



**HAL**  
open science

## Optimisation de la culture de microalgues à l'aide de photobioréacteurs innovants dans le contexte de bioéconomie circulaire

Marie-Ange Leca, Lucie Castel, Ángela Sánchez-Quintero, Benjamin Michelena, Yves Le Guer, Jean-Baptiste Beigbeder

### ► To cite this version:

Marie-Ange Leca, Lucie Castel, Ángela Sánchez-Quintero, Benjamin Michelena, Yves Le Guer, et al.. Optimisation de la culture de microalgues à l'aide de photobioréacteurs innovants dans le contexte de bioéconomie circulaire. Société Française de Génie des Procédés (SFGP2022), Nov 2022, Toulouse, France. hal-04059724

**HAL Id: hal-04059724**

**<https://univ-pau.hal.science/hal-04059724>**

Submitted on 25 Apr 2024

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

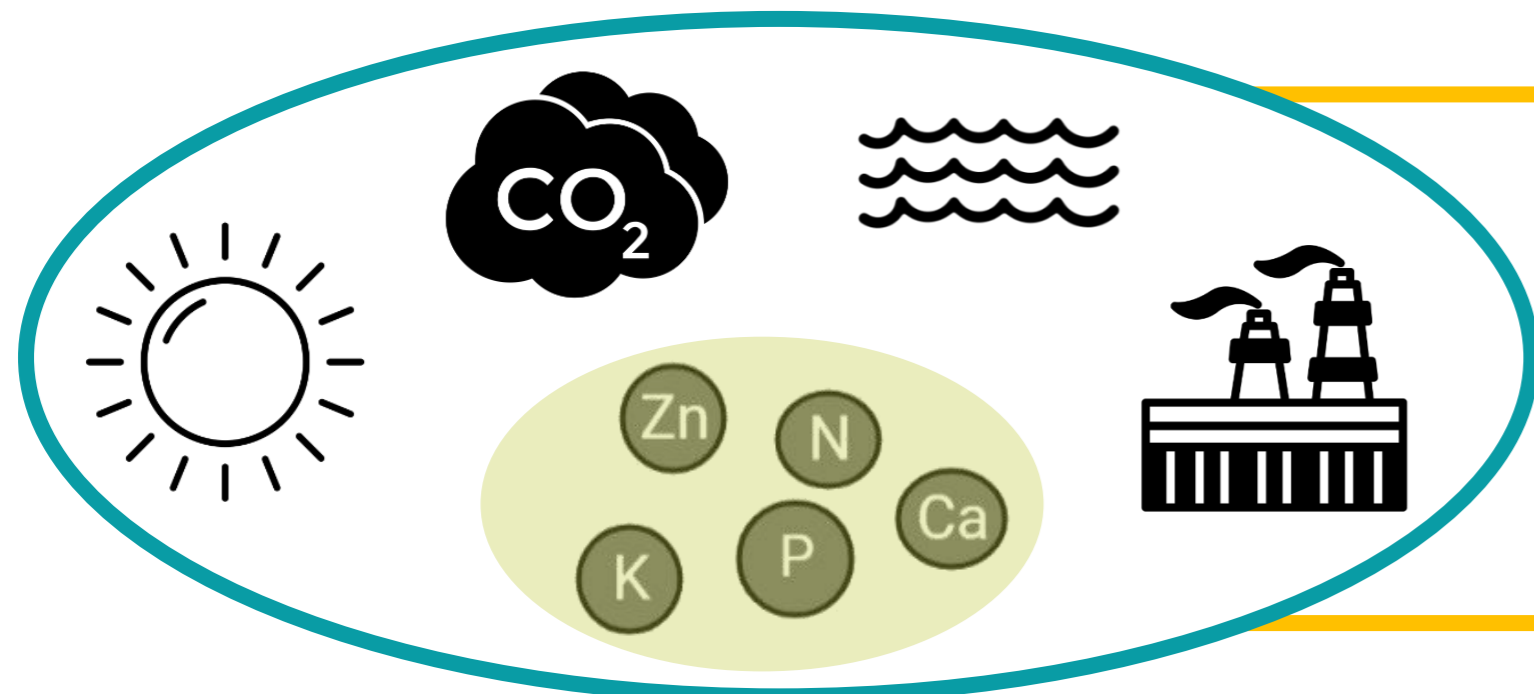
L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



