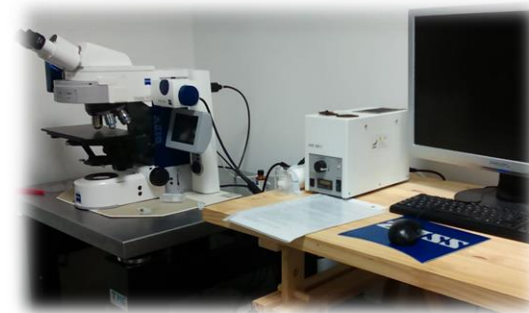
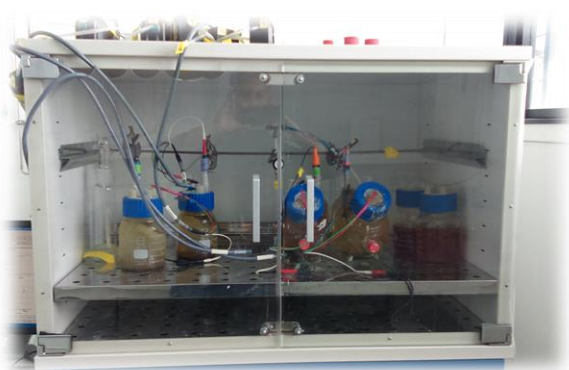
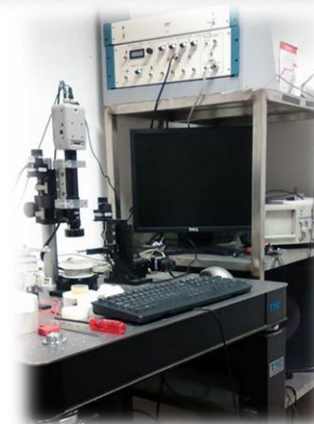


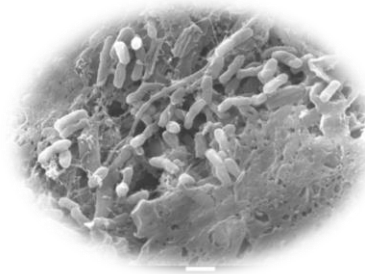


Laboratoire de Génie Chimique UMR 5503 (Toulouse)

Equipe Ingénierie des biofilms

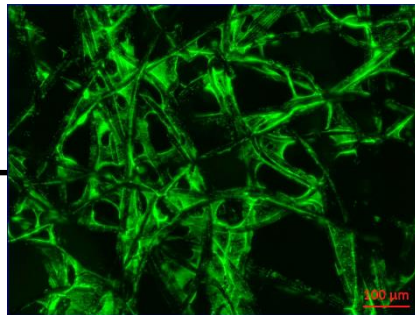
Site de Labège
Campus INP - ENSIACET
4 allée Emile Monso
CS 84234
31 432 Toulouse cedex 4





(I)

INTERACTIONS
Biofilms – matériaux
conducteurs



Les biofilms microbiens

(II)

INTERACTIONS
Biofilms – matériaux
cimentaires



Applications

Recherche fondamentale



Projet
MICROBE



Biofilms électroactifs

Applications « énergie »

Pile microbienne
Electricité

Électrolyse microbienne
Hydrogène

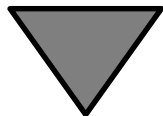
Électrosynthèse microbienne
AGV, alcool,...

Electrofermentation
Acides gras

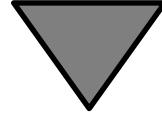
Tuba électrochimique
Traitement de l'eau

Culture microbienne
Pigments

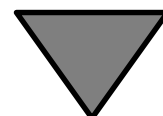
Applications « Synthèse/production »



