

# Pile à combustible microbienne

10.05.2017

Marc Sugnaux

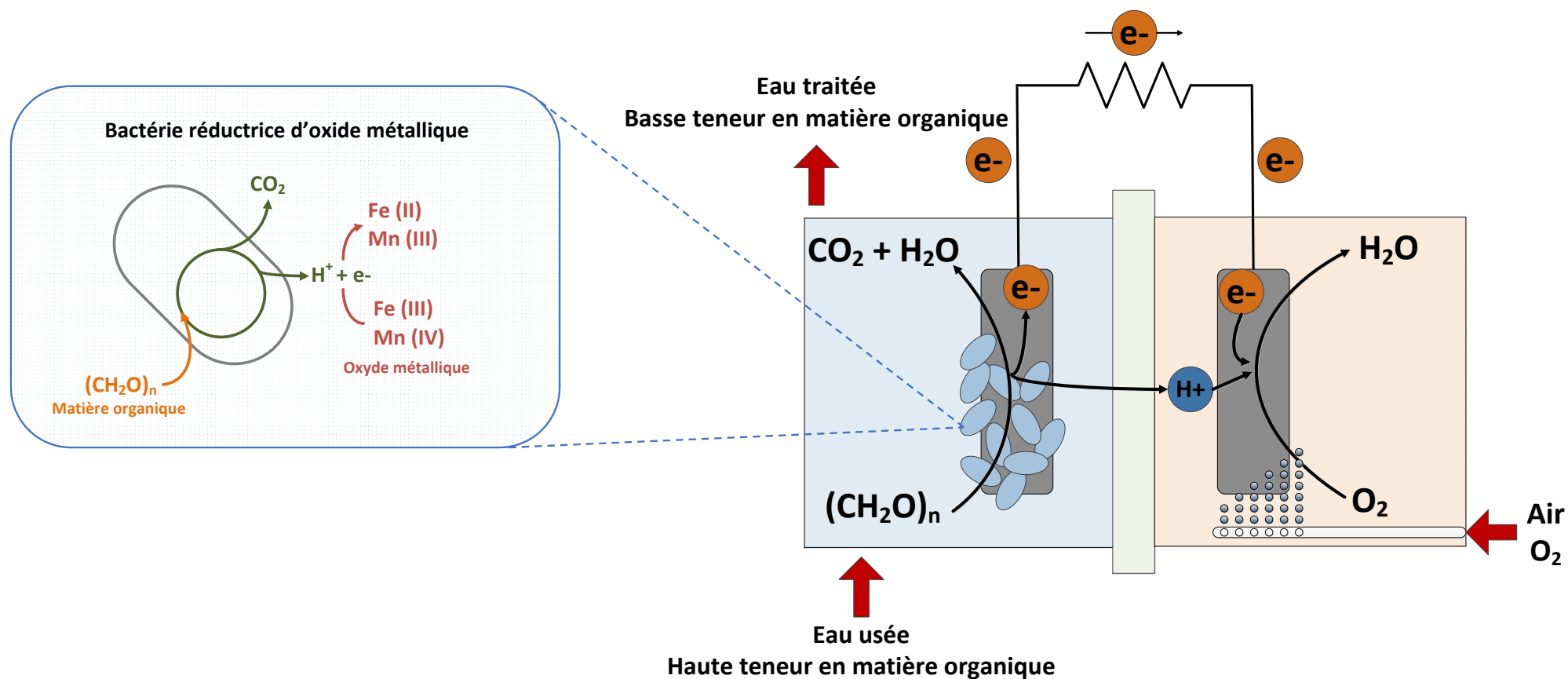
HES-SO Valais

Institut technologies du vivant

Tagung: Bioenergieforschung in der Schweiz: Potenziale erschliessen, Innovative Ideen umsetzen  
Aula ASTRA-Gebäude, 3063 Ittigen

