



JRI

Journées Recherche Innovation
Biogaz méthanisation

2-4 octobre 2018 - RENNES

Addition de matériaux conducteurs à base de carbone et oligoéléments pour stabiliser la digestion anaérobie des biodéchets alimentaires

G. Capson-Tojo, D. Ruiz, C. Girard, M. Rouez, M. Crest,
N. Bernet, J.-P. Steyer, J.-P. Delgenès, R. Escudié



Introduction



Objectifs principaux

- **Caractérisation** des biodéchets commerciaux de producteurs du GN
- Evaluer des alternatives pour **valoriser ces biodéchets** via des procédés anaérobies
- Développer des **procédés industriels innovants** pour leur valorisation

Les biodéchets

- “Masse de nourriture perdue ou gaspillée dans une partie de la chaîne d'approvisionnement alimentaire destinée à la consommation humaine”
- **1/3** de la production mondiale de nourriture
- Principal contributeur de la FFOM
- Croissance de 44 % attendue entre 2005 et 2025



Mise en décharge



Incinération



Compostage



Digestion Anaérobie
(DA)

FAO (2012), Gustavsson et al. (2011), Melikoglu et al. (2013), UN (2011)

Les biodéchets

- “Masse de nourriture perdue ou gaspillée dans une partie de la chaîne d'approvisionnement alimentaire destinée à la consommation humaine”
- **1/3** de la production mondiale de nourriture
- Principal contributeur de la **FFOM**
- Croissance de 44 % attendue entre 2005 et 2025






Compostage



**Digestion Anaérobie
(DA)**

FAO (2012), Gustavsson et al. (2011), Melikoglu et al. (2013), UN (2011)

Caractéristiques des biodéchets et DA

Pays	MS w/w) (%)	MV MS) (%)	Carbohydrates (%)	Protéines (%)	Lipides (%)	C/N
	23,7	91,4	41,4	15,1	23,5	13,9
	27,5	86,6	~ 56,4	16,1	17,5	18,3
	21,0	90,3	61,8	19,8	12,1	16,1

 **BMPs: 300-600 ml CH₄·g MV⁻¹**

Banks et al. (2012), Capson-Tojo et al. (2017a), VALORGAS (2010)

Les principaux défis de la DA des biodéchets

Dégradation rapide

Défi dans des procédés **batch** :
accumulation initiale des AGV et
acidification

Forte teneur en azote

Défi dans des procédés **continus** : accumulation
de NH_3 et **inhibition**

Matière organique



AGV

Azote organique



NH_3

Inhibition des **archées** méthanogènes



Accumulation des AGV

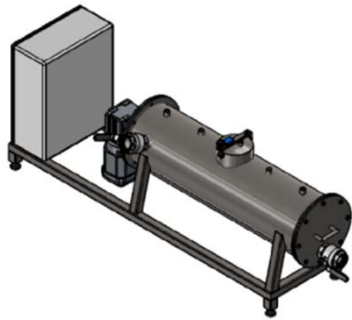


Chute du pH



Méthanisation de biodéchets en batchs successifs

Conditions opératoires



- **Volume 20L**
- **Température mésophile**
- **Biodéchets commerciaux du GN**
- **2 conditions: contrôle (biodéchets)**