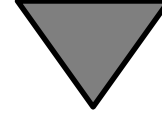
Projet
RESEL



Projet
VEMDICA



Projet
Electrofermentation



Projet
BioPig



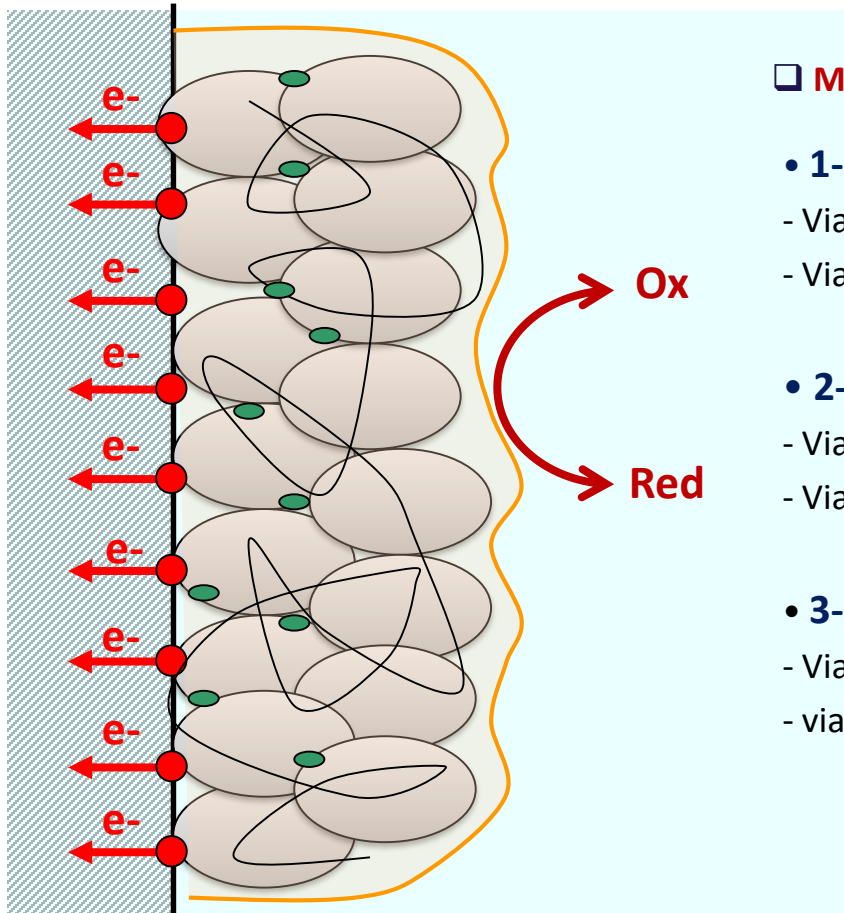
Recherche appliquée

INTERACTIONS

**Biofilms-Matériaux Conducteurs
(Biofilms électroactifs)**

Biofilms électroactifs: propriétés, intérêts, mécanismes

- Certains biofilms développés sur des **supports conducteurs** (carbone, métaux,...) sont capables d'**échanger des électrons** avec ces supports (= **catalyseurs bioélectrochimiques**)
- **Stables et résilients** : Le biofilm est “**vivant**”.
- **Auto-adaptatifs**: La diversité microbienne au sein des biofilms autorise une adaptation du biofilm aux contraintes environnementales ou bien au changement de substrats.



□ Mécanismes de transfert électronique

• 1- Transfert direct:

- Via les cytochromes
- Via les pili conducteurs

• 2- Transfert indirect:

- Via la production de combustibles (H_2, \dots)
- Via des médiateurs électrochimiques (endo- ou exogènes)

• 3- Transfert enzymatique

- Via des protéines extracellulaires situées sur la membrane
- via des enzymes de la matrice

Biofilms électroactifs: des systèmes d'interfaces complexes et dynamiques

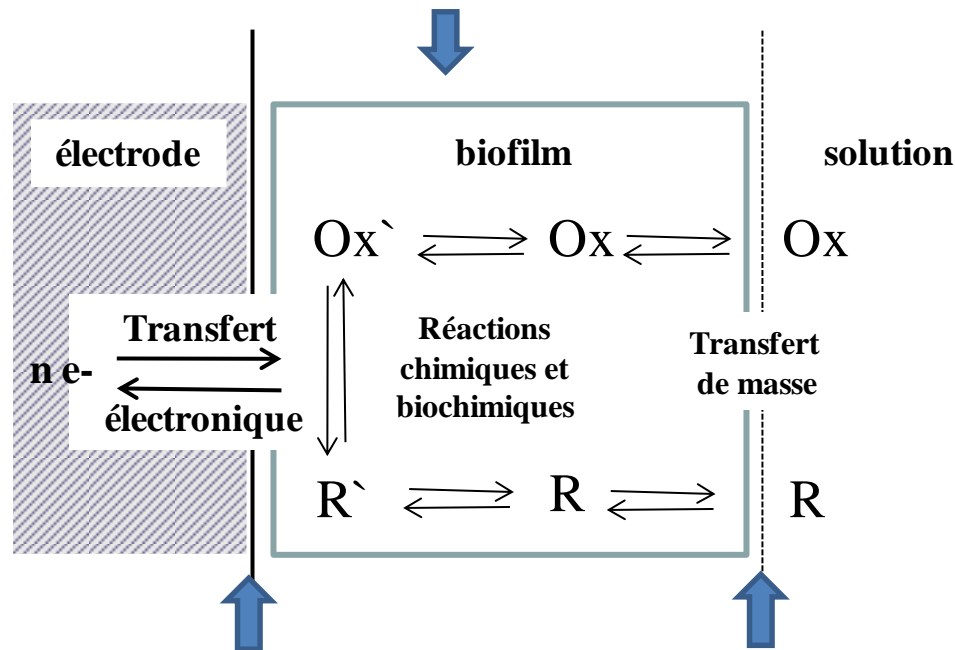
Nécessite une approche pluridisciplinaire (électrochimie, microbiologie, biochimie et procédés)

☐ Systèmes complexes:

Cinétique de croissance microbienne (Monod) $\mu(X, S) = \frac{\nu_X \cdot S}{(K_M + S)}$

Cinétique métabolique de transformation des substrats (Michaelis-Menten)

$$V_o = \frac{V_{\max} \cdot [S]}{K_m + [S]}$$



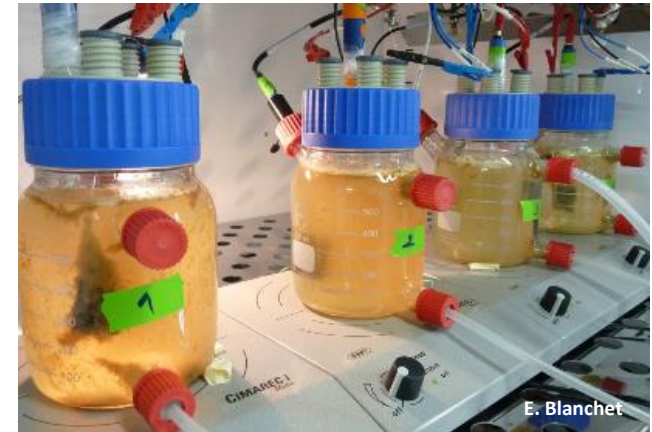
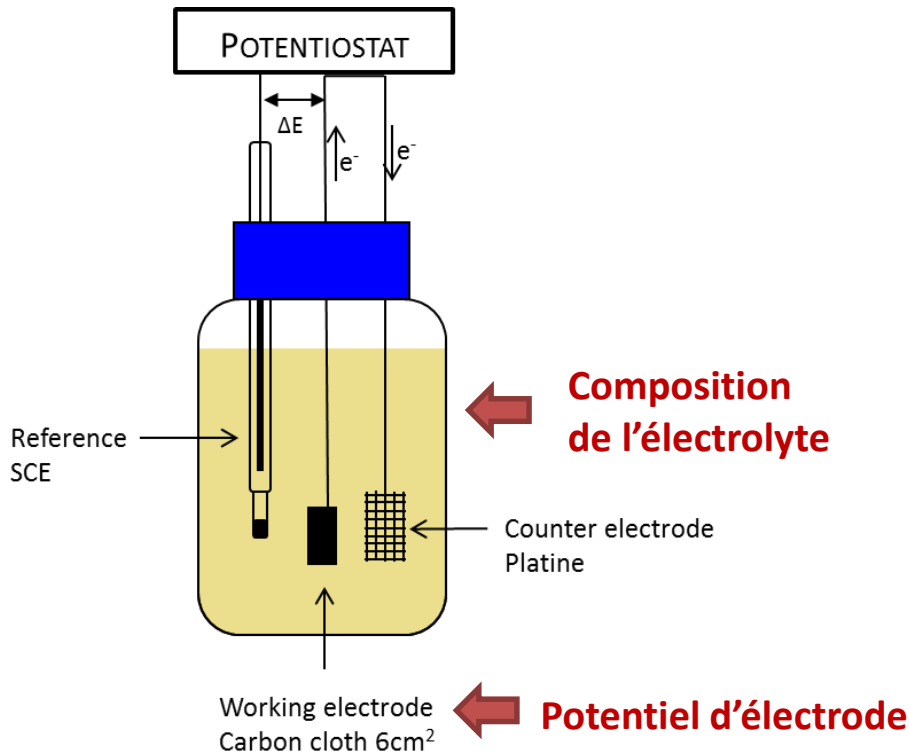
Cinétique électrochimique (Butler-Volmer)