# La pile à combustible microbienne

## Le principe



# Projet: Pile à Combustible Microbienne

## Vue d'ensemble

### Unité simple

- 1 anode / 1 cathode
- Capacité 1 litre



#### Evaluation de substrat

- Effluent primaire
- Petit lait
- Urine
- Urine simulée



### Unité triple

- 3 anodes / 3 cathodes
- Capacité 3 litres



- Connexion de trois PCM en série
- Caractérisation
- Trouble shooting



### 12 unités

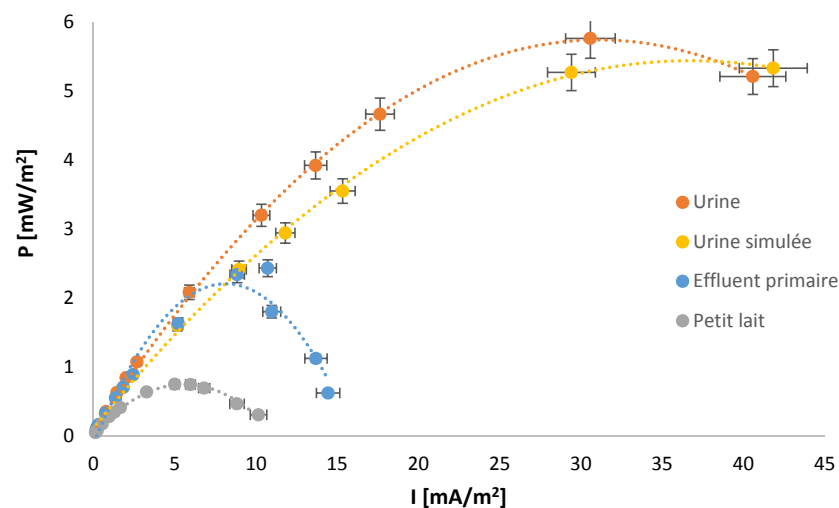
- 4 X unité triple
- Capacité 12 litres



- Connexion de 12 PCM en série
- Optimisation en temps réel de la performance du stack
- Stockage de l'énergie produite sur des batteries

# Unité simple

## Evaluation de substrat



Substrat	DCO [g/l]	$P_{\max}$ [mW/m <sup>2</sup> ]	$R_{\text{int.}}$ [ $\Omega$ ]
Urine	2.9	6.4	328
Urine simulée	0.63	5.0	176
Effluent primaire	0.26	2.3	578
Petit lait	72	0.9	952

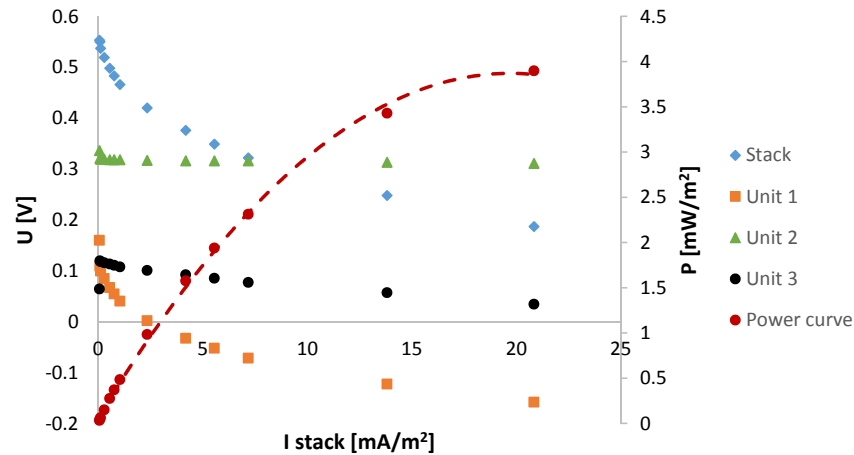
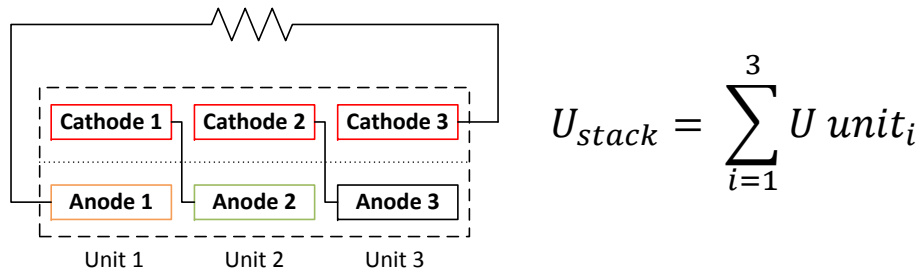
Une DCO élevée favorise la production de courant pour autant que la matière organique soit compatible avec le métabolisme des bactéries qui composent le biofilm de l'anode.