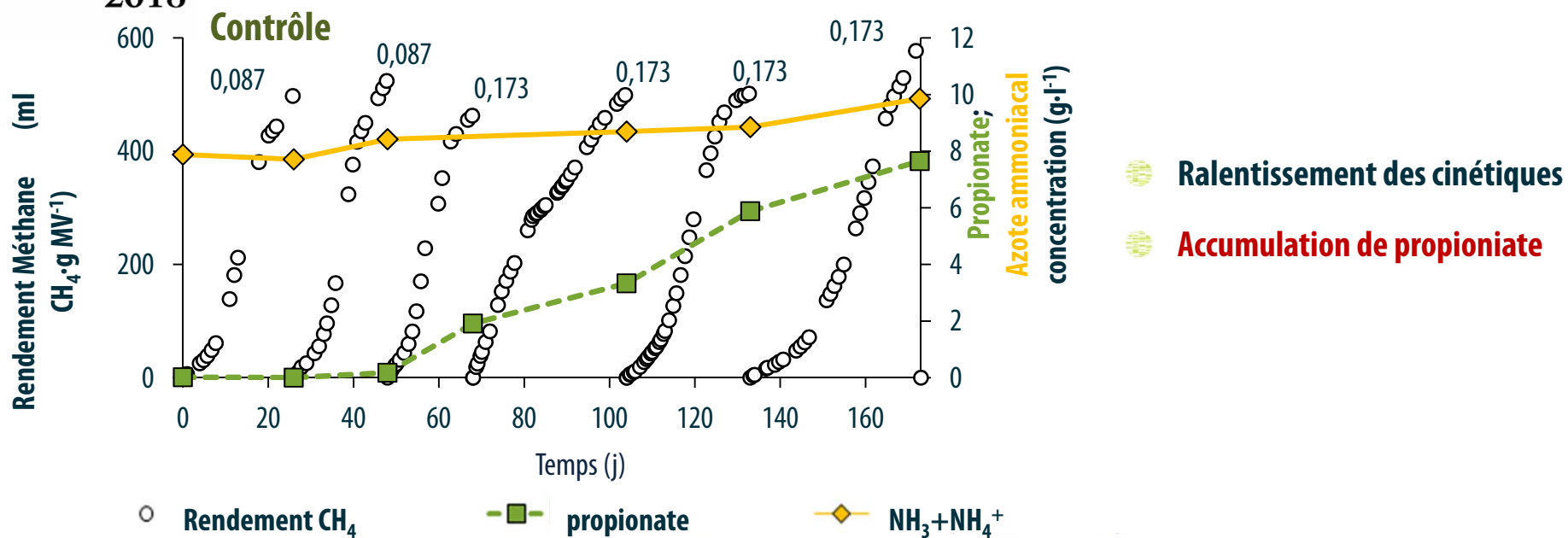
codigestion (biodéchets+ Papier/carton)