$$j_t = j_0 \left\{ \exp \left[\frac{(1 - \alpha) z F}{RT} \eta \right] - \exp \left[- \frac{\alpha z F}{RT} \eta \right] \right\}, \quad \eta = E - E_{eq}$$

Cinétique de transfert des substrats (flux diffusif/convectif)

Biofilms électroactifs: démarche et outils expérimentaux

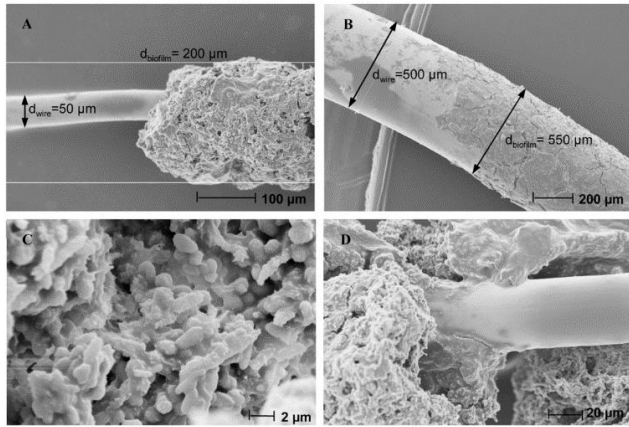
Bioréacteurs électrochimiques= conditions d'électroanalyse **bien maîtrisée**



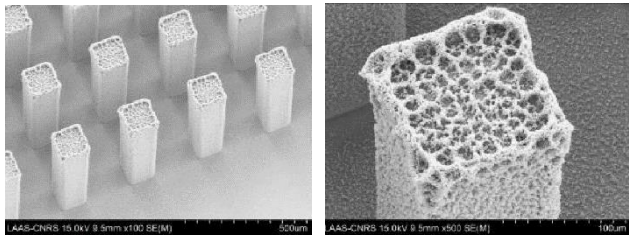
- **Mesure d'activités métaboliques** Consommation/production (HPLC, HPIC, CPG, pHmétrie,...), Flux électroniques
- **Mécanismes et activité de transfert électronique** Techniques électrochimiques (CV, EIS)
- **Croissance des microorganismes, Structure physique des interfaces** Microscopie électronique - Confocal
- **Dynamique des populations microbiennes** DGGE - Pyroséquençage (ADNr 16S)

Biofilms électroactifs: démarche et outils expérimentaux

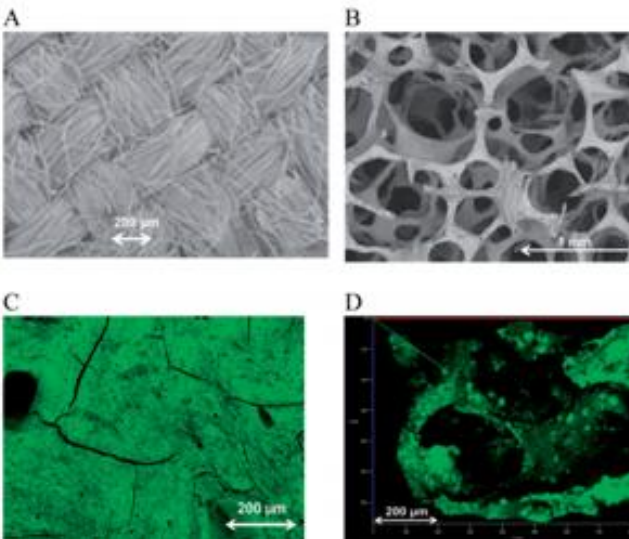
(A)



(B)

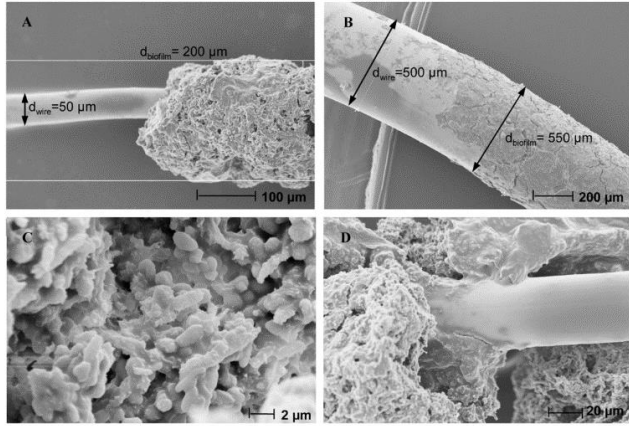


(C)