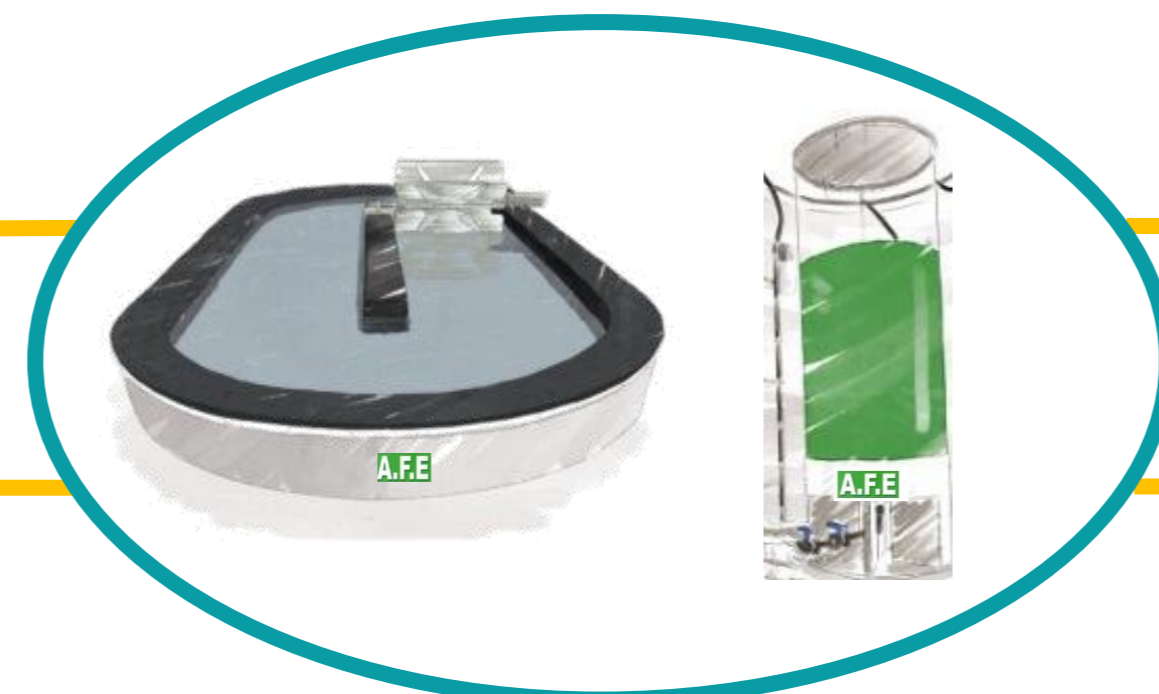
Distributed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

