

**HIGH PERFORMANCE MULTI-STAGE  
ANAEROBIC REACTOR FOR AGROINDUSTRIAL  
WASTEWATER TREATMENT**



**LIFE  
MULTI-AD**

**LIFE17 ENV / ES / 000331**

**LAYMAN'S REPORT**

**(French)**



[www.lifemultiad.eu](http://www.lifemultiad.eu)





**LIFE Multi-AD 4 AgroSMEs (ci-après LIFE Multi-AD) est un projet de démonstration cofinancé par l'Union européenne dans le cadre du programme LIFE : LIFE+17 ENV/ES/ 000331.**

#### **BUDGET TOTAL**

**2 177 143 € (contribution de l'UE: 60 %)**

#### **DURÉE**

**01/09/2018 - 30/06/2023**

## **Introduction**

L'industrie de l'alimentation et des boissons (F&D), le plus grand secteur manufacturier de l'UE, est composée de 290 000 petites et moyennes entreprises (PME), soit 99 % de l'ensemble de l'industrie. Les PME du secteur de l'alimentation et des boissons sont des secteurs très consommateurs d'eau dans le monde entier, produisant un volume important d'eaux usées. Ces effluents industriels se caractérisent par une forte concentration de matières organiques biodégradables, ce qui exerce une pression considérable sur l'environnement.

Ils sont donc le plus souvent traités par un système biologique aérobie dans l'installation industrielle où les eaux usées sont générées. En raison de la sélection du processus typique, le traitement biologique aérobie, la consommation d'énergie relative est élevée. De plus, en raison de l'élimination typique des biosolides sur site ou à proximité, sans récupération du biogaz, les possibilités de compensation des émissions de carbone sont faibles, voire inexistantes.

D'autre part, le système anaérobie apparaît comme un processus plus écologique et plus économique pour le traitement des eaux usées à forte charge. Cependant, les réacteurs anaérobies à haut débit déjà sur le marché (par exemple, UASB, EGSB ou IC) sont optimisés pour les grandes entreprises (>1 000 m<sup>3</sup>/j, soit 2 500 m<sup>3</sup> de capacité standard) où les économies d'échelle rendent abordables de vastes investissements technologiques. Dans les contrats, le secteur de la F&D, dominé par les PME, ne rejette pas une charge organique suffisante pour que les réacteurs anaérobies existants s'avèrent économiquement viables.





## LIFE Multi-AD

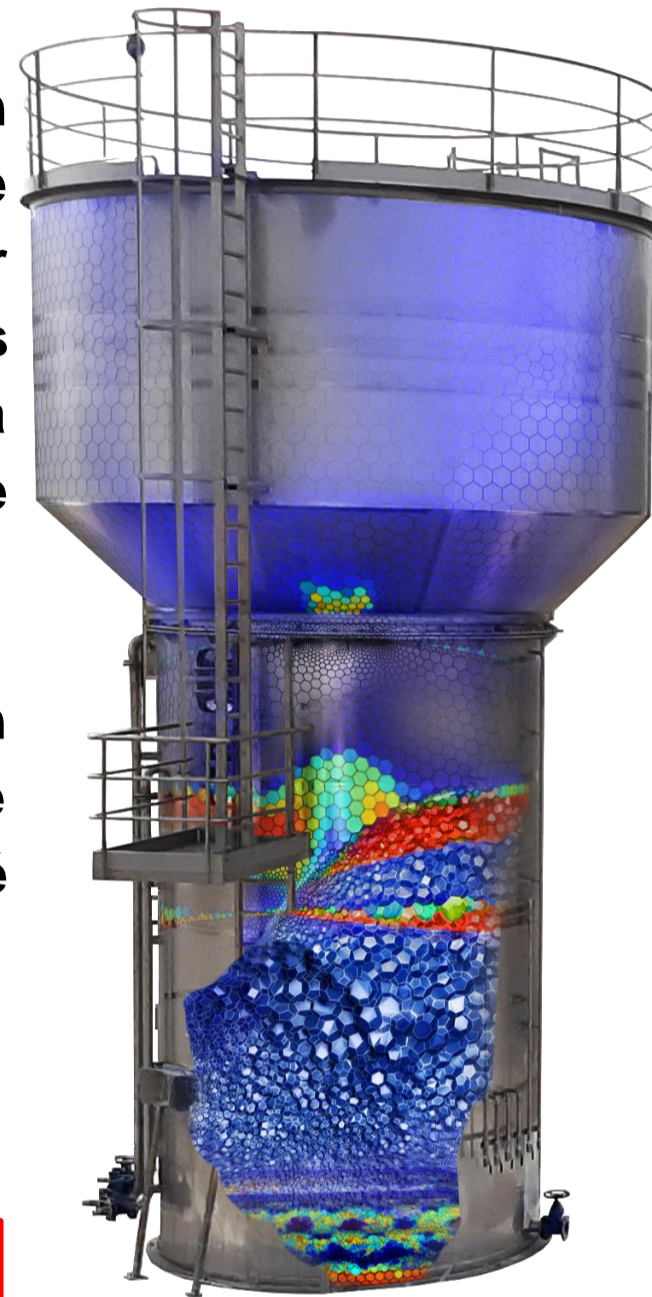
1. LE PROJET	4
2. SOLUTION TECHNOLOGIQUE	5
3. RÉSULTATS	6
4. DIFFUSION ET COMMUNICATION	9