Petit lait	DCO 72 g/l	$P_{\max}$ 0.9 [mW/m <sup>2</sup> ]
Urine	DCO 2.9 g/l	$P_{\max}$ 6.4 [mW/m <sup>2</sup> ]

# Unité triple

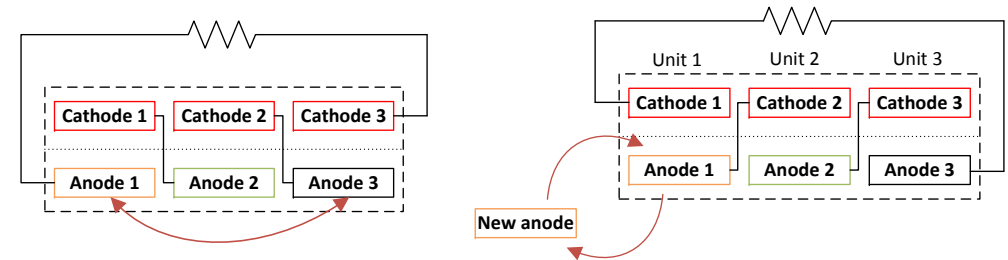
## Caractérisation de trois PCM connectées en série

### Inversion de tension

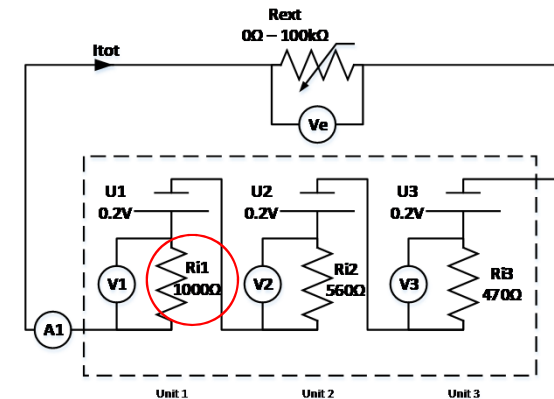


### Origine de l'inversion

- L'inversion de tension est liée à l'anode



- L'unité avec la résistance interne la plus élevée est l'unité à laquelle vas avoir lieu l'inversion de tension

