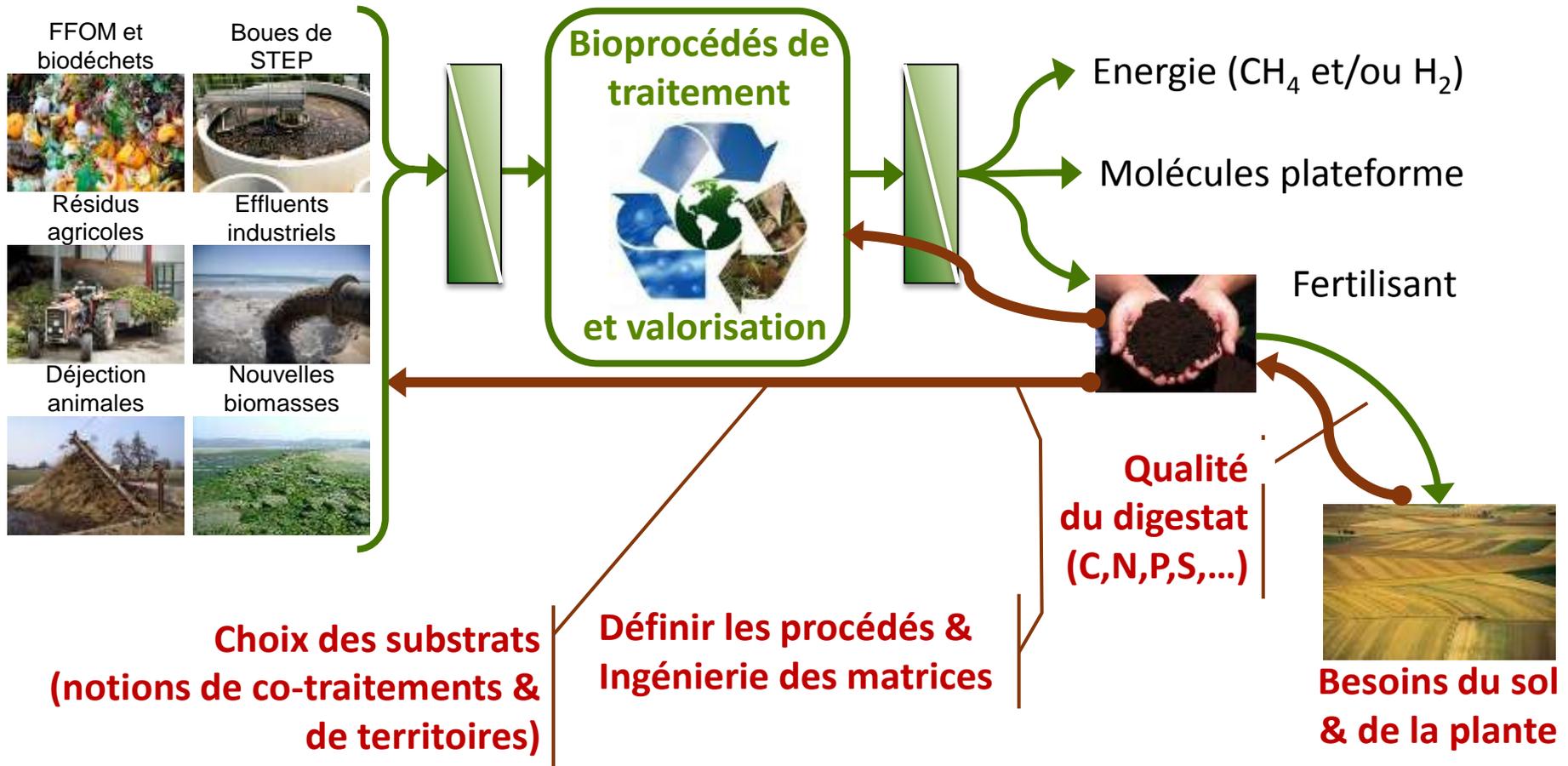
frontiers in Microbiology

Persistence and Potential Viable but Non-culturable State of Pathogenic Bacteria during Storage of Digestates from Agricultural Biogas Plants

Géraldine Magnaud¹, Anne-Marie Pouchard^{1,2}, Christine Zieba^{1,3}, Ariste Clary¹, Céline Drullier^{1,3}, Jean-Philippe Steyer¹ and Nathalie Wéry^{1*}
¹INRA, UR0050, Narbonne, France; ²IFV (INRAE), Saint-Genès, France; ³INRA, UR0050, Narbonne, France