Stratégie d'alimentation

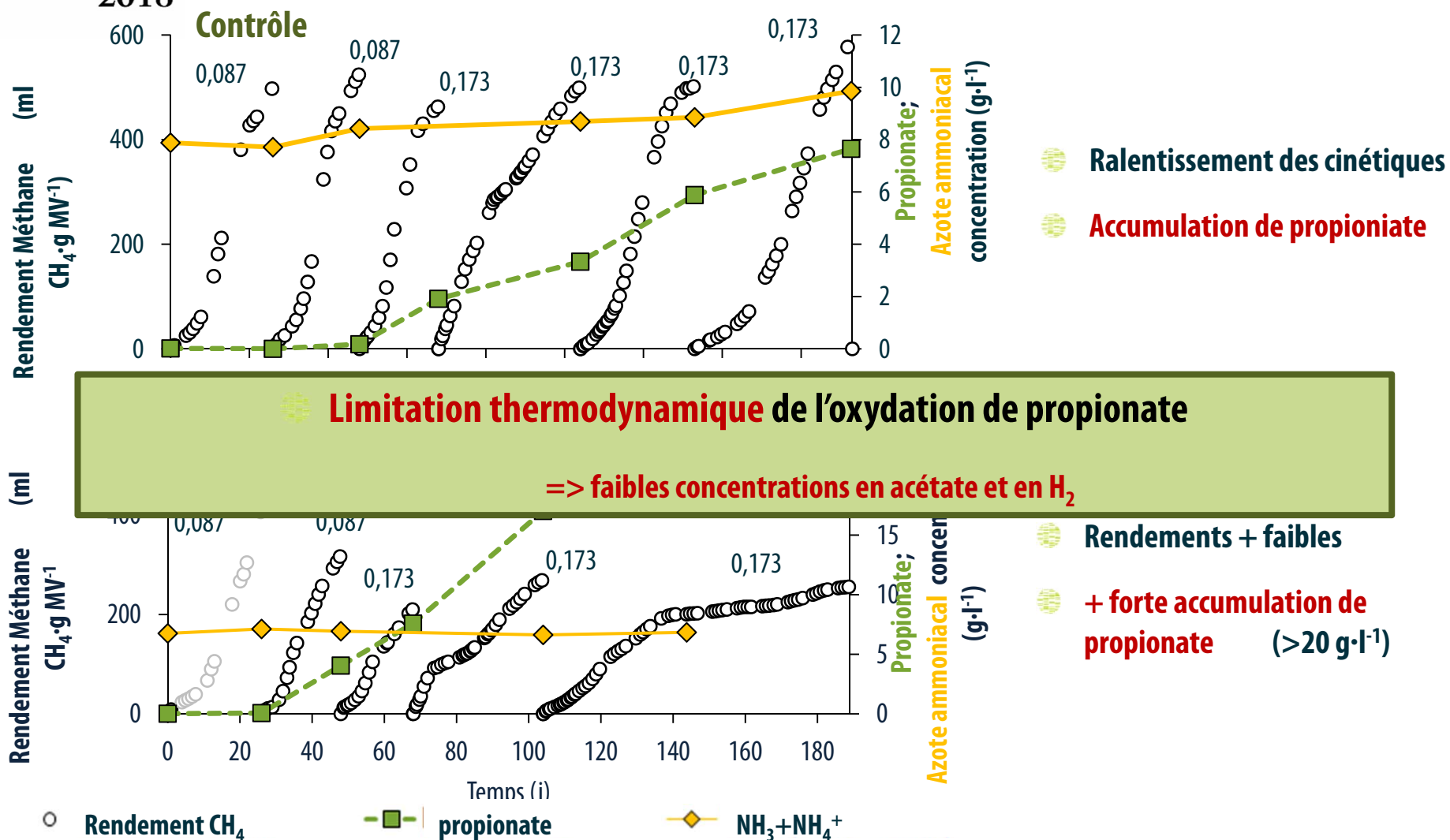
- **1^{ère} alimentation:** Charge de 0,087 kg/kg_{inoculum} (S/X 0.25 g MV·g MV⁻¹) **× 2**
- **2^{ème} alimentation:** Charge de 0,173 kg/kg_{inoculum} (S/X 0.5 g MV·g MV⁻¹)
- **Réalimentation:** plateau de production de biogaz

ou rendement méthane de 500 ml CH₄·g MV⁻¹ atteint

Méthanisation de biodéchets en batchs successifs

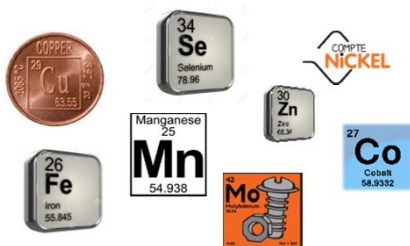


Méthanisation de biodéchets en batchs successifs



Eléments Traces Métalliques (ETM)

- Indispensable pour la synthèse d'enzymes



- Amélioration des cinétiques de productions de CH₄ et de dégradation des AGV

- CVA plus élevée

ETM dans les biodéchets commerciaux

Composés	Concentration (mg·kg TS ⁻¹)
Fe	1 114
Co	non détecté
Cu	11,2
Mn	27,6
Mo	1,26
Zn	38,4
Ni	1,19
Se	?

Carence en ETM?

Matériaux conducteurs à base de carbone

- Solides stables, riches en C, produits par pyrolyse de biomasses



Charbons actifs (CA)



Biochar

- Haute surface spécifique, surface hydrophobe, et **matériau conducteur** (accepteur et donneur d'e⁻)
- Favorise la formation **de biofilms**, la sorption chimique d'inhibiteurs

Hypothèses/Objectifs

- Amélioration des cinétiques de la DA grâce à des interactions syntrophiques, à des transferts directs d'e⁻



Conditions expérimentales

- Biodéchets commerciaux
- Tests batch (5 conditions)
- T° mésophile
- Triplicat (15 prélèvements)
- S/X 1,00 g MV·g MV⁻¹
- Volume utile = 430 ml
- 10 g·l⁻¹ of CA
- 0,1 g Fe eq·l⁻¹