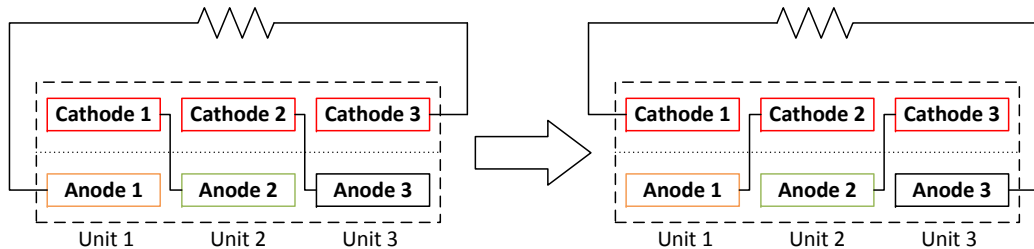


# Unité triple

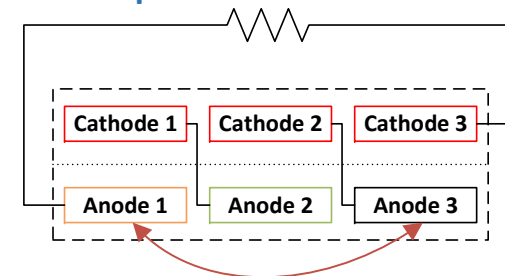
## Résolution de l'inversion de tension

### Favoriser le transfert d'électron

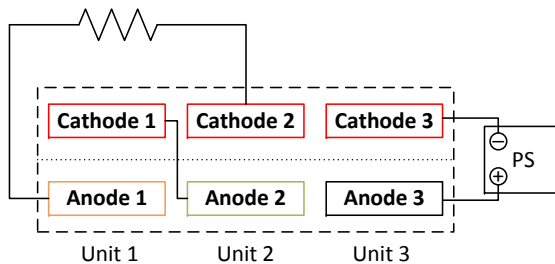
- **Alternation du circuit**



- **Déplacement d'anode**

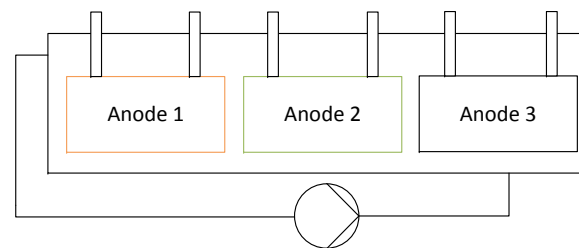


- **Stimulation électrique**



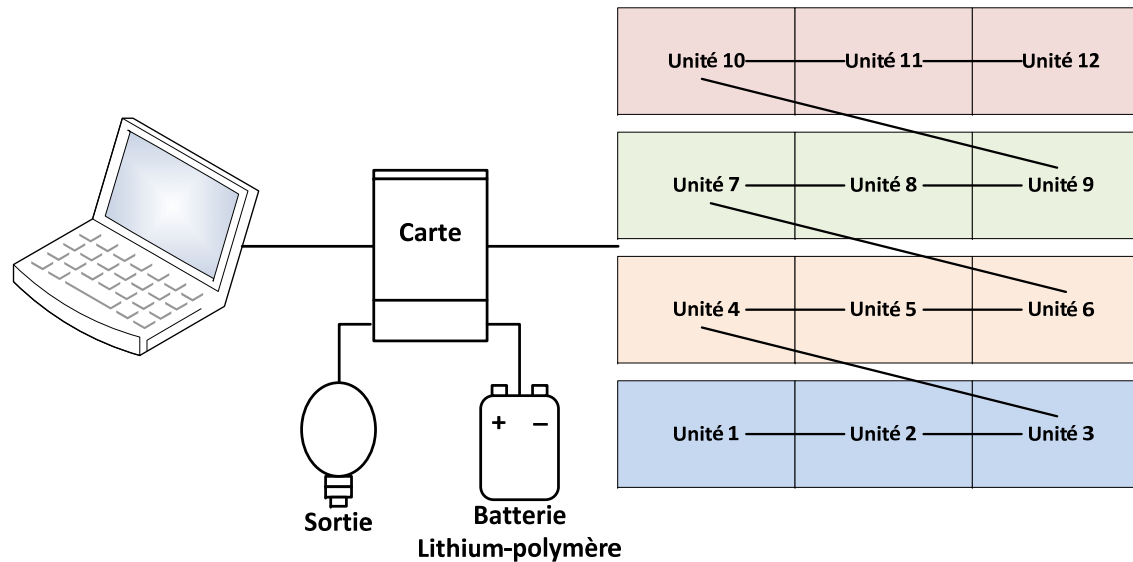
### Augmenter le transfert de masse

- **Recirculation de l'anolyte ou augmentation de la concentration**



# Stack à 12 unités

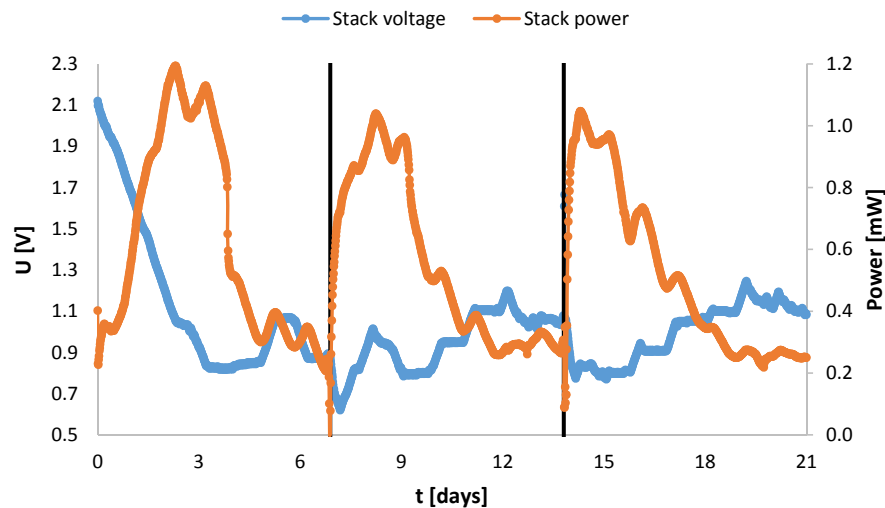
## Vue générale du système



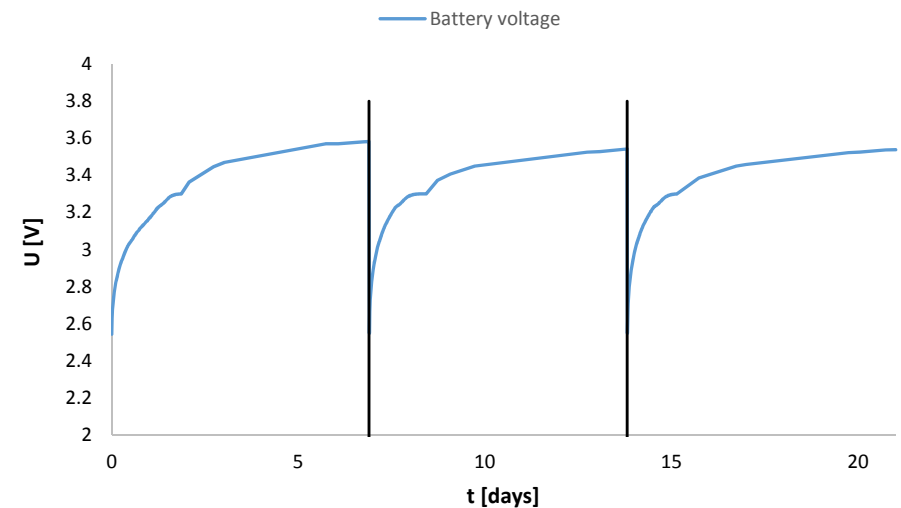
- 12 piles à combustible microbienne connectées en série.
- Capacité de traitement de 6 litres.