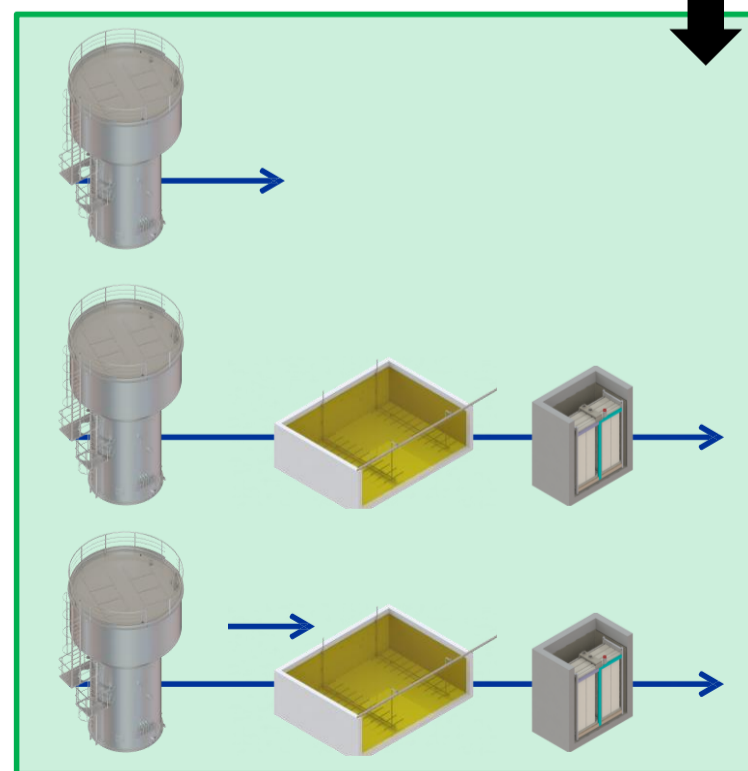
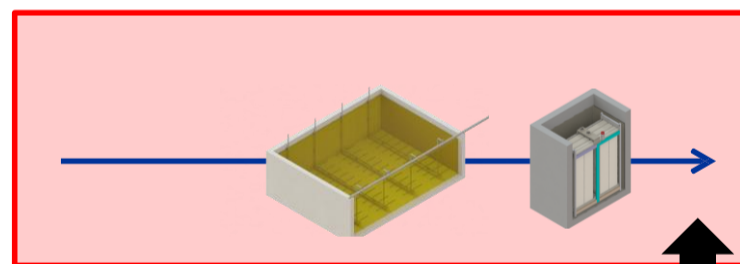
## 1. LE PROJET

LIFE Multi-AD vise à concevoir et à industrialiser un réacteur anaérobie multiphase à haute performance qui génère du biogaz riche en méthane, conçu sur mesure pour traiter les eaux usées produites par les PME de F&D. Le dispositif Multi-AD sera fabriqué à la demande, en fonction des besoins de chaque industrie en matière de traitement des eaux usées.

Le dispositif Multi-AD sera fabriqué à la demande, en fonction des besoins de chaque industrie en matière de traitement des eaux usées, avec une capacité comprise entre 25 et 500 m<sup>3</sup>.