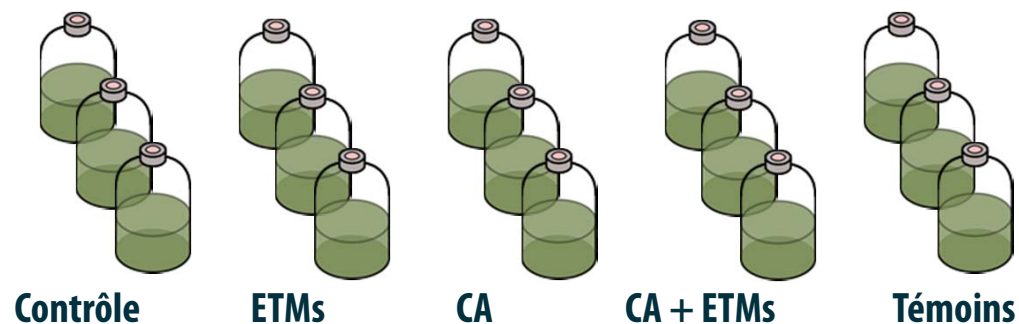
Composés	Concentration (mg·l ⁻¹)
Fe	100
Co	1,0
Cu	0,1
Mn	1,0
Mo	5,0
Zn	0,2
Ni	5,0
Se	0,2



Conditions expérimentales

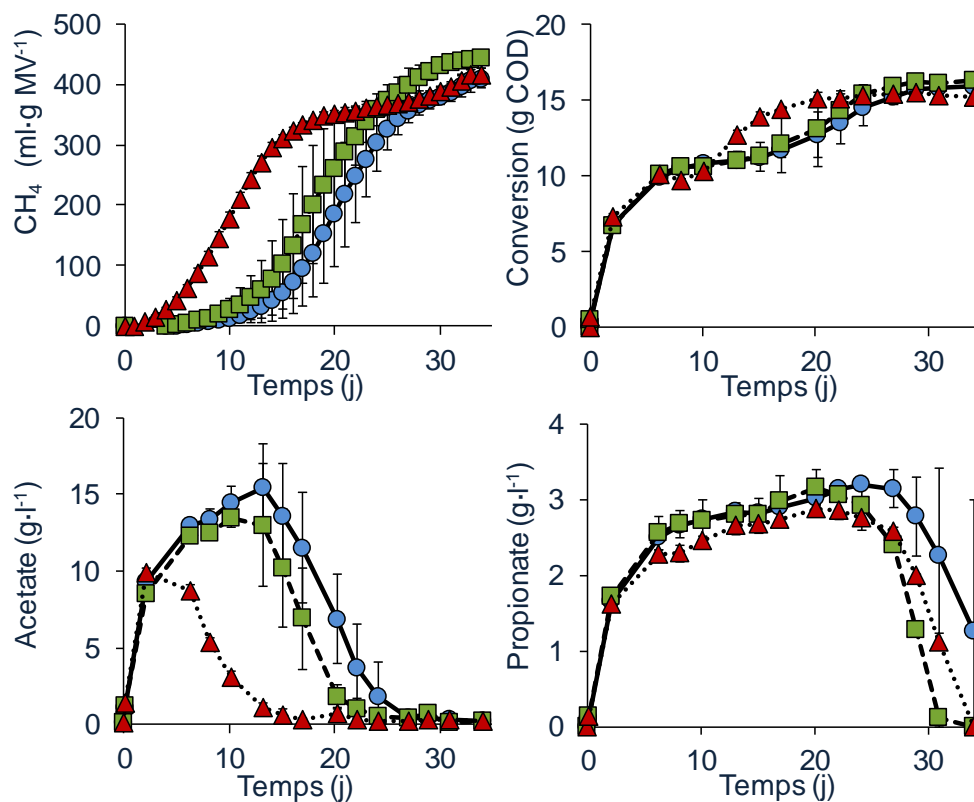
- Biodéchets commerciaux
- Tests batch (5 conditions)
- T° mésophile
- Triplicat (15 prélèvements)
- S/X 1,00 g MV·g MV⁻¹
- Volume utile = 430 ml
- 10 g·l⁻¹ of CA
- 0,1 g Fe eq·l⁻¹

