15è conférence Biogaz et bioénergie.

APCAS. Saint-Hyacinthe - 8 mai 2018

Production de bio-hydrogène à partir du glycérol brut généré par l'industrie du biodiesel

Yann Le Bihan, Agent de R&D, CRIQ
Vinayak L. Pachapur Doctorant INRS
Satinder K. Brar, Ph.D. Professeure Titulaire INRS

©CRIQ – Tous droits réservés, 2018

Mise en contexte

- Projet conjoint avec INRS.

- Depuis novembre 2011
- 2 étudiants au doctorat bourse et complément de bourse
- + de 20 publications
- 1 brevet en cours d'analyse (publication retenue)

- **Étudiant 1**: production de biohydrogène à partir d'une souche microbienne (Enterobacter aerogenes) et du glycérol brut.

- **Étudiant 2**: production de biohydrogène à partir de CO-CULTURE (*Enterobacter aerogenes* + *Clostridium butyricum*) et du glycérol brut.

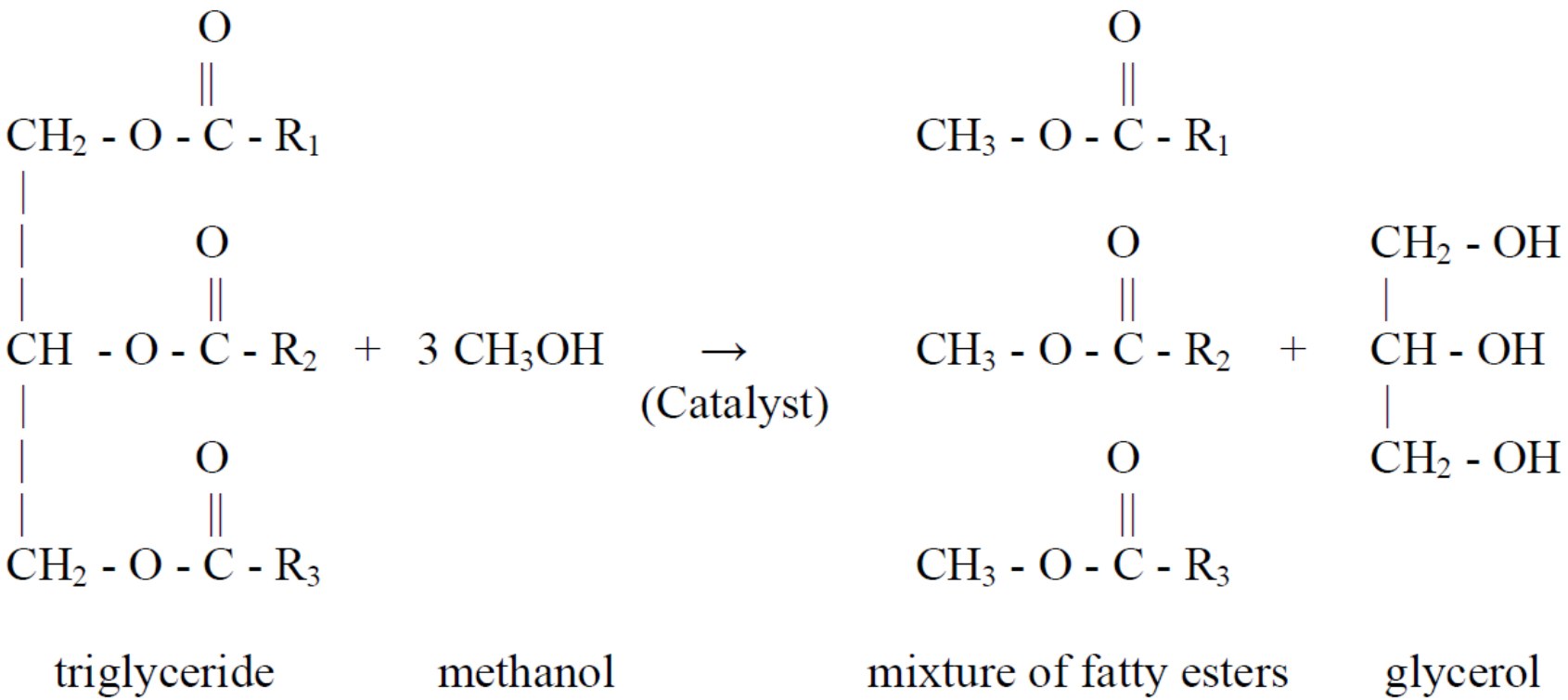
©CRIQ – Tous droits réservés, 2018

Mise en contexte

- Substrat utilisé: glycérol brut provenant de l'industrie du biodiesel.
- Le glycérol brut représente 10% du biodiesel produit.
- Contaminé avec du MetOH, savon, sel et est un déchet coûteux à disposer.
- La purification pour en produire du glycérol pure est trop coûteuse et énergivore (5 fois plus d'énergie que la fermentation);
- La disposition actuelle: enfouissement
- La fermentation s'avère une approche économique et efficace pour produire le BioH2