Aerobic process (Baseline)



Multi-AD (Prototype performance)

### Indicateurs

- Concentration de polluants
- Émissions de gaz à effet de serre
- Consommation de produits chimiques
- Consommation d'énergie
- Coût d'exploitation

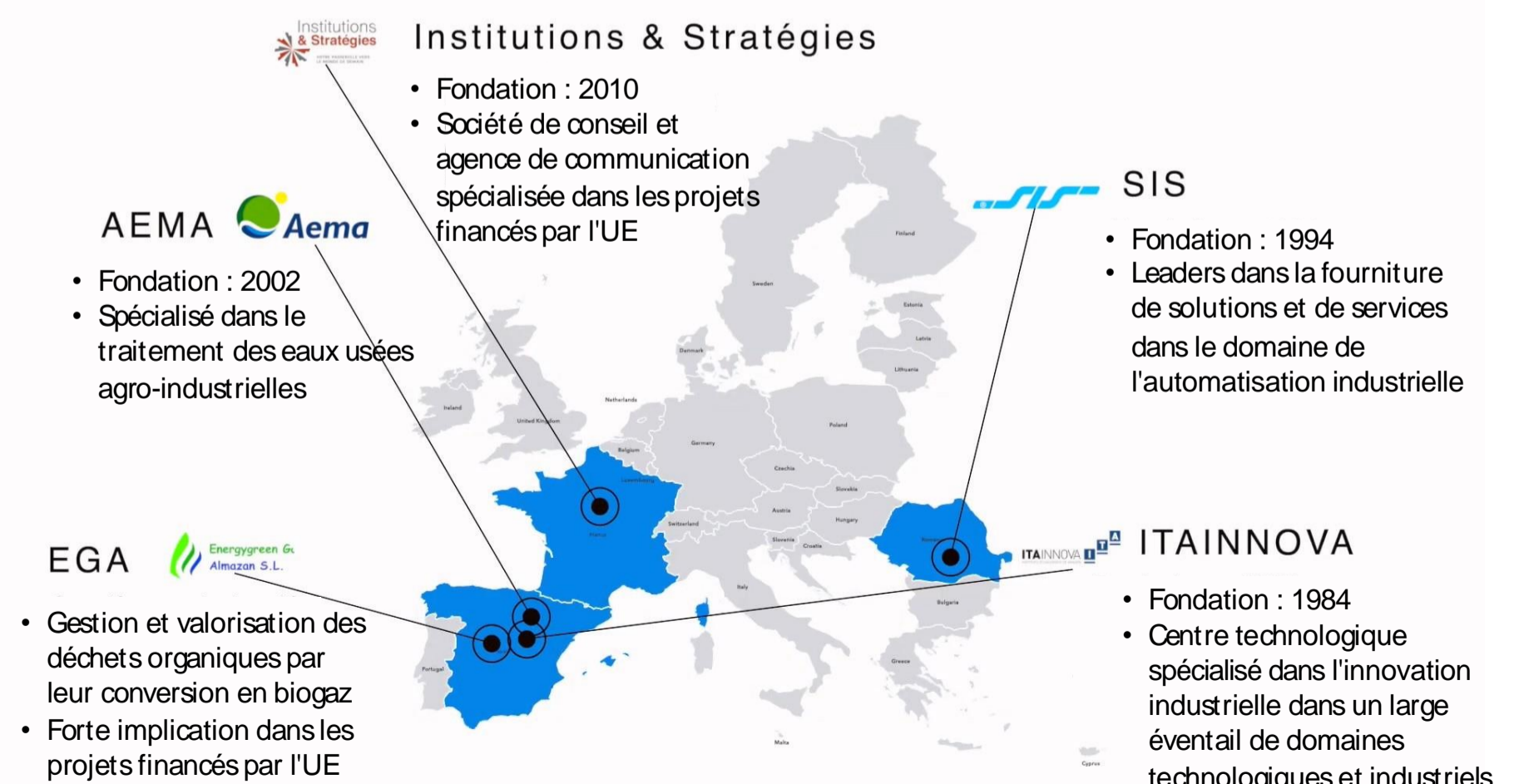


treated water

## OBJECTIFS

1. La mise à l'échelle du réacteur anaérobie éco-innovant (brevet ES-2541078-B1) de notre prototype actuel de 100L à 25-500m<sup>3</sup>..
2. Optimisation et automatisation du système de contrôle, afin de maximiser la stabilité du processus anaérobie et de le rendre résistant aux changements dans la composition des eaux usées ou dans les conditions opérationnelles
3. Construction et validation d'une unité de démonstration à l'échelle 1:1 du réacteur Multi-AD dans une cave espagnole.
4. Développement du "Anaerobic Reactor Design Tool", un logiciel à utiliser pour dimensionner une solution technologique multi-AD ad-hoc.
5. Alimentation de la base de données du logiciel avec des données générées par le traitement de différents types d'eaux usées industrielles de F&D en utilisant notre prototype Multi-AD de 100 L