- Suivi du point maximal de puissance en temps réel.
- Monitoring des paramètres du stack et des unités individuelles.
- Stockage de l'énergie produite sur une batterie de type lithium-polymère de 3.7 V.

# Stack à 12 unités

## Opération durant 3 semaines



- Opération en fed-batch, l'anolyte et le catholyte ont été remplacés une fois par semaine.
- La performance du stack a été optimisée en temps réel selon le principe du suivi de la puissance maximale.

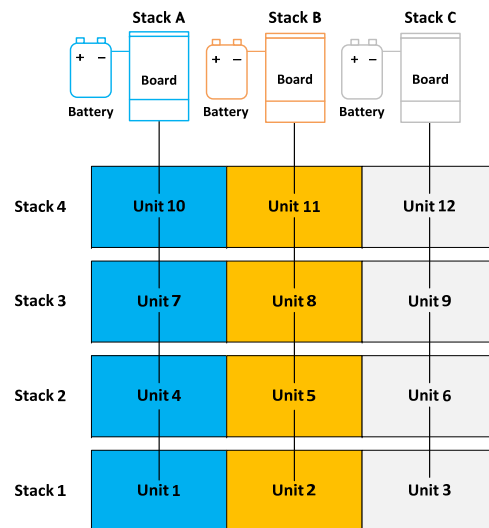


- Des batteries de type lithium-polymère, d'une capacité de 500 mAh pour une tension nominale de 3.7V, ont servi d'éléments de stockage.
- 3 batteries ont été chargées, un remplacement hebdomadaire a été effectué.