Stratégie expérimentale



Stratégie d'alimentation

- 2 batchs consécutifs
- Alimentation lorsque [propionate] ≈ 0 (durée de 29 à 35 jours)



—●— Controle

—■— ETM

—▲— CA

- Rendement CH₄ et conversion proches
- Phase de latence pour la production de CH₄

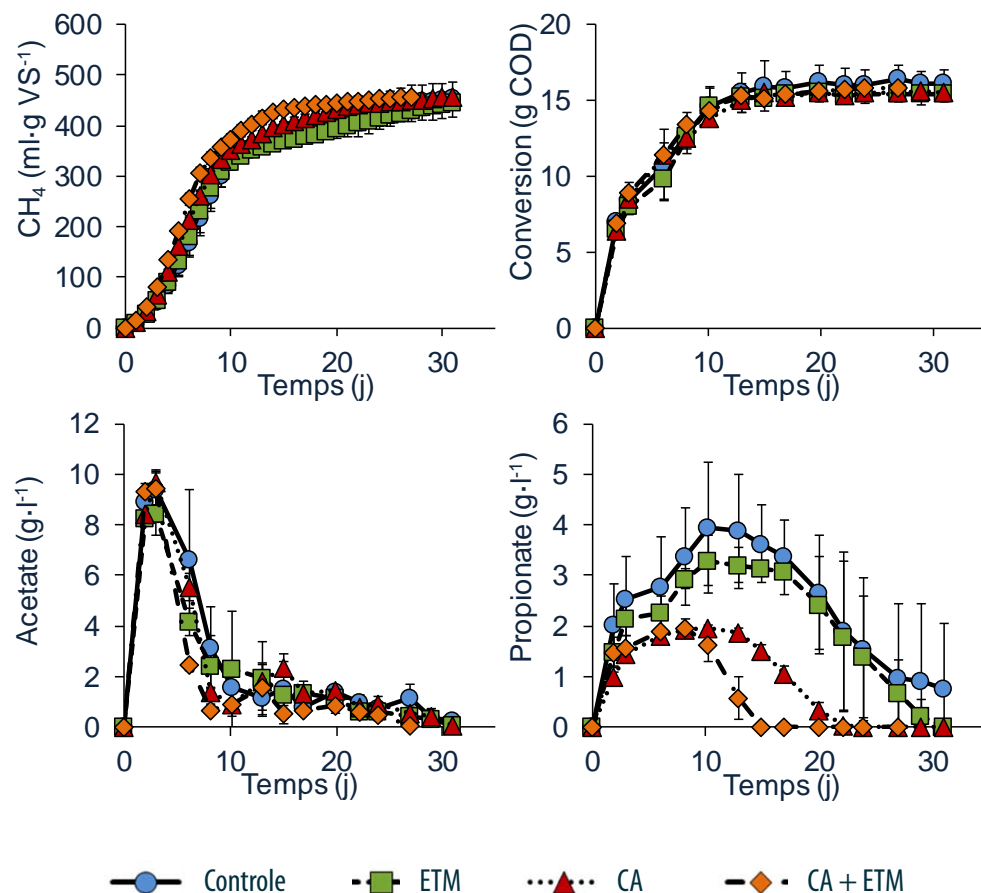
Effet de CA

- Amélioration de la consommation d'acétate
- Amélioration de la cinétique de production de CH₄
- Peu d'impact sur la consommation de propionate...

2^{ème} batch

CA + ETM

Impact de CA et d'ETM: Batch n°2



- Rendement CH₄, cinétique de conversion et de consommation d'acétate proches
- Amélioration des cinétiques par rapport au batch n°1 => Importance de l'**adaptation**

Effet du CA

- Amélioration importante de la cinétique de consommation de **propionate**
- Optimum: **CA + ETM**
- < ½ temps pour la consommation de propionate (durée du batch)

Capson-Tojo et al., Bioresource Technology (2018)

JRI 2018 Conclusions

- Accumulation d'**acide propionique**: **défi majeur** lors de la méthanisation des biodéchets commerciaux
- **Mode de fonctionnement en batch successif**: la production de méthane n'est pas le seul critère pertinent pour l'alimentation des digesteurs