©CRIQ – Tous droits réservés, 2018

Mise en contexte



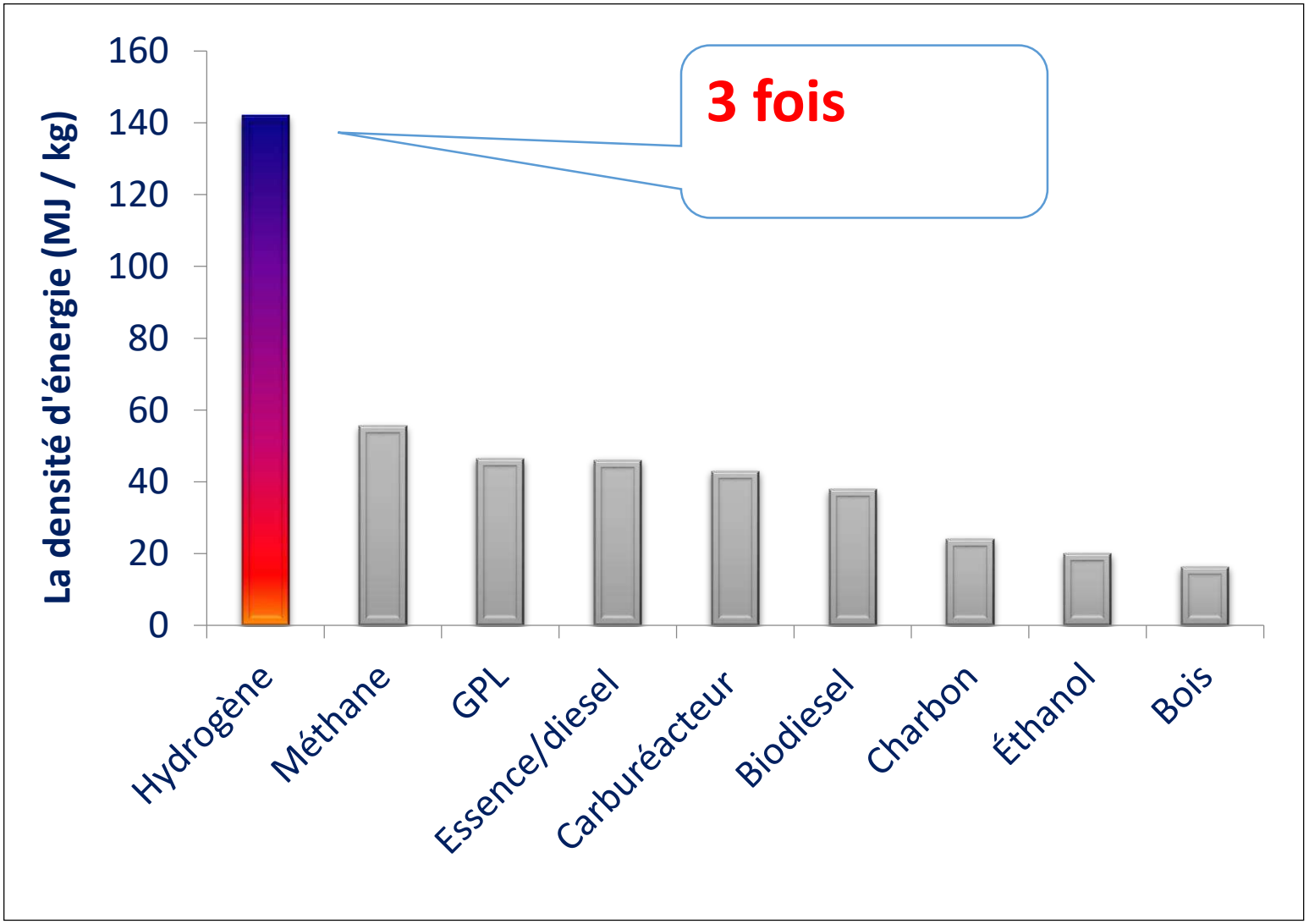
©CRIQ – Tous droits réservés, 2018

Contexte du biodiesel et glycérol au Canada

	Millions de L/an	m^3 de biodiesel/an	m^3 glycérol/an	Tonnes glycérol/an
Total au Canada	732	732 360	73 236	92 277
En construction	381	381 000	38 100	-
Au Québec	63	63 000	6 300	7 938

©CRIQ – Tous droits réservés, 2018

Pourquoi l'hydrogène ?