## 1. Contexte du projet

### Intrants pour la culture



### Culture de microalgues



### Valorisation de la biomasse



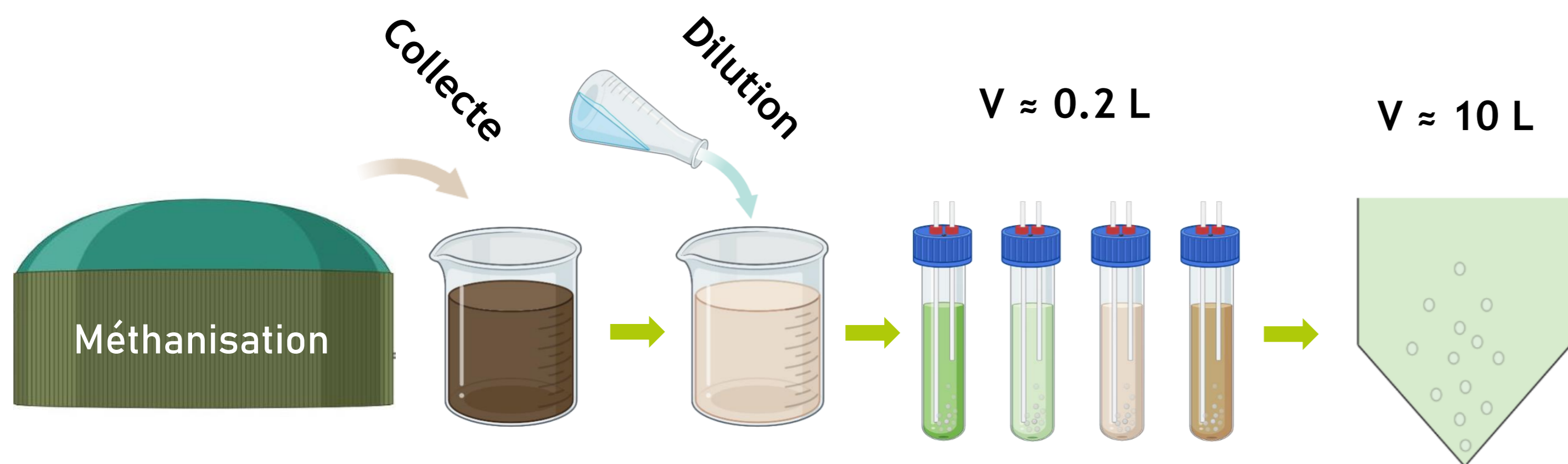
Apport de nutriments + grande quantité d'eau → 15-70 % du coût total de production de la biomasse [1,2]

Systèmes de culture :  
• Bassins de culture (Raceway)  
• Photobioréacteurs (PBR)

Performances de production → Meilleure rentabilité économique

## 2. Démarche expérimentale

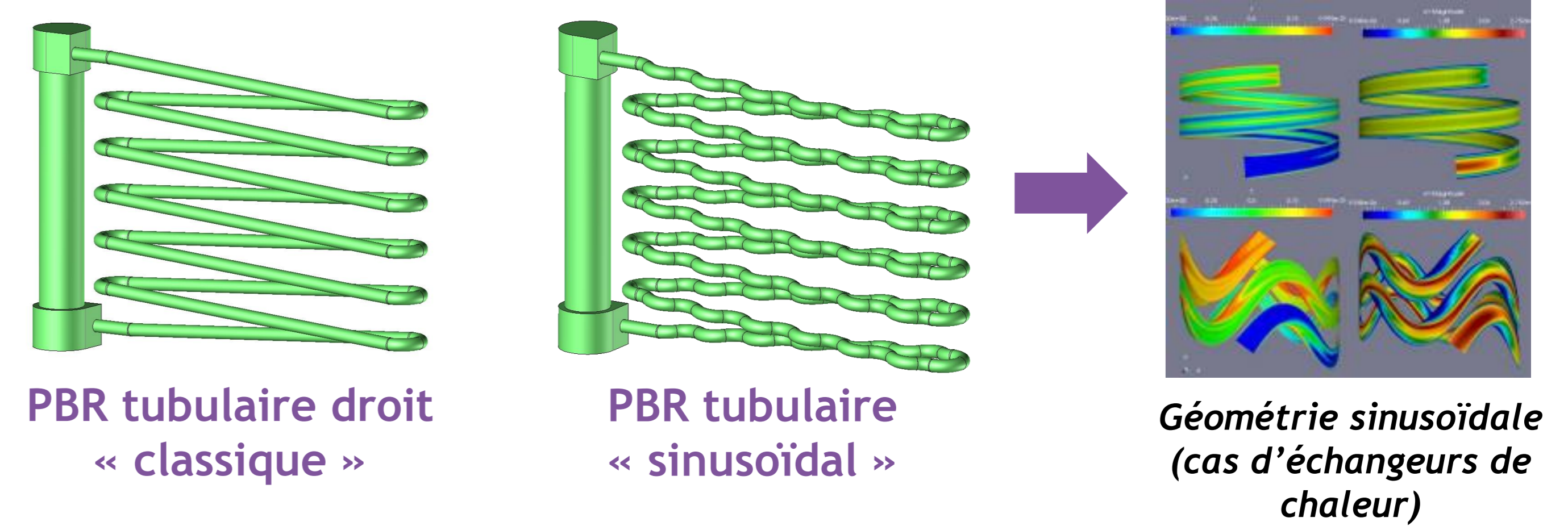
### Axe 1 : Valorisation d'effluents agro-industriels pour la culture de microalgues