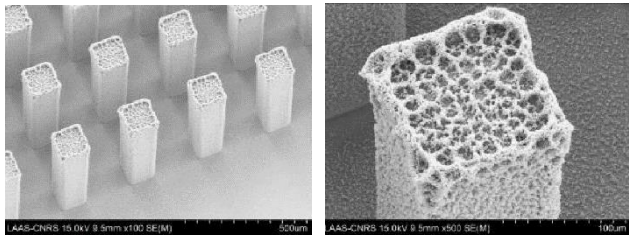


Biofilms électroactifs: démarche et outils expérimentaux

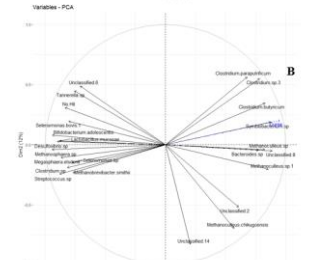
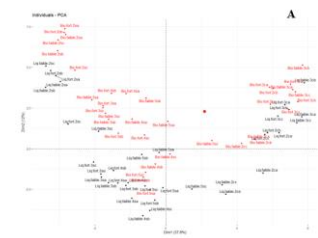
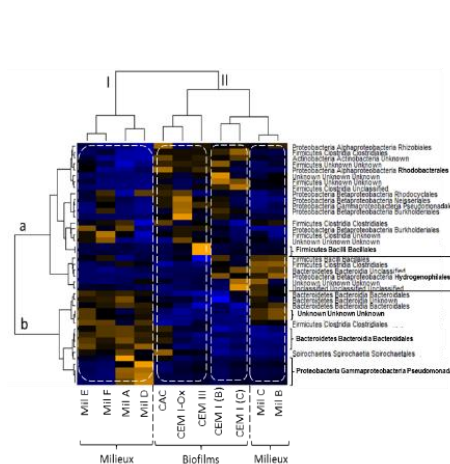
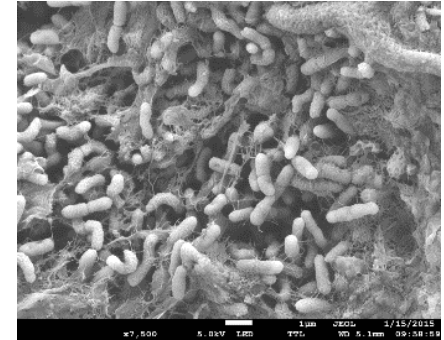
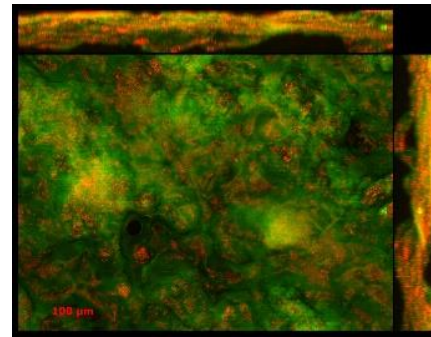
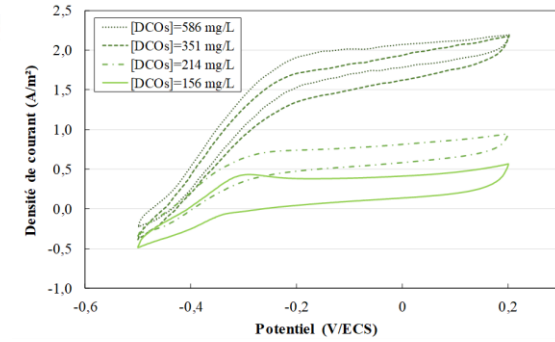
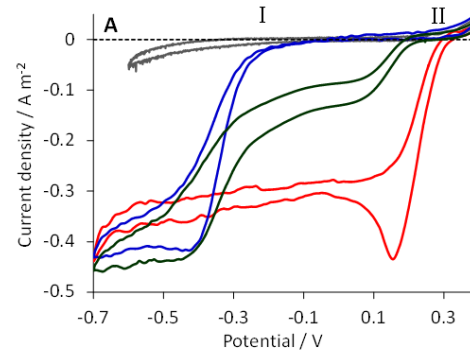
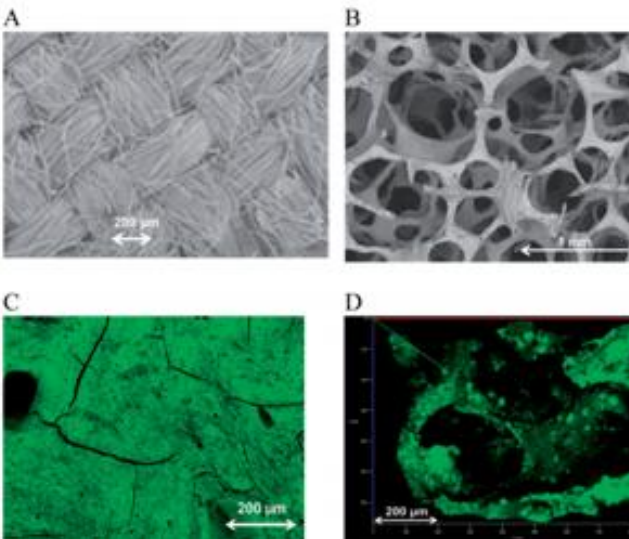
(A)



(B)



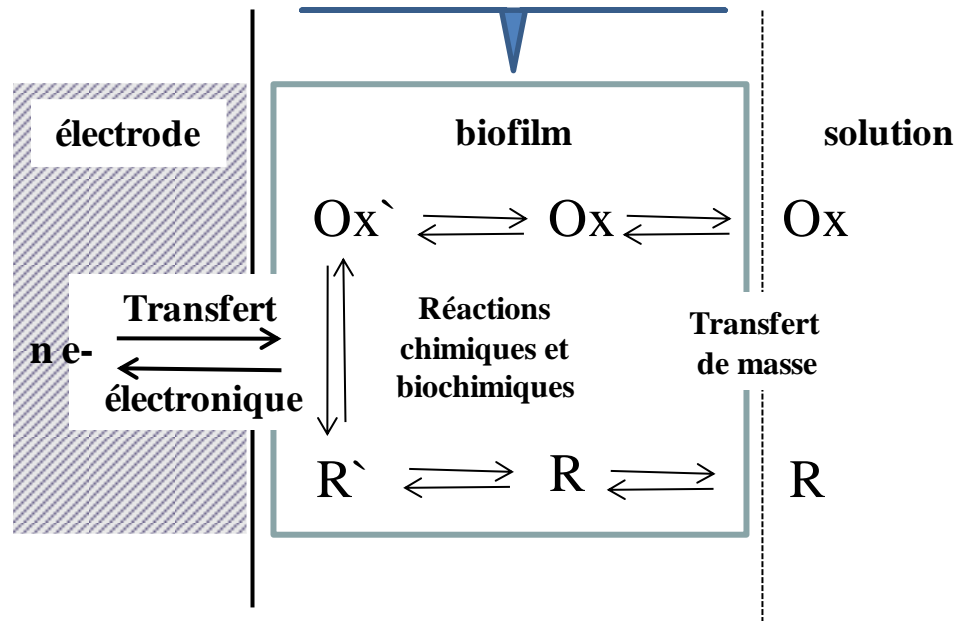
(C)