©CRIQ – Tous droits réservés, 2018

Production d'hydrogène

- Production de H_2 > 90% à partir de sources fossiles,
- Reformage à la vapeur du gaz naturel, pétrole, charbon,
- Électrolyse de l'eau (rendement énergétique ???),
- Fermentation: moins d'énergie (30 ° C),
- Glycérol brut (GB) est une matière première potentielle ($C_3H_8O_3$)

©CRIQ – Tous droits réservés, 2018

La recherche sur l'hydrogène

- 14 universités impliquées dans des projets au Canada
- 8 chaires de recherches
- 5 laboratoires du Gouvernement

- L'hydrogène au Québec: La recherche actuelle
- UQTR, INRS, UdeMTL, UdeConcordia, CNRC , Mc Gill

©CRIQ – Tous droits réservés, 2018

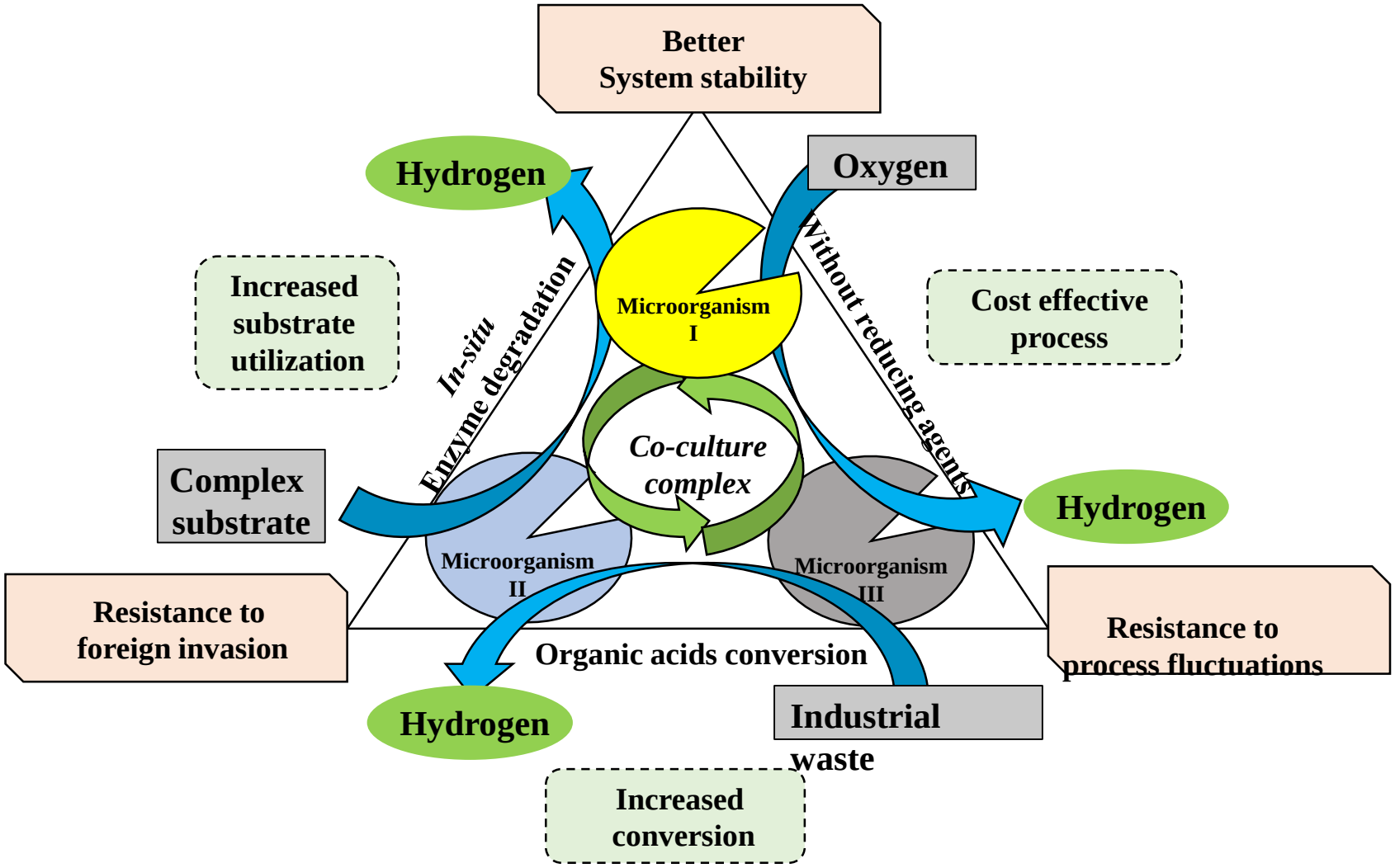
Véhicules actuellement construits

Les procédés de production de Bio H_2

- **Fermentation sombre**
- Photo-fermentation
- En deux étapes (sombre-photo et fermentation)
- Cellule d'électrolyse microbienne

©CRIQ – Tous droits réservés, 2018

Système en Co-culture



Pachapur *et al.*, 2015, Biological hydrogen production using co-culture versus mono-culture system. *Environmental Technology Reviews.* DOI: 10.1080/21622515.2015.1068381