Effet du Charbon Actif et des ETM

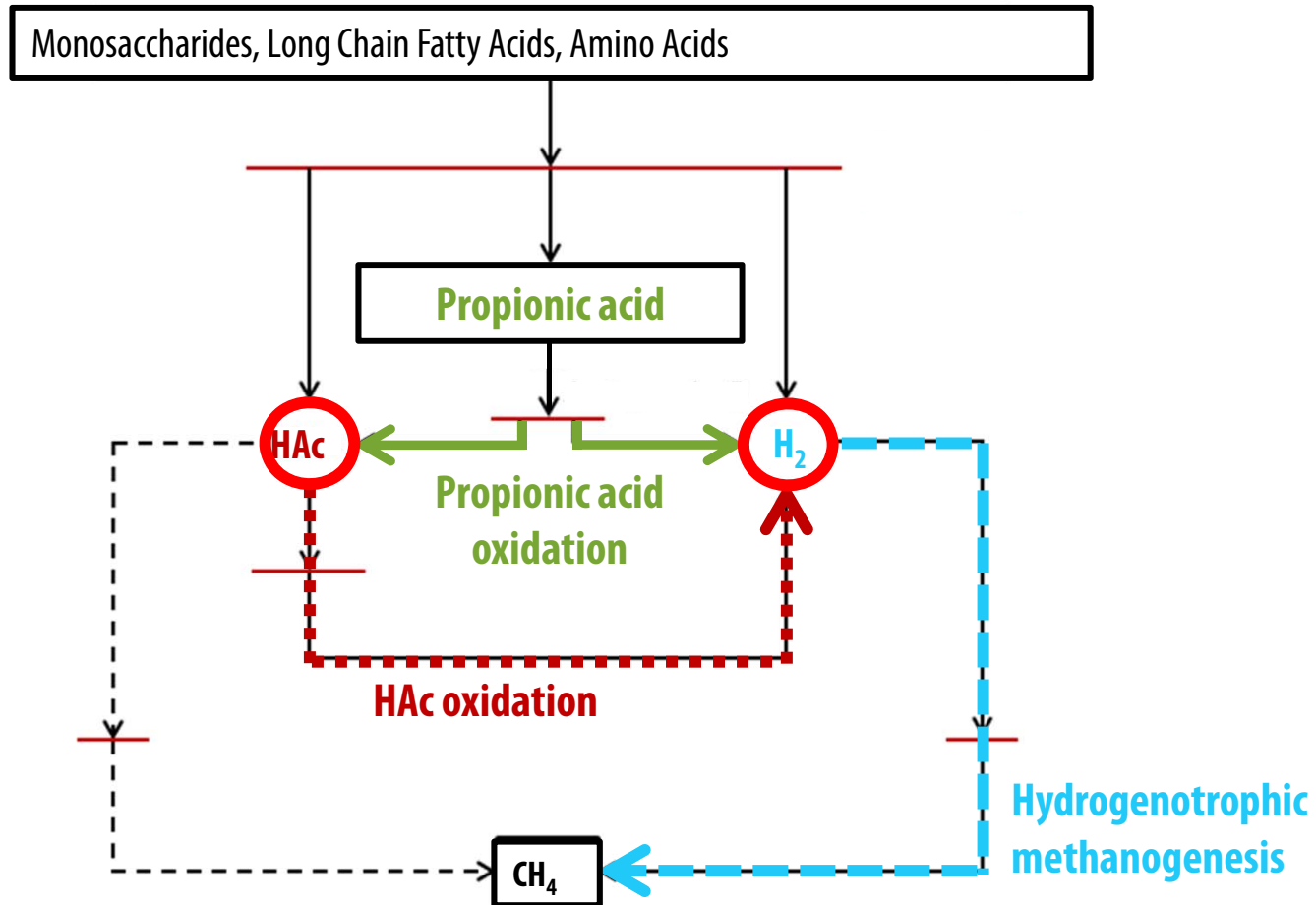
- ✓ **Amélioration de la dégradation des AGV** (acétate + propionate)
- ✓ Réduction de la durée du batch $< \frac{1}{2}$
- ✓ Favorise les interactions **syntrophiques** (DIET non confirmé)
- ✓ Applicabilité de cette stratégie à l'échelle industrielle