Culture de *Spiruline* avec digestats de méthanisation et eau de géothermie :

- Screening en tubes avec plusieurs taux de dilution et un contrôle (BG11)
- Mise à l'échelle en réacteur « flat panel »
- Utilisation de NaHCO<sub>3</sub> ou de CO<sub>2</sub> comme source de carbone

### Axe 2 : Développement de photobioréacteurs innovants pour la culture de microalgues



Intérêt de la géométrie sinusoidale :

- Améliorer le mélange et les échanges gazeux
- Limiter la formation de biofilm sur la paroi des tubes
- Générer des écoulements chaotiques à de faibles vitesses d'écoulement

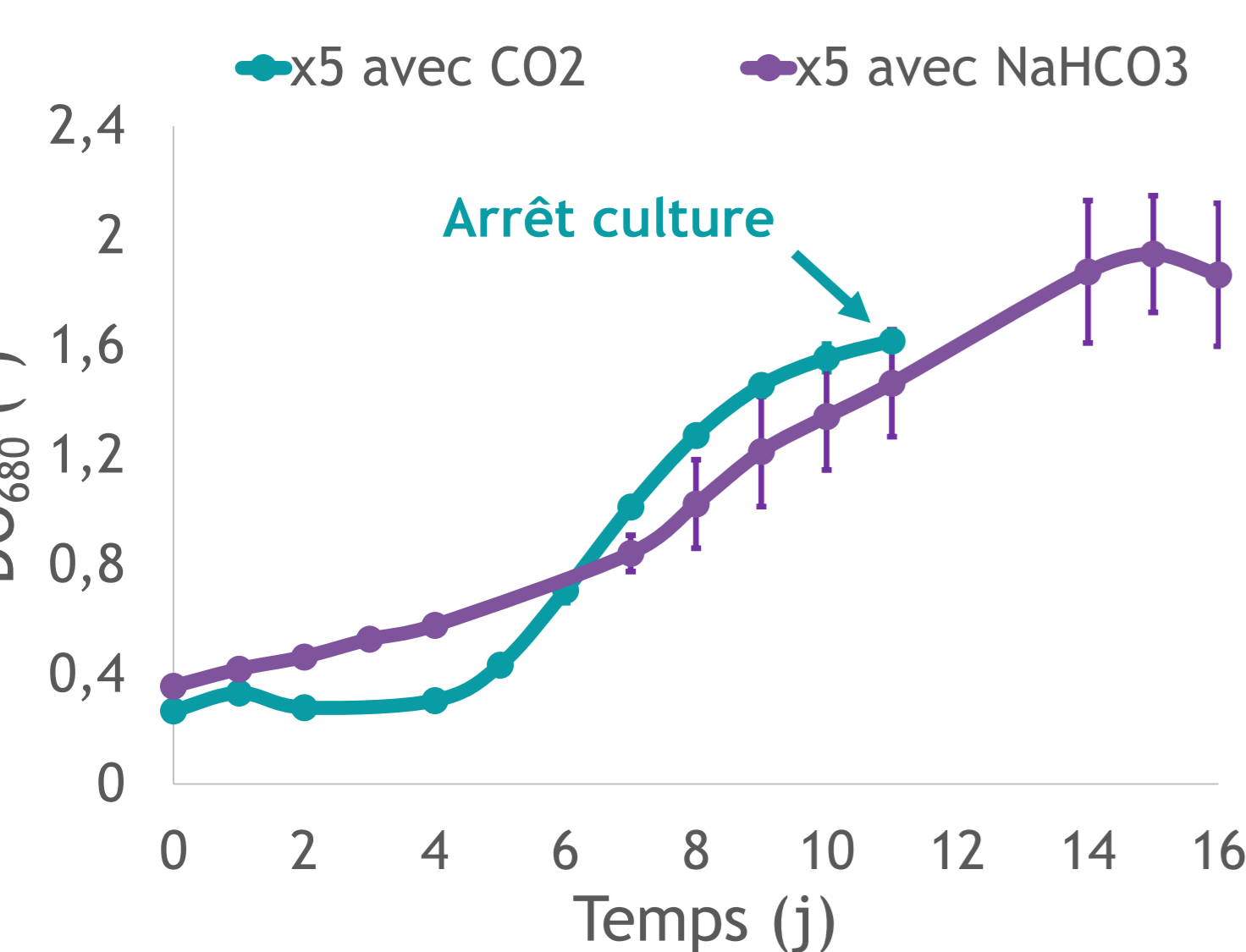
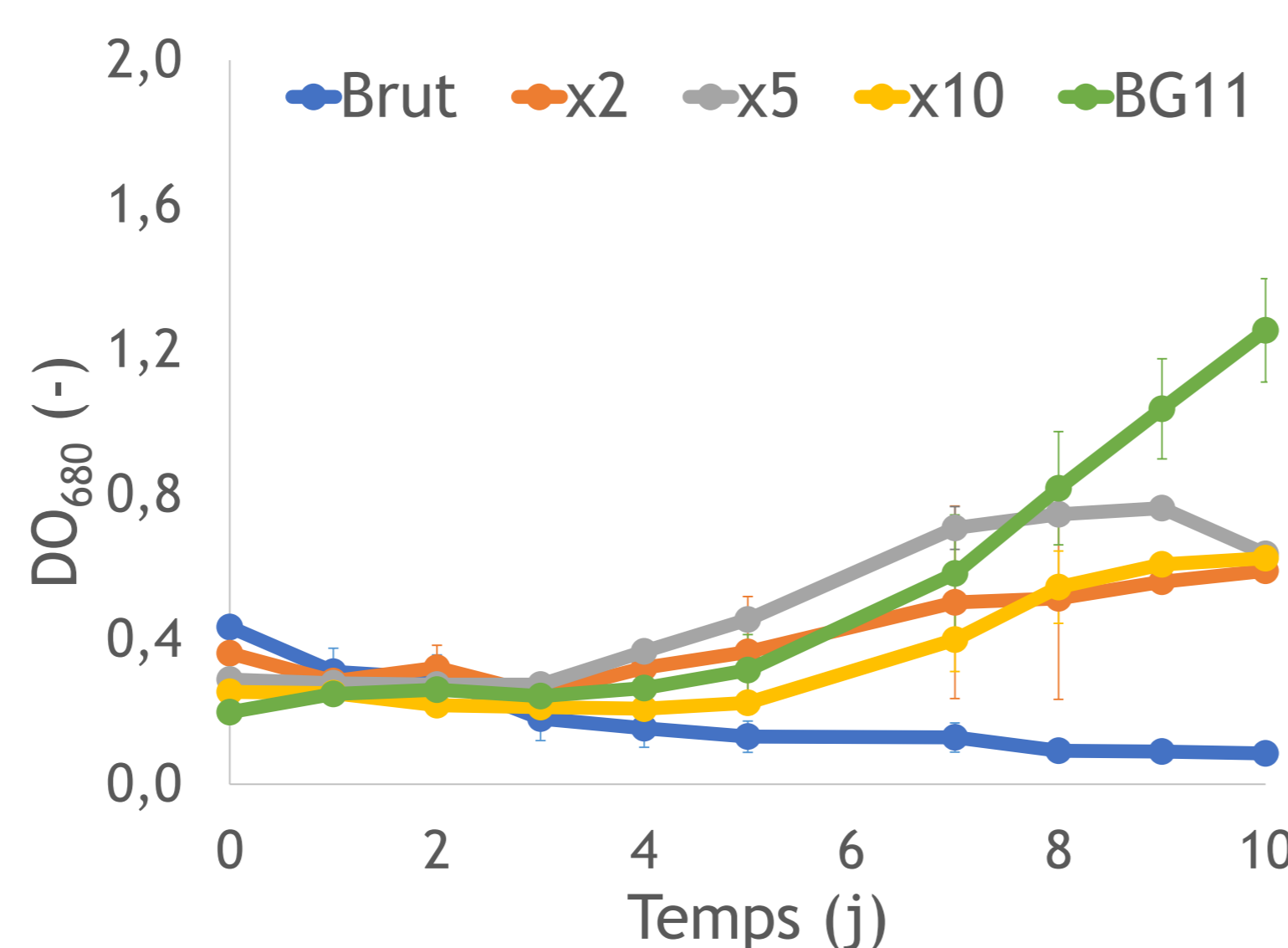
## 3. Résultats expérimentaux