©CRIQ – Tous droits réservés, 2018

Objectifs

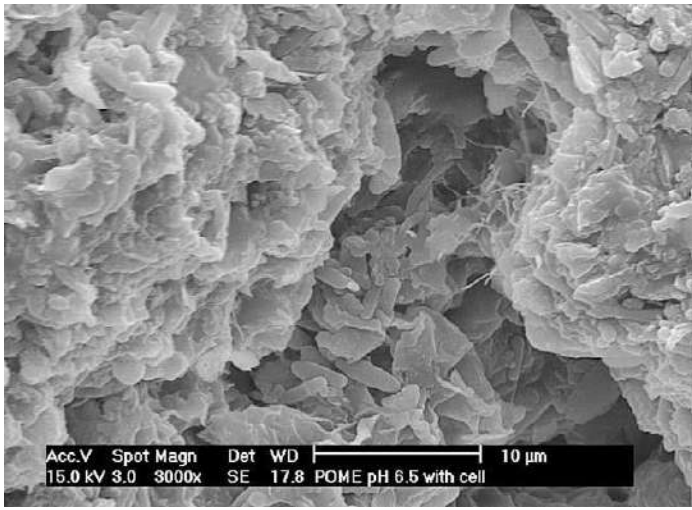
Augmenter la production d'hydrogène lors de la fementation du glycérol brut en utilisant une stratégies de co-culture.

©CRIQ – Tous droits réservés, 2018

Méthodes: microorganismes utilisés

Clostridium butyricum B-41122 (ATCC 2206)

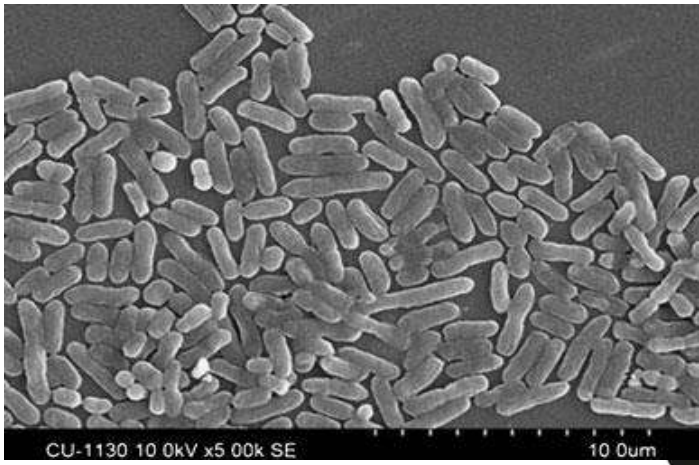
- Anaérobie stricte, endospore, Gram-positif
- Rarement rapporté comme un pathogène humain
- pH optimum pour la production de H_2 : 5.0 to 6.5*



Fang *et al*. 2006

Enterobacter aerogenes B-407 (ATCC 129)

- Gram négatif, bâtonnet, anaérobie facultatif
- pH optimum pour la production de H_2 : 5.0 to 6.5*
- Capacité de croître à pH acide (3.8)**



Panda et al. 2012

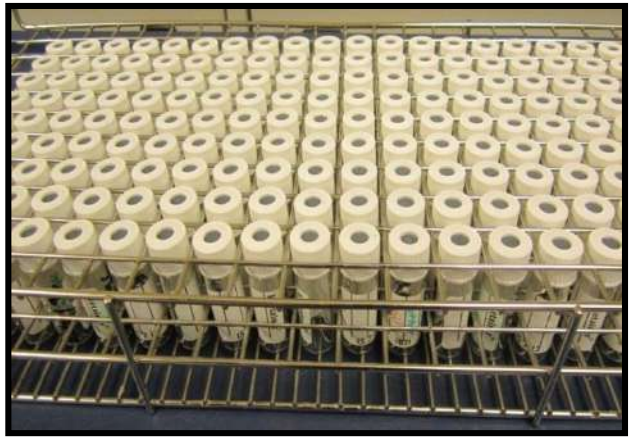
*Yokoi e*t al*., 1998, **Pachapur *et al.*, 2015,