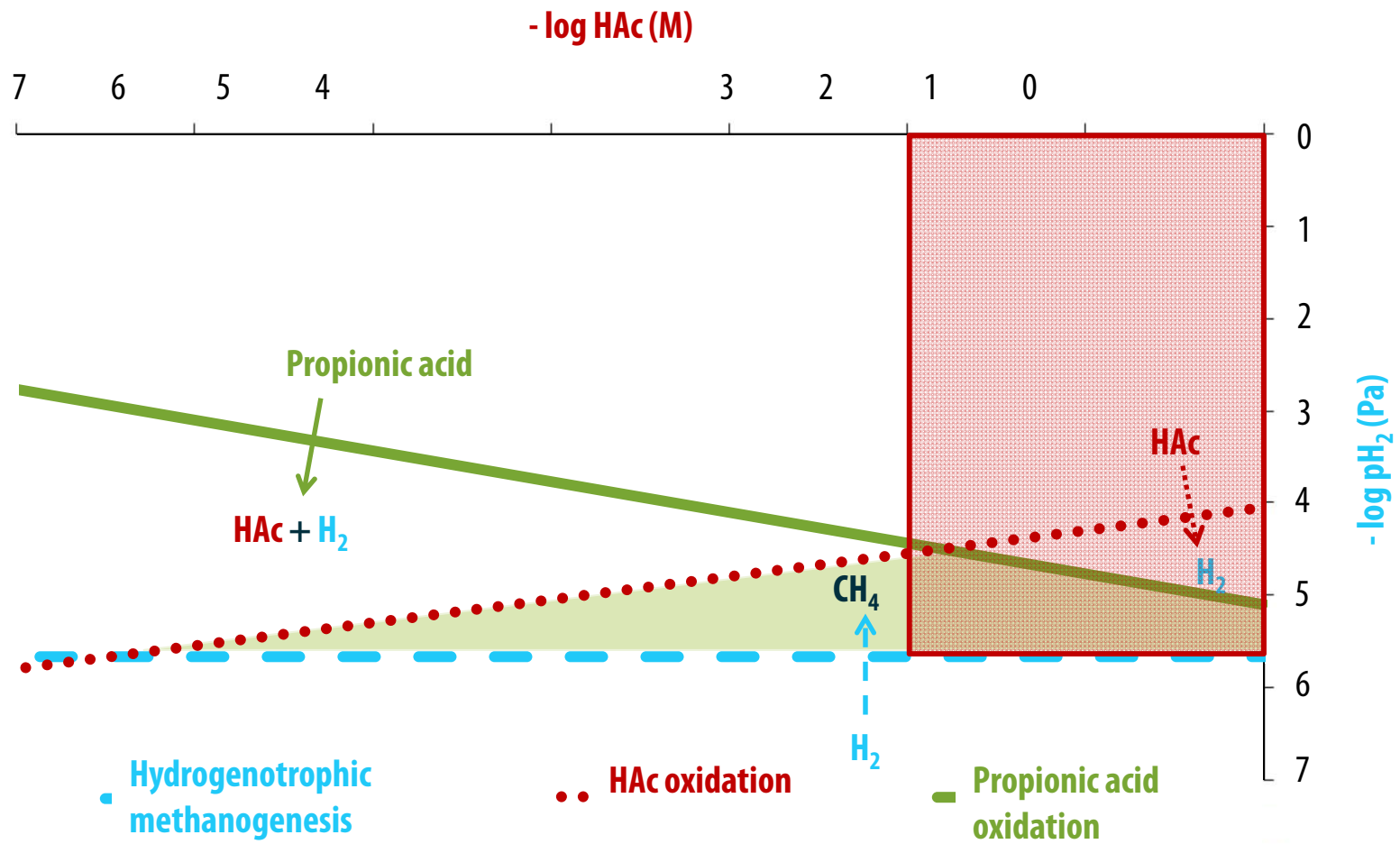
Merci de votre attention



LBE, INRA (France) <http://www1.montpellier.inra.fr/narbonne/>
renaud.escudie@inra.fr