Quelques exemples d'innovations

Aspects agronomiques et ingénierie reverse



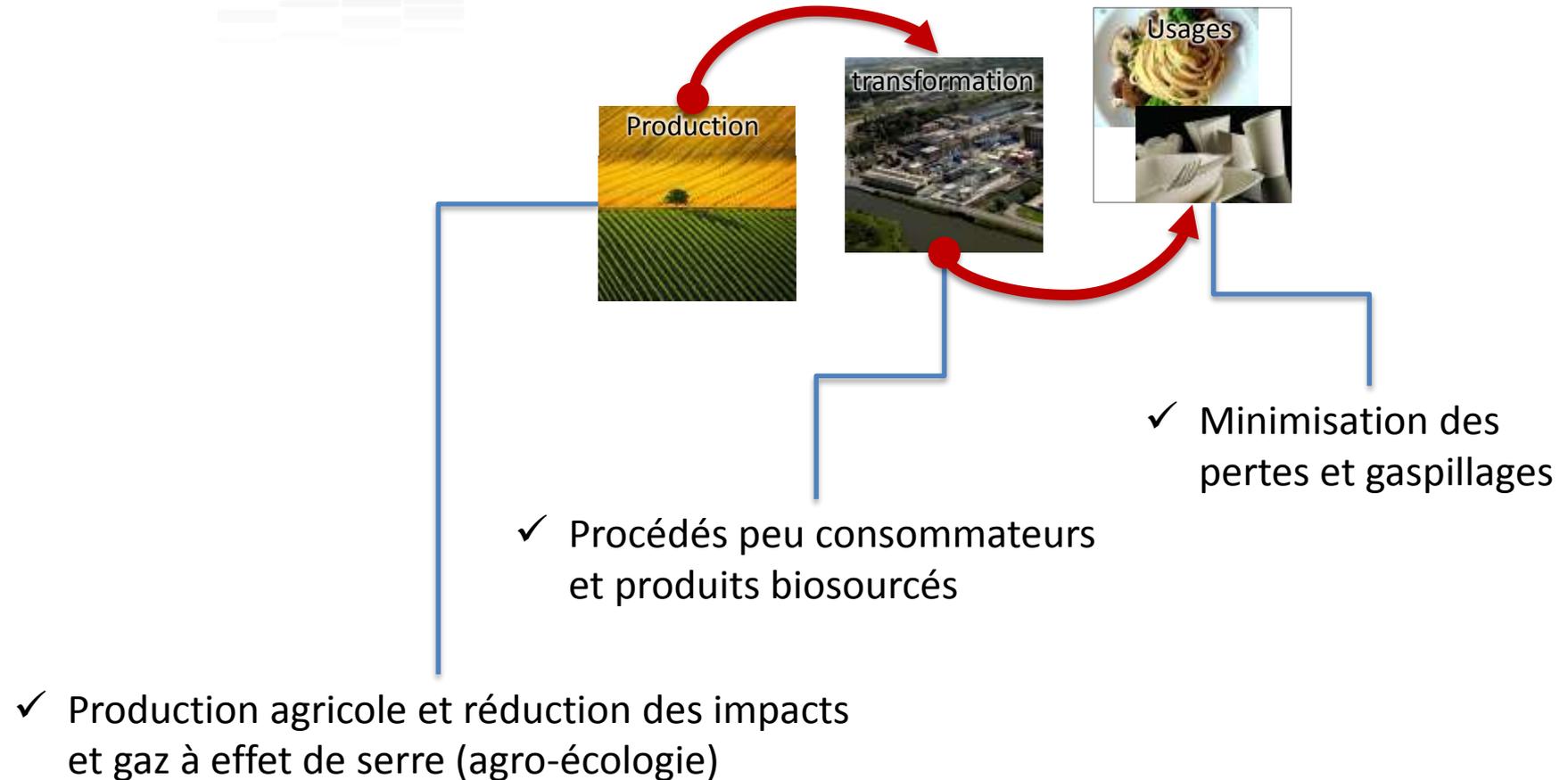
En guise de conclusion

Une vision filière : de la matière première à l'usage

- ✓ *Etre acteur pour agir en fonction de besoins d'usage*
- ✓ *Nos résidus ont une valeur et sont une ressource*
- ✓ *Penser dans une logique d'économie circulaire*