©CRIQ – Tous droits réservés, 2018

Méthodes: Cultures et mesures

Préparation de milieux

Fermentation

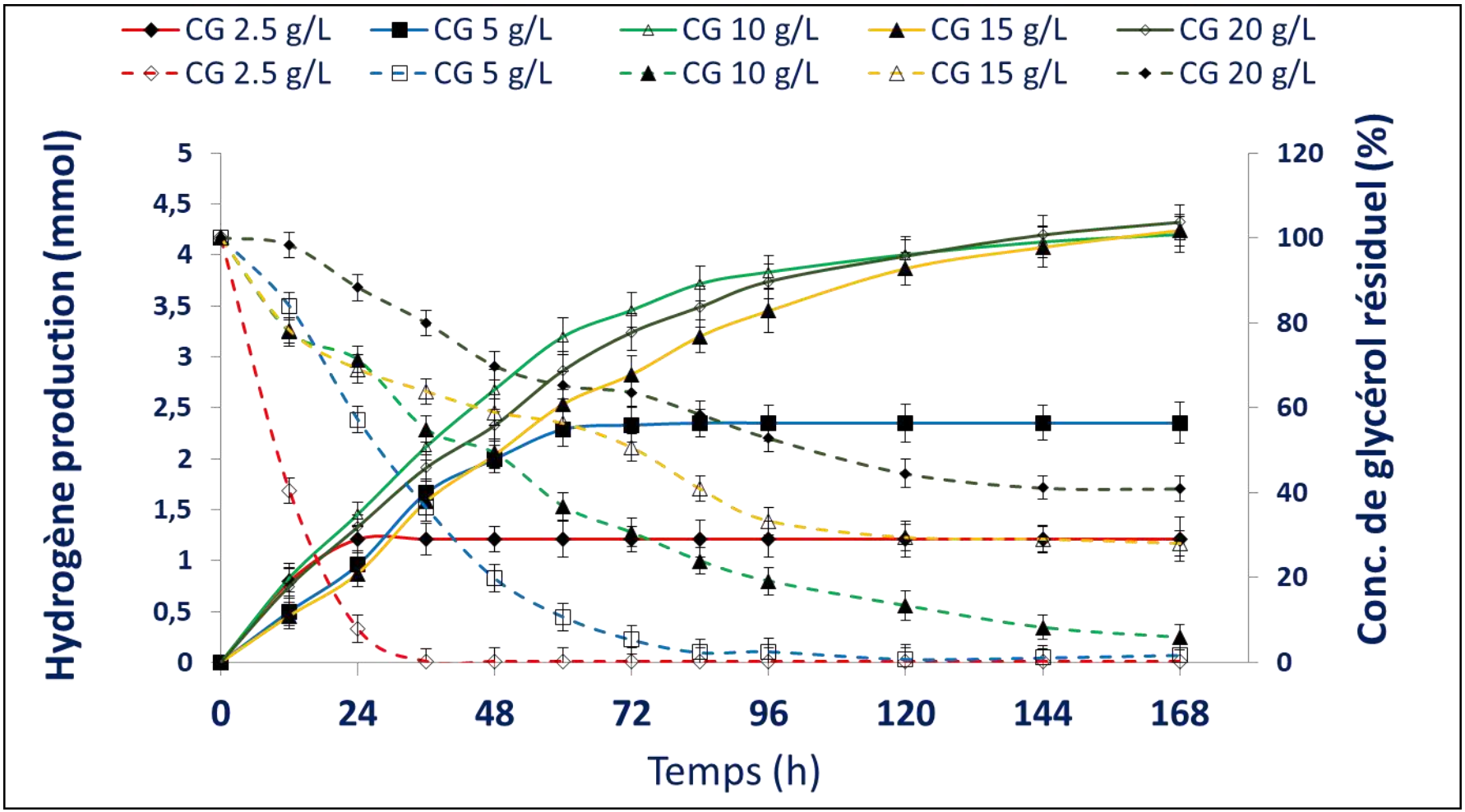


Collecte et stockage de gaz

Analyse d'H_2 par GC

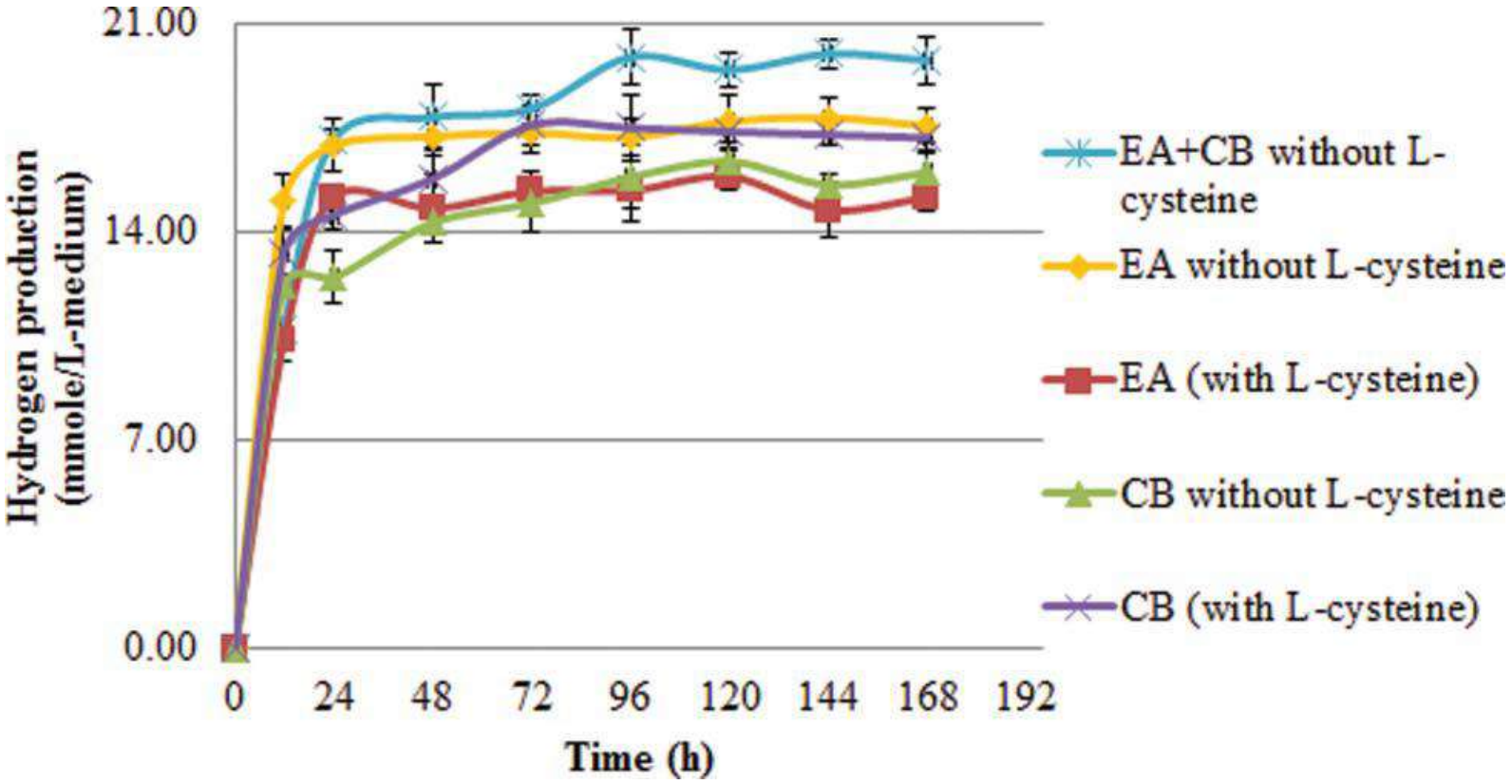