- Digestat liquide brut trop « toxique » pour la croissance de *Spiruline* (NH<sub>4</sub><sup>+</sup> ≈ 400 mg/L)

- Croissance observée pour chaque taux de dilution (x2, x5, x10)

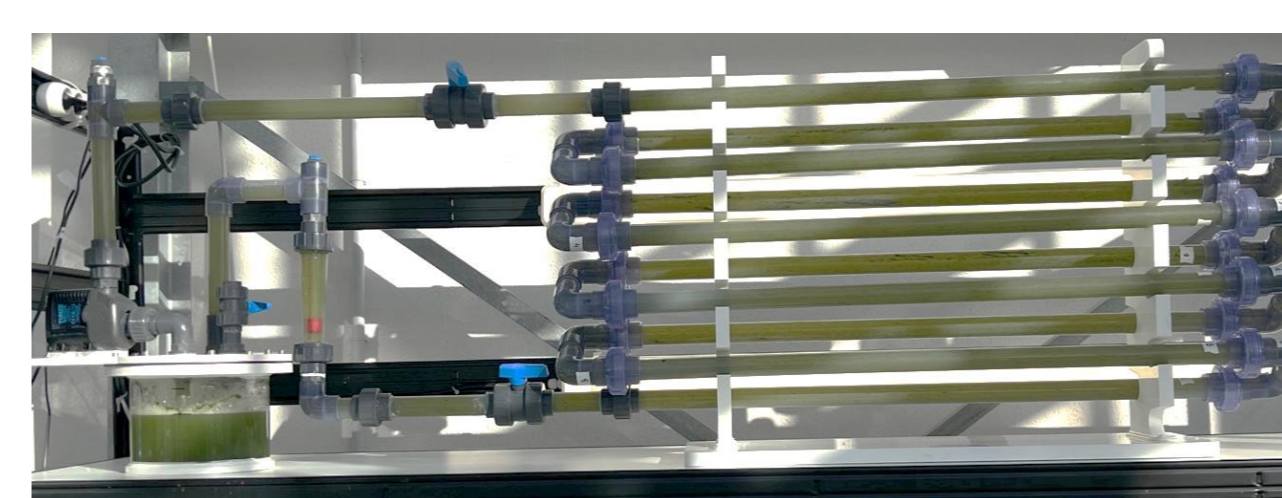
- Taux de dilution x5 sélectionné :