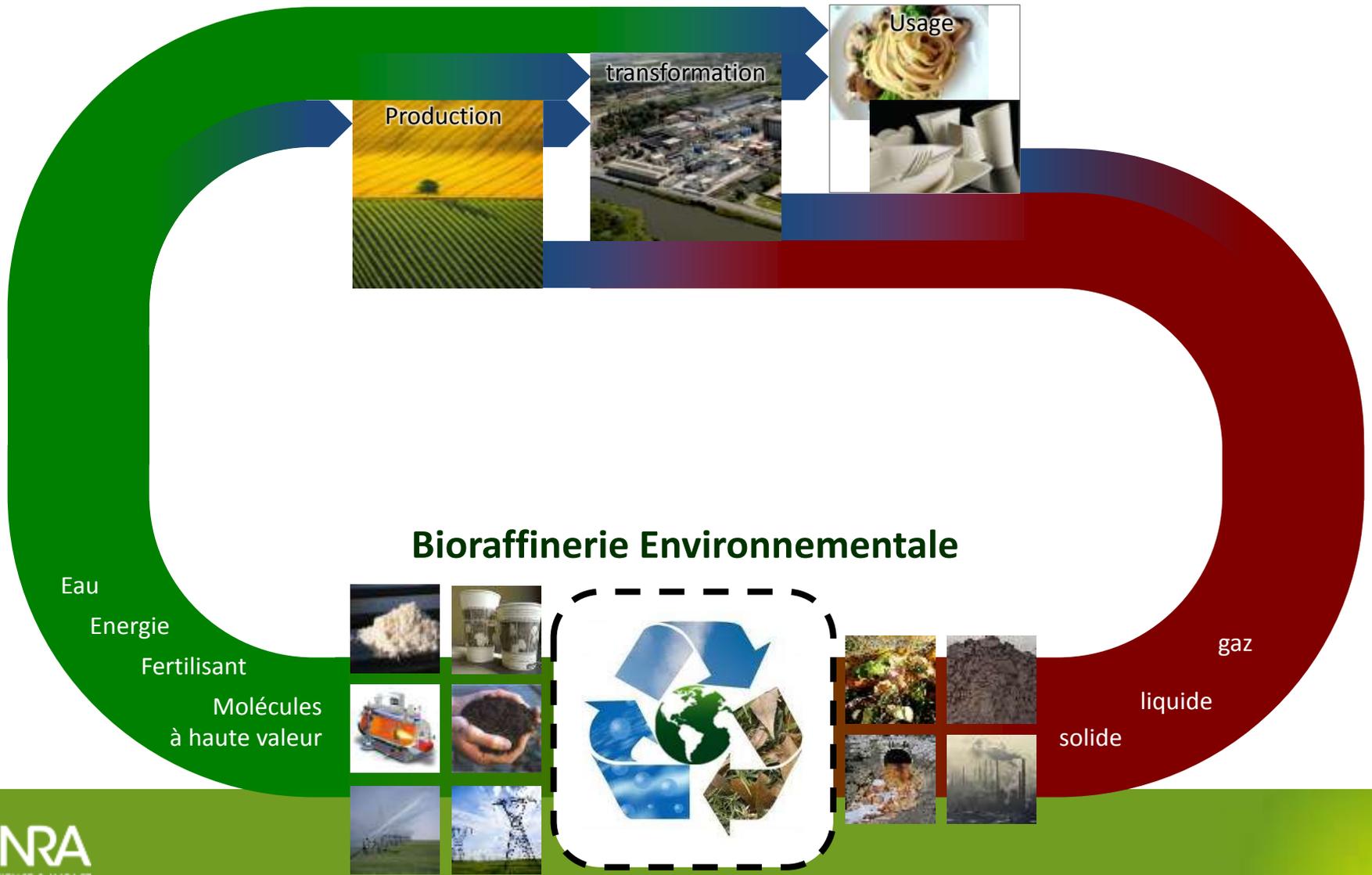
En guise de conclusion

Une vision filière : de la matière première à l'usage



En guise de conclusion

La méthanisation, un élément clé de la bioraffinerie environnementale



En guise de conclusion

La méthanisation, un élément clé de la bioraffinerie environnementale