Biofilms électroactifs: Approche singulière



Echelle de la bactérie = μm



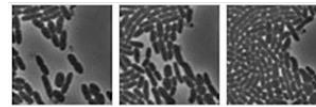
Biofilms électroactifs: Approche singulière

MICROBE : MICROfluidic Biofilm Electroactivity

Etude spatiotemporelle des biofilms électroactifs multi-espèces à l'échelle microscopique par une approche microfluidique et optique



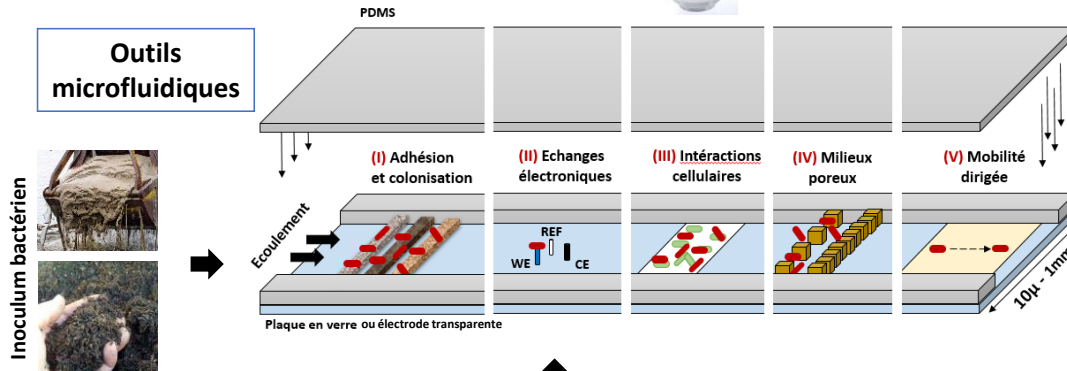
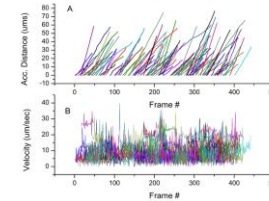
Contraste de phase



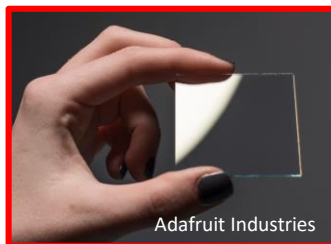
Microscopie en temps réel



Analyse d'image (cells tracking)



Electroanalyse

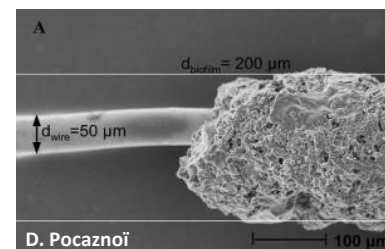


Électrodes transparentes (ITO, FTO...)