©CRIQ – Tous droits réservés, 2018

La production d'hydrogène à l'aide de différentes concentration de GB



©CRIQ – Tous droits réservés, 2018

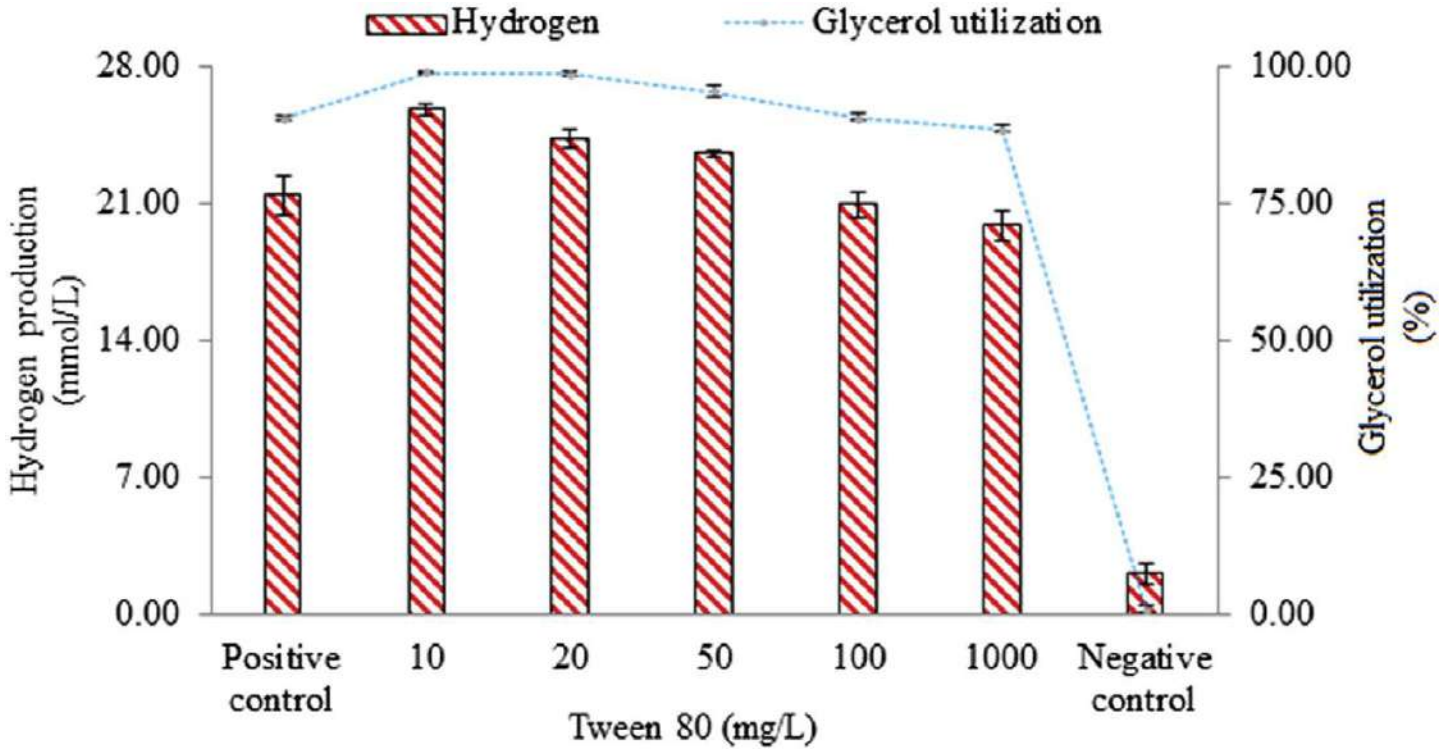
Résultats: utilisation d'agent réducteur