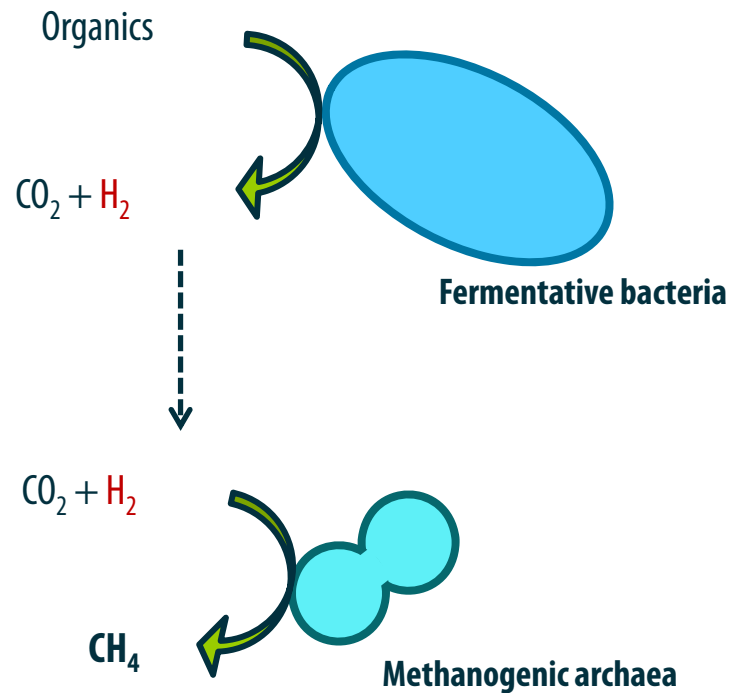
Why propionic acid accumulation???



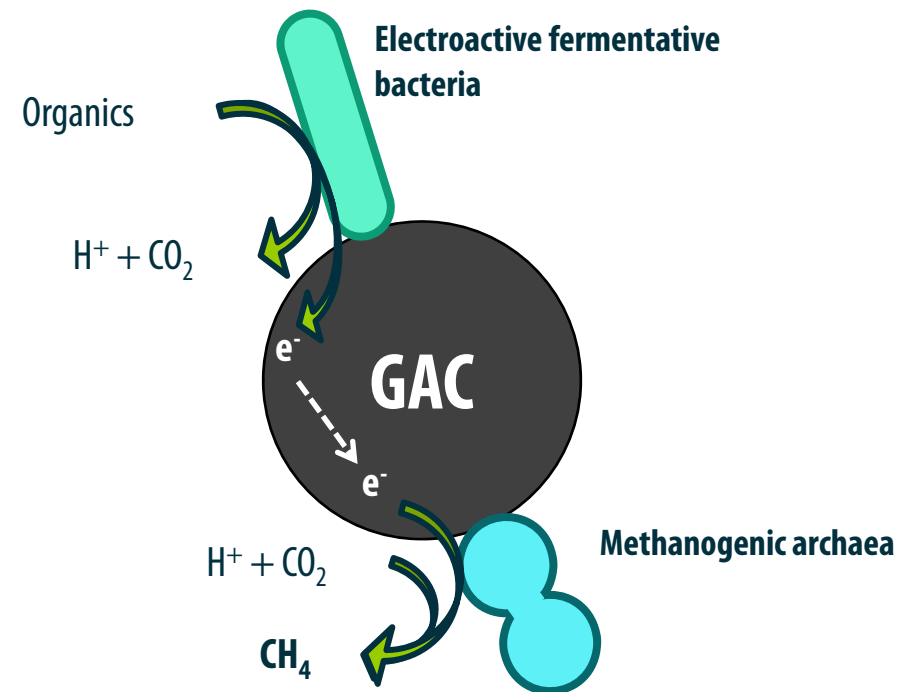


MIET VS. DIET for CH₄ production

Mediated interspecies e⁻ transfer (MIET)



Direct interspecies e⁻ transfer (DIET)



● **No H₂ produced: favored thermodynamics**

● **Faster e⁻ transfer**