Adafruit Industries



microélectrodes



D. Pocaznoi

Biofilms électroactifs: Approche singulière

Exploration at the scale of electroactive biofilms



MICROBE: MICROfluidic Biofilm Electroactivity

**Puces
Microfluidiques**



**Microsystèmes
Microélectronique**



**Biofilms
Electroactifs**



**Microscopie
optique**



**Interactions
bactériennes**

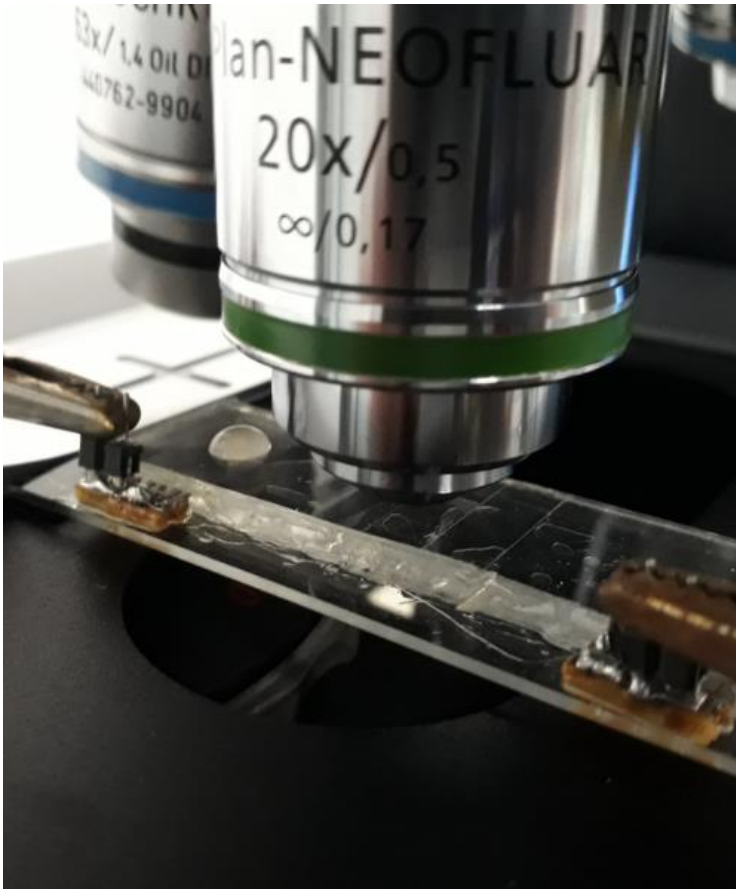


Biofilms électroactifs: Approche singulière

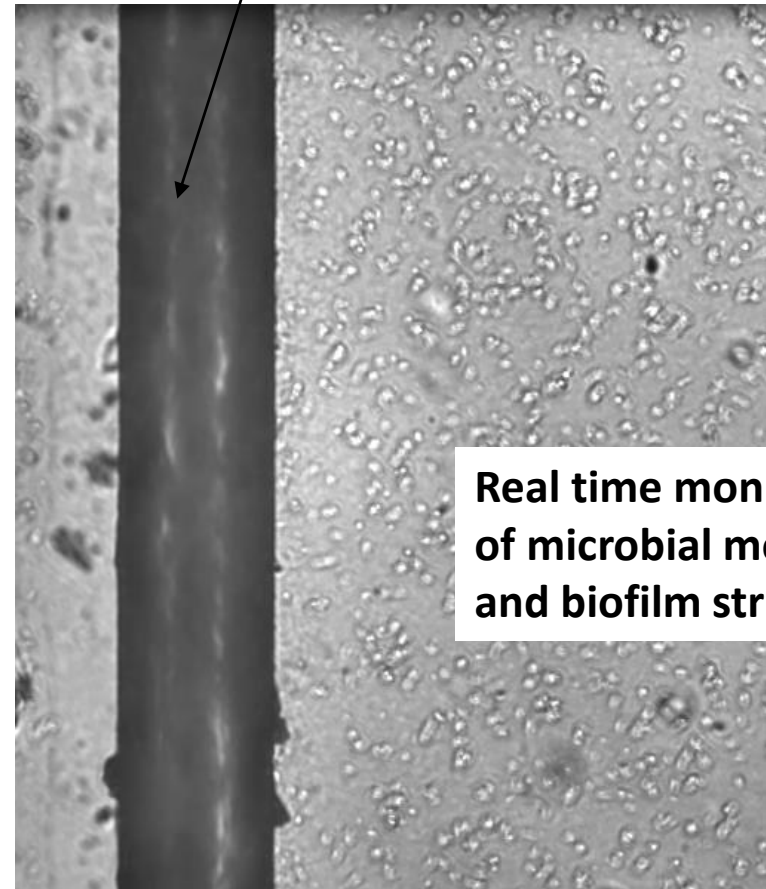
Micro-scale BES

short-term work

Directly under the microscope



Polarized microelectrode



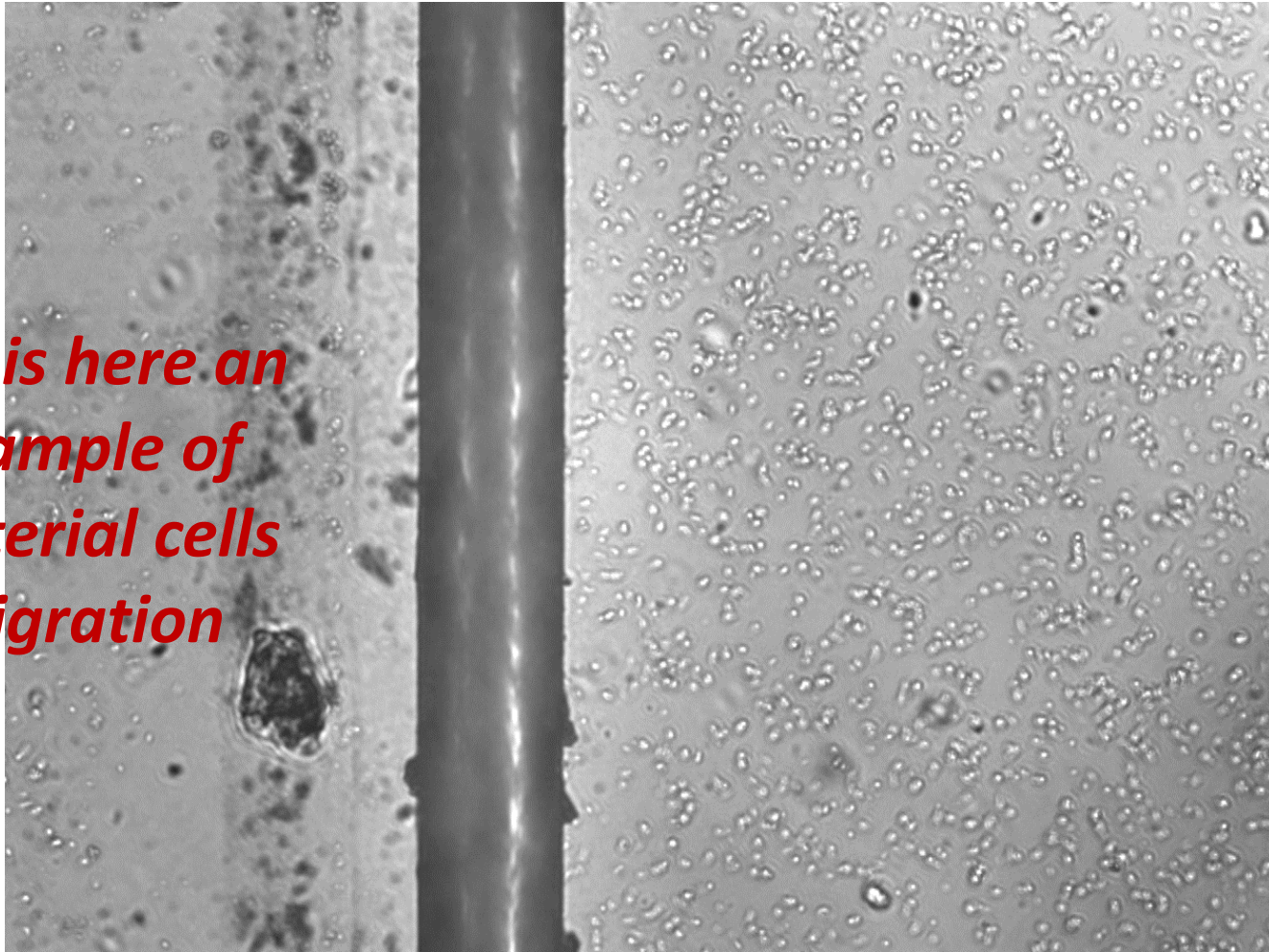
Real time monitoring
of microbial mobility
and biofilm structure