- 82%  $\mu_{BG11} = \mu_{x5}$
- 41%  $DO_{680}_{BG11} = DO_{680}_{x5}$

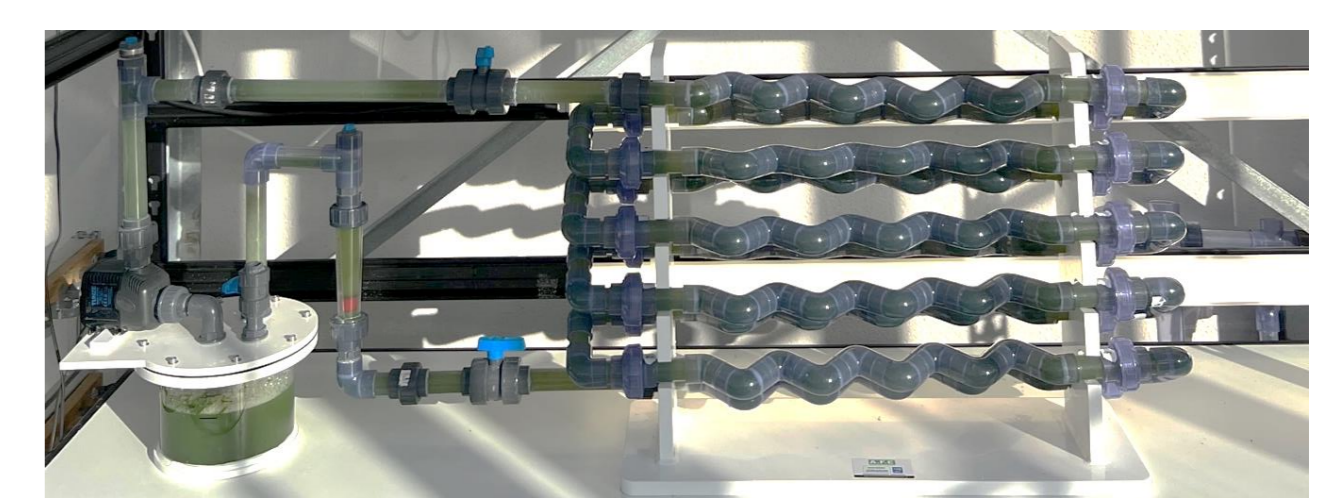


- Taux de croissance  $\mu$  (j<sup>-1</sup>) :  
○  $\mu_{x5 \text{ avec } CO_2} = 0,31 \pm 0,06 \text{ j}^{-1}$   
○  $\mu_{x5 \text{ avec } NaHCO_3} = 0,12 \pm 0,01 \text{ j}^{-1}$
- Concentration maximale (g/L) :  
○  $C_{max_{x5 \text{ avec } CO_2}} = 1,06 \pm 0,05 \text{ g/L}$   
○  $C_{max_{x5 \text{ avec } NaHCO_3}} = 1,27 \pm 0,27 \text{ g/L}$