## CONSORTIUM



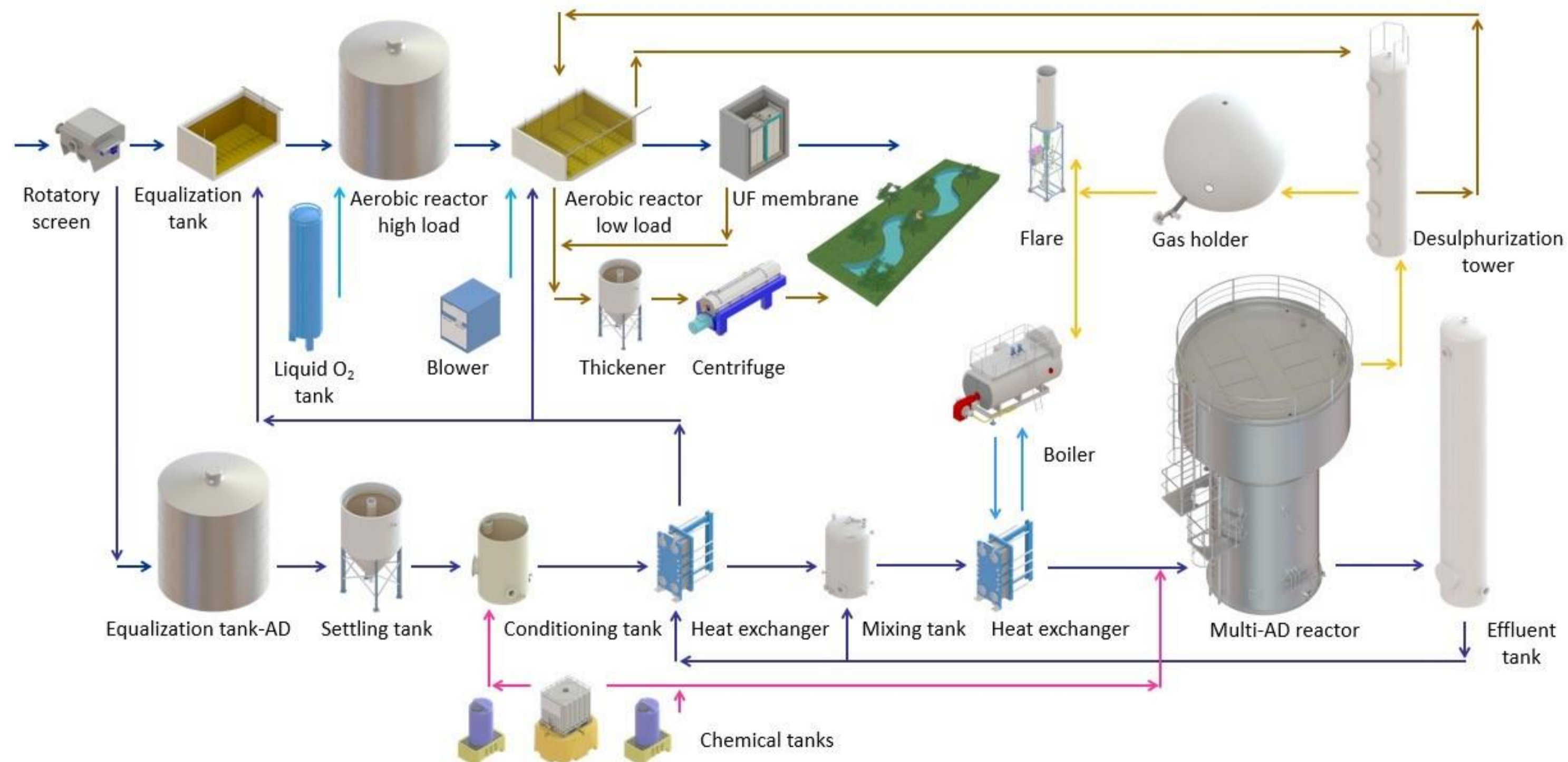