Biofilms électroactifs: Approche singulière

Micro-scale BES

short-term work

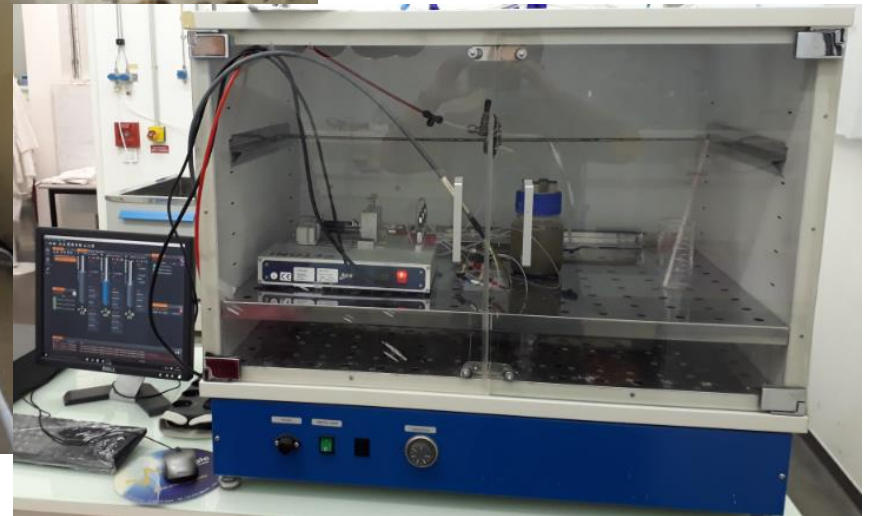
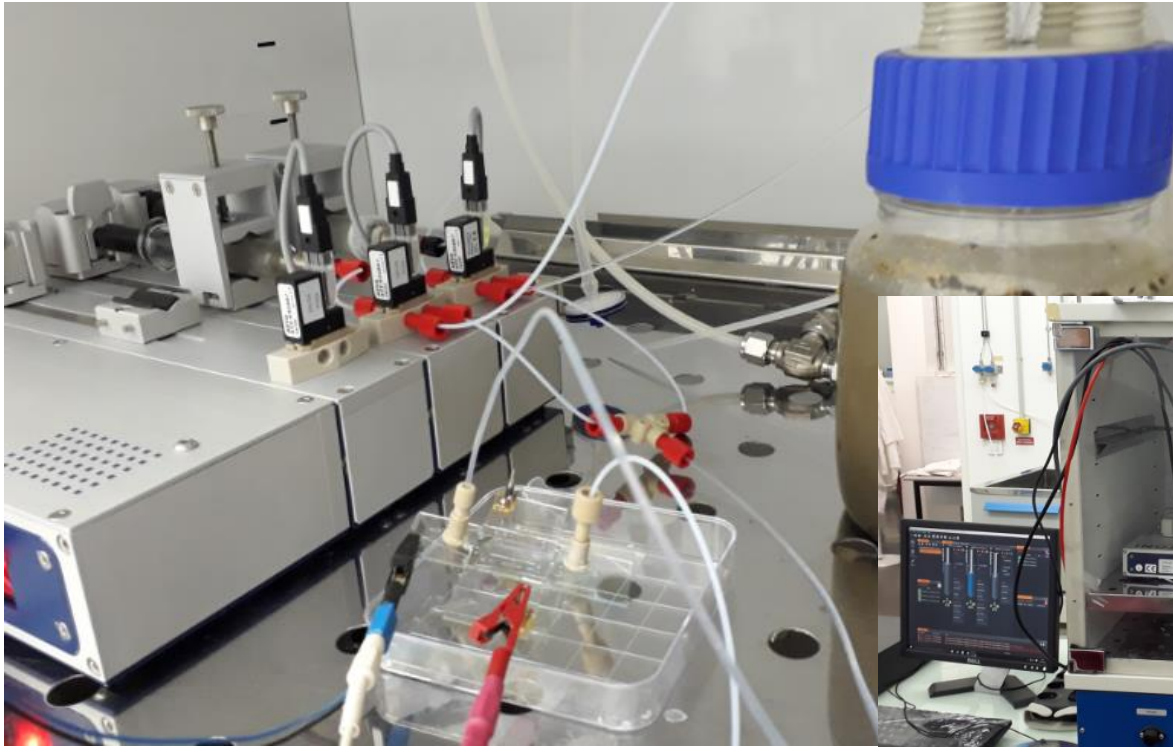
*This is here an
example of
bacterial cells
migration*