Production d'hydrogène exprimée en mmol/L de milieu avec 1% (p/v) de glycérol brut en présence et absence d'agent réducteur (L-cysteine).

©CRIQ – Tous droits réservés, 2018

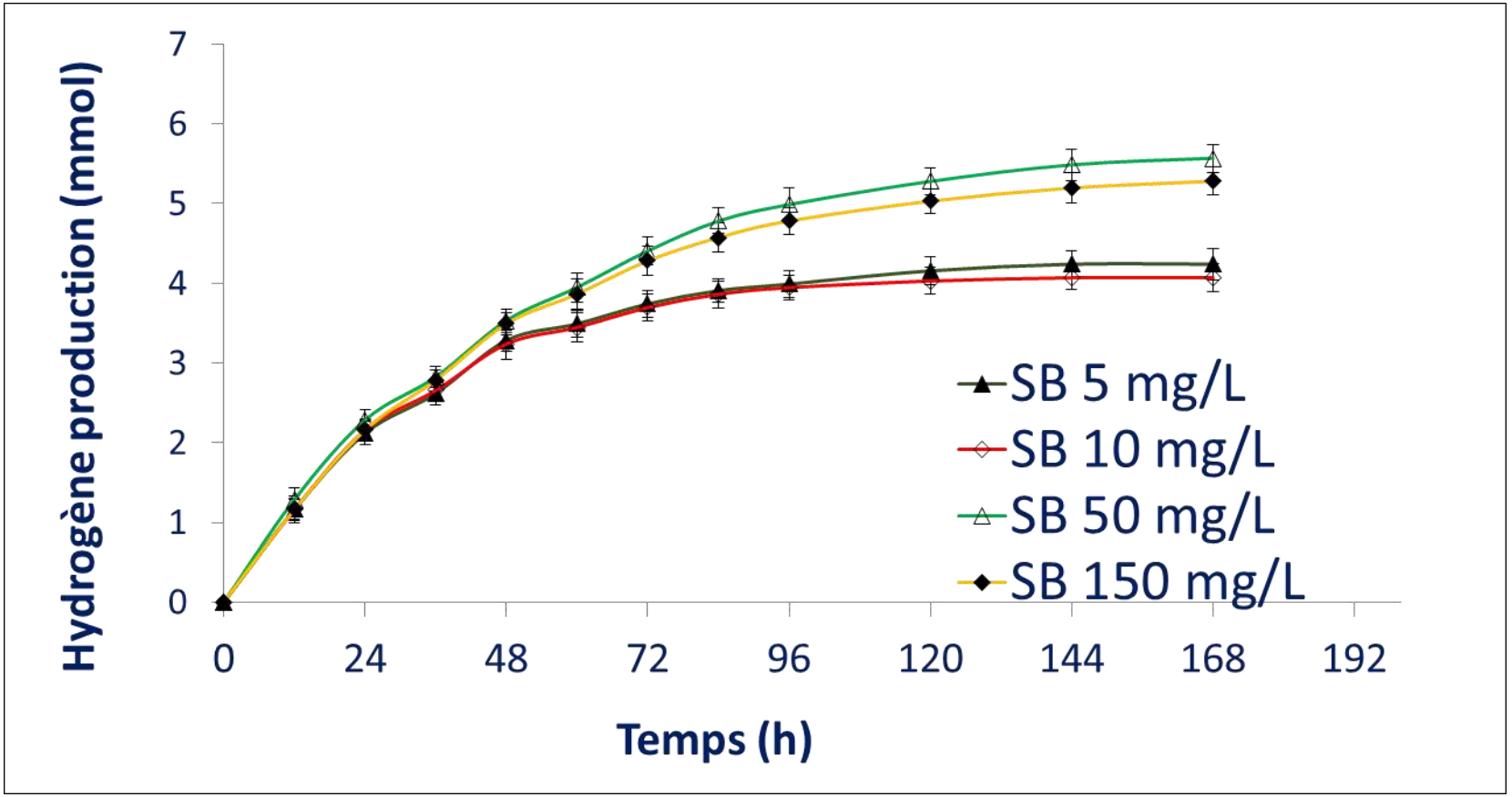
Résultats: Effet du Tween 80



Production d'hydrogène et utilisation du glycérol en présence de différentes concentrations de Tween 80 , pour un milieu à 1% de glycérol brut.