### PBR tubulaire droit « classique »



### PBR tubulaire « sinusoidal »

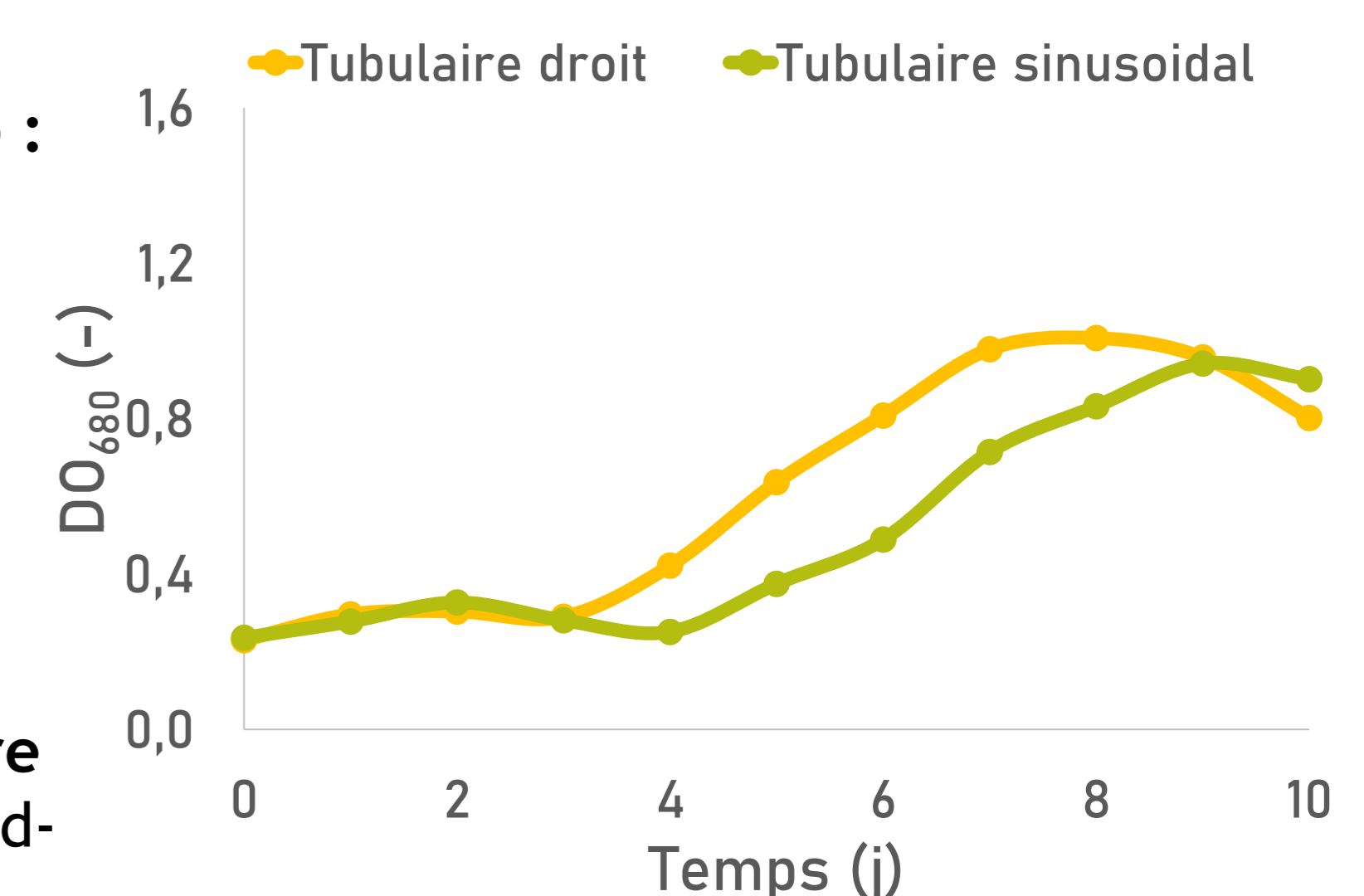


Paramètres opératoires :

- $D_{int \text{ tube}} = 32 \text{ mm}$
- $D_{ext \text{ tube}} = 40 \text{ mm}$
- $L_{tubes} \approx 6 \text{ m}$
- Pompe de recirculation
- $Q_v = 200 \text{ L/h}$
- $Re \approx 2000$

### Essais préliminaires :

- Taux de croissance moyen  $\mu$  (j<sup>-1</sup>) :  
○  $\mu_{PBR \text{ droit}} = 0,35 \pm 0,04 \text{ j}^{-1}$   
○  $\mu_{PBR \text{ sinusoidal}} = 0,40 \pm 0,10 \text{ j}^{-1}$
- Concentration maximale (g/L) :  
○  $C_{PBR \text{ droit}} = 0,69 \pm 0,11 \text{ g/L}$   
○  $C_{PBR \text{ sinusoidal}} = 0,74 \pm 0,23 \text{ g/L}$
- Moins de dépôts avec le tubulaire sinusoidal → tester en mode « fed-batch » et avec injection d'air



## 4. Perspectives

- Caractérisation de la biomasse récoltée pour définir les voies de valorisation
- Montée en échelle des essais de croissance de *Spiruline* (Colonnes, PBR innovants et Raceway)
- Culture en mode « fed-batch » → représentatif des cultures industrielles

- Poursuivre la comparaison des deux systèmes en milieu synthétique (mode batch et « fed-batch »)
- Tester les PBR innovants avec injection d'air et de CO<sub>2</sub>
- Montée en échelle du prototype sinusoidal (si résultats favorables)
- Essais de croissance de microalgues avec les milieux nutritifs alternatifs issus d'effluents agro-industriels

## Références

[1] H. R. Lim et al., « Perspective of Spirulina culture with wastewater into a sustainable circular bioeconomy », *Environ. Pollut.*, vol. 284, p. 117492, sept. 2021, doi: 10.1016/j.envpol.2021.117492.

[2] X.-B. Tan, X.-C. Zhao, L.-B. Yang, J.-Y. Liao, et Y.-Y. Zhou, « Enhanced biomass and lipid production for cultivating *Chlorella pyrenoidosa* in anaerobically digested starch wastewater using various carbon sources and up-scaling culture outdoors », *Biochem. Eng. J.*, vol. 135, p. 105-114, juill. 2018, doi: 10.1016/j.bej.2018.04.005.