Biofilms électroactifs: Approche singulière

Micro-scale BES

long-term work

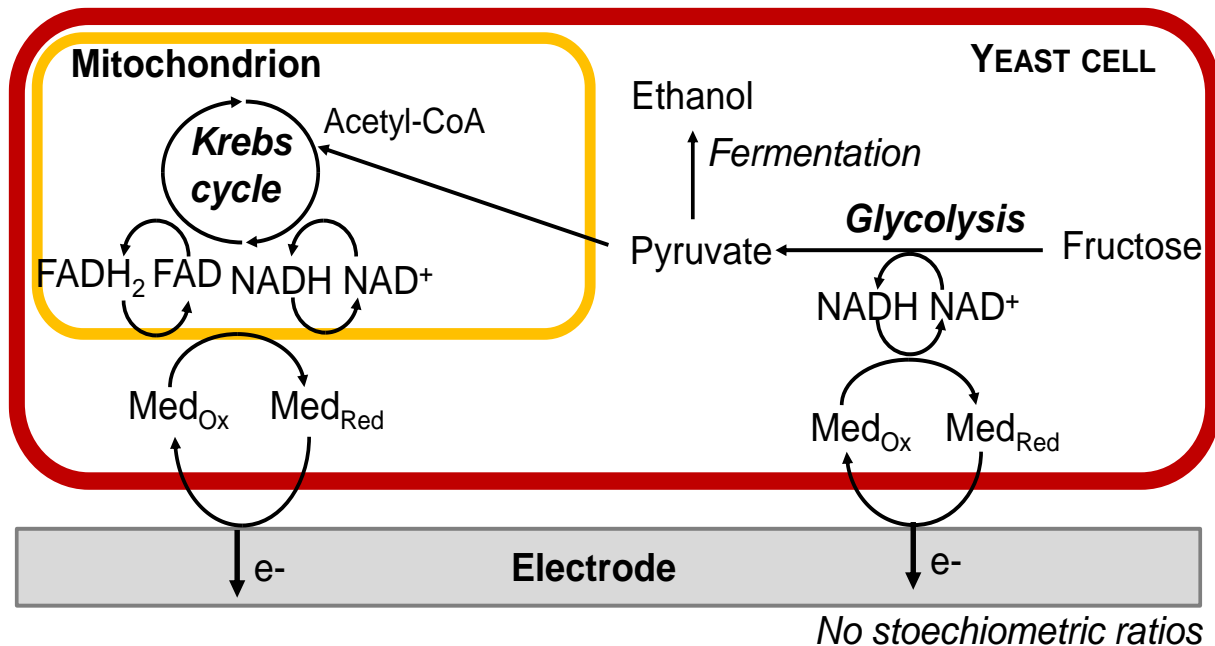


Work is in progress

Biofilms électroactifs: nouveau domaine d'application

Transferts d'électrons extracellulaires avec cellules animales et humaines

Transferts d'électrons extracellulaires (TEE) avec des levures (cellules eucaryotes) sont connus
Hubenova and Mitov, Bioelectrochemistry 106 (2015) 177-185



Les cellules animales et humaines sont aussi des cellules eucaryotes (qui forment des tissus)

➤ Est-il possible de leur transposer le schéma de TEE ?

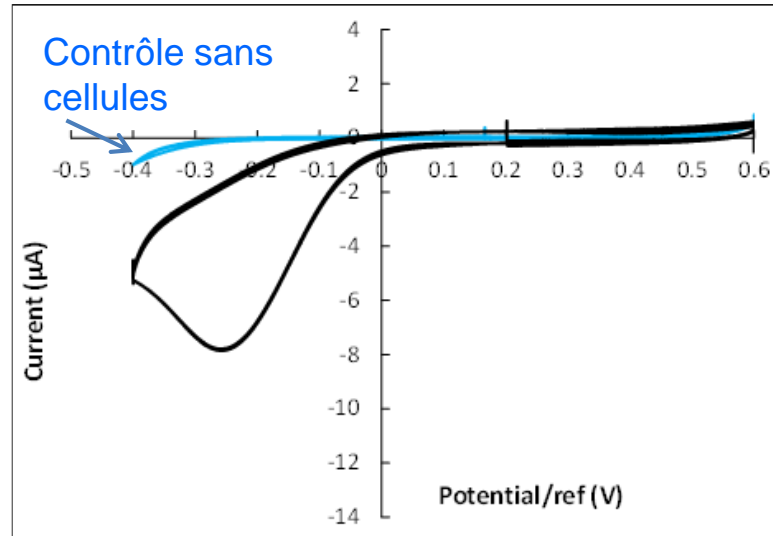
Biofilms électroactifs: nouveau domaine d'application

Transferts d'électrons extracellulaires avec cellules animales et humaines

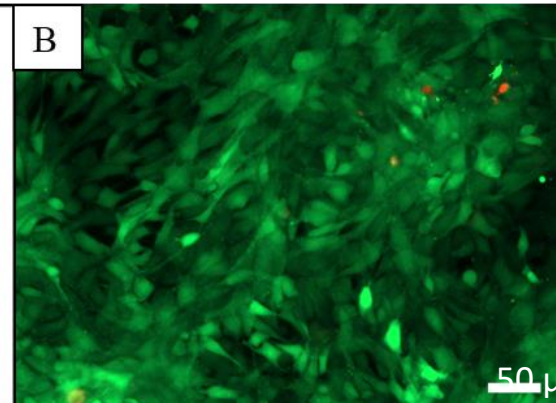
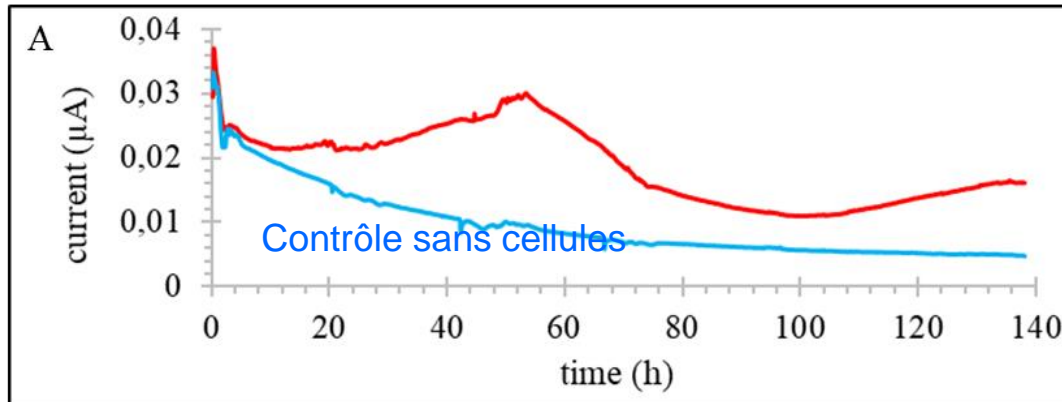
Thèse de Simon Guette-Marquet, programme TECH (ANR-17-CE07-45)

Catalyse de la réduction de l'oxygène par des cellules MRC5 (poumon humain),

*Electrode en carbone
Voltammétrie 10 mV/s*



Transferts anodiques avec des cellules Vero (rein de singe) Chronoampérométrie 0,4 V/pseudo-ref





Laboratoire de Génie Chimique UMR 5503 (Toulouse)

Equipe Ingénierie des biofilms

Site de Labège
Campus INP - ENSIACET
4 allée Emile Monso
CS 84234
31 432 Toulouse cedex 4