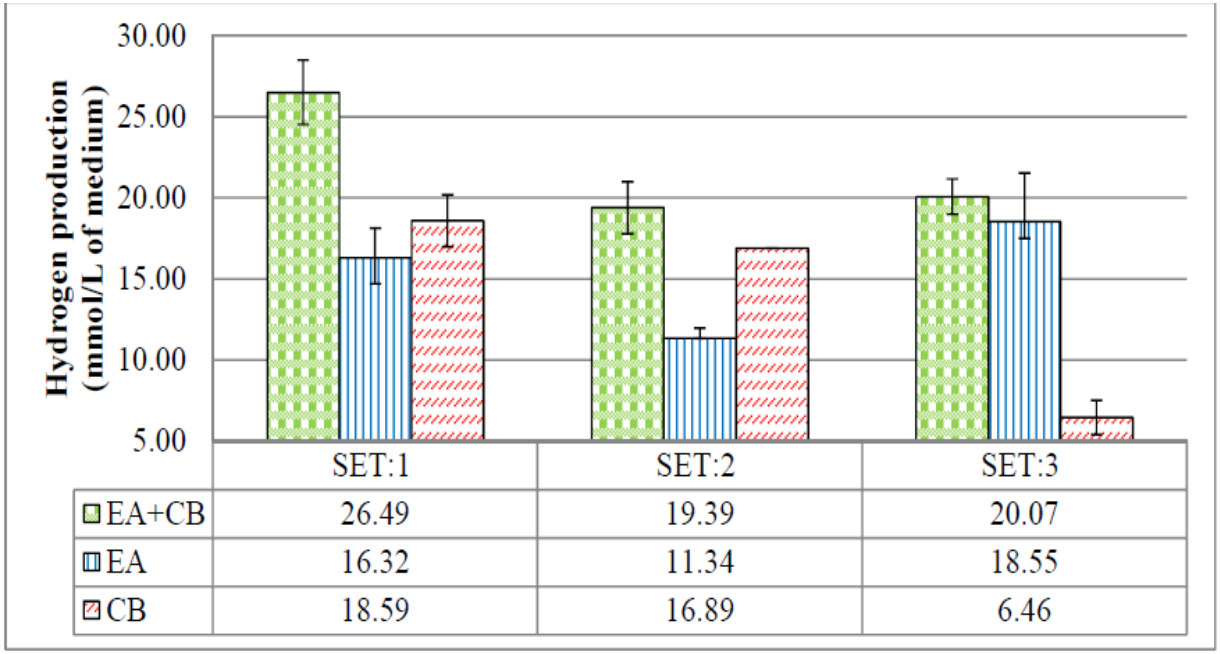
©CRIQ – Tous droits réservés, 2018

La production d'hydrogène à l'aide de différentes proportions de milieux de culture déjà utilisés (spent broth).



©CRIQ – Tous droits réservés, 2018

Effets co-culture et présence de substrat complémentaire (marc de pomme)



	SET:1	SET:2	SET:3
EA+CB	26.49	19.39	20.07
EA	16.32	11.34	18.55
CB	18.59	16.89	6.46

Production d'hydrogène sous différentes conditions de croissance,
Série 1: GC=1,5%, Mpomme 0,5%
Série 2: GC=0%, Mpomme 0,5%
Série 3: GC=1,5%, Mpomme 0%

©CRIQ – Tous droits réservés, 2018

L’optimisation de l’approche de production d'hydrogène à l'aide de co-culture.

- Purge à l’azote et ajout de produit réducteur pas nécessaire;
- Le marc de pomme est un co-substrat d’intérêt;
- Surfactant ex Tween 80 a raison de 10mg/L;
- La concentration de GB pour les essais en batch: 1.75%, et en réacteur semi-continu ± 60 gL
- La proportion de l’inoculum 1:1
- Incubation à 36° C et 150 rpm

©CRIQ – Tous droits réservés, 2018

Projection pour le Québec

1. Production 7938 tonnes de glycérol/an au Québec
2. 1 mole de H_2 pèse 2g et a 24,4 Litres de volume à TP
3. Rendement de la fermentation en fed-batch à 312 mmol/L à 60g/L de GC:
4. Pour le Québec=1,06M m^3 H_2/an = ± 88 tonnes H_2/an
5. 88 Tonnes de H_2/an= 12 400GJ/an= ± 391 m^3 d'essence

©CRIQ – Tous droits réservés, 2018

Effet sur les GES

Glycérol brut	1 tonne
Hydrogène gazeux	10,42 kg (127 m^3)
Énergie	1459 MJ
Remplacement essence	28 kg ou 38L
GES	7,4 T éq CO_2

©CRIQ – Tous droits réservés, 2018

Merci!

NEWS

HUMAN POOP CAN POWER TOYOTA'S NEWEST CAR

By SAM BLUM
Published On 09/21/2016
@Bluminessmonster

©CRIQ – Tous droits réservés, 2018

Merci Beaucoup!
Des questions ?
www.criq.qc.ca