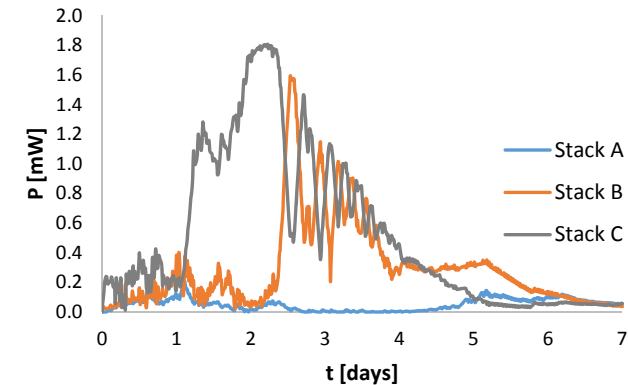


# Stack à 12 unités

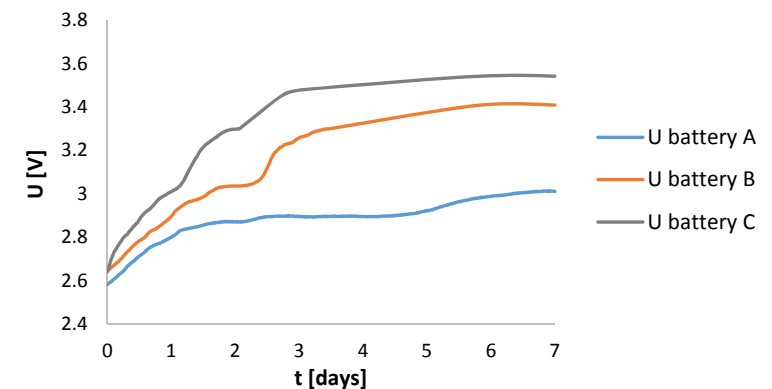
## Stack en 2 dimensions



- Cette configuration alternative permet de charger simultanément 3 batteries.
- Les unités connectées successivement ne partagent plus un anolyte commun.
- Chaque stack est géré de façon indépendante par sa propre carte.



- Le stack avec la tension la plus faible vas être favorisé en terme de production de puissance.

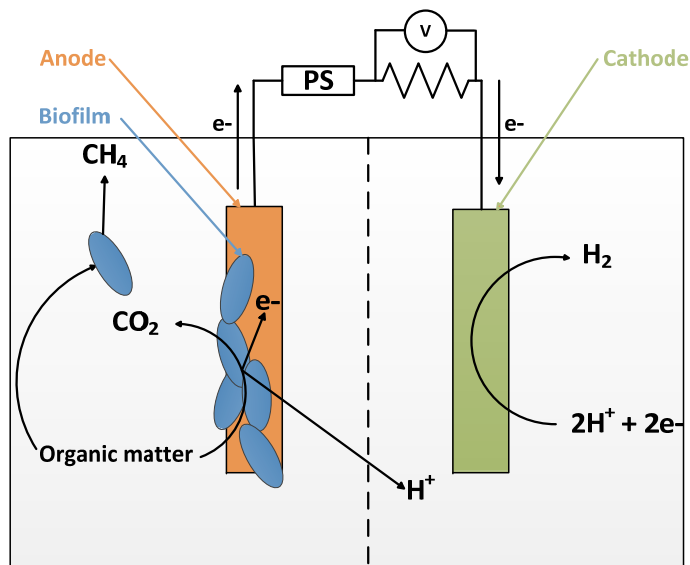


- Le chargement des batteries est fonction de la puissance générée par les stacks.

# La pile à électrolyse microbienne

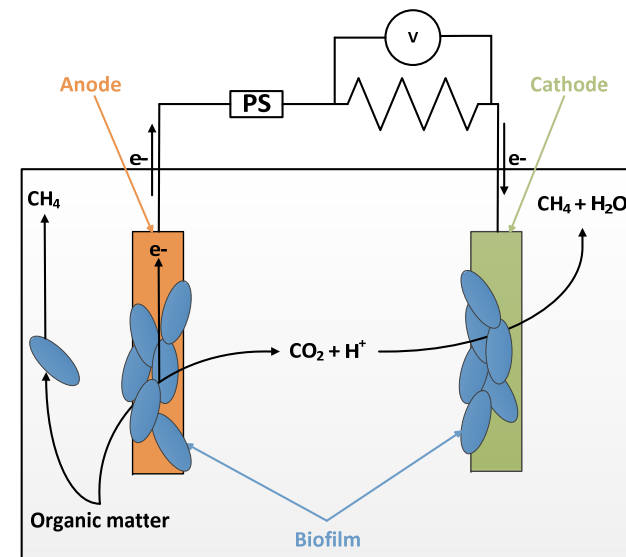
## Le principe

### Production de H<sub>2</sub>



Le set-up est identique à la pile à combustible microbienne. La seule différence réside dans le fait qu'une tension externe est appliquée. Les protons qui migrent dans le compartiment cathodique sont convertis en hydrogène.

### Production de CH<sub>4</sub>



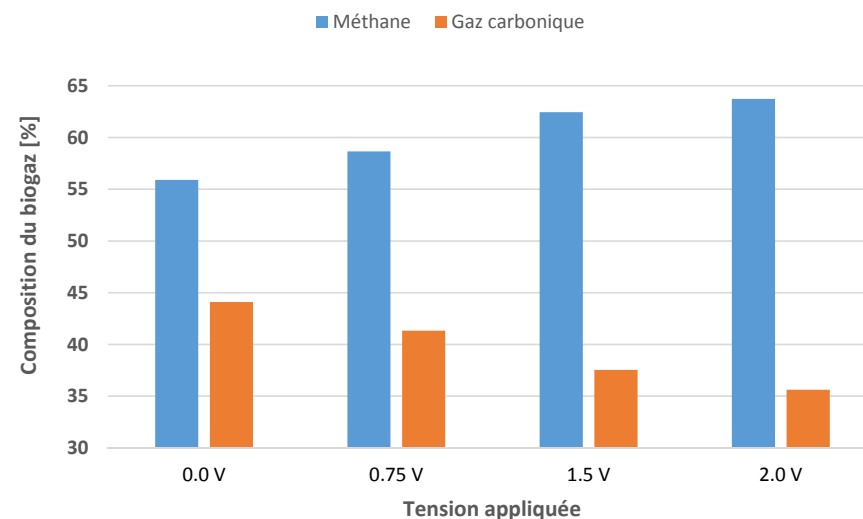
En l'absence de membrane échangeuse de protons et en appliquant une faible tension externe il est possible d'améliorer la qualité du biogaz en augmentant sa teneur en méthane par conversion du gaz carbonique.

# La pile à électrolyse microbienne

## Electrométhanisation



- 10 anodes de carbone et 9 cathodes de nickel en alternance.
- 11.5 litres de boues activées.
- Application d'une tension entre les anodes et les cathodes.



La qualité du biogaz augmente en fonction de la tension appliquée entre les électrodes. Le  $\text{CO}_2$  est converti en  $\text{CH}_4$  sur les cathodes. La réaction est réalisée à température ambiante.

# Conclusion et perspectives

## Pile à combustible microbienne

### Conclusions

- Connecter des PCMs en série s'est avéré être une stratégie de scale-up efficace.
- Il a été démontré qu'il est tout à fait possible d'accumuler de l'énergie sur des batteries tout en diminuant la DCO d'un effluent.
- Les PCMs sont compatibles avec des systèmes de gestion basé sur le suivi de puissance maximal.

### Perspectives

- Caractériser la capacité de traitement du système afin d'intégrer celui-ci dans une STEP.
- Améliorer le taux de conversion substrat/électricité.
- Poursuivre le scale-up.

## Pile à électrolyse microbienne

### Conclusions

- En complément aux PCMs la PEM pourrait être intégrée au processus de méthanisation dans les STEP.
- La teneur en méthane du biogaz peut être augmentée à l'aide d'une faible tension électrique.
- Le processus se déroule à température ambiante ce qui représente une économie importante d'énergie.

### Perspectives

- Caractériser l'origine du phénomène, bactérien ou électrochimique.
- Poursuivre le scale-up.

# Merci de votre attention

Contact

Fabian Fischer

[fabian.fischer@hevs.ch](mailto:fabian.fischer@hevs.ch)

HES-SO Valais

Institut technologies du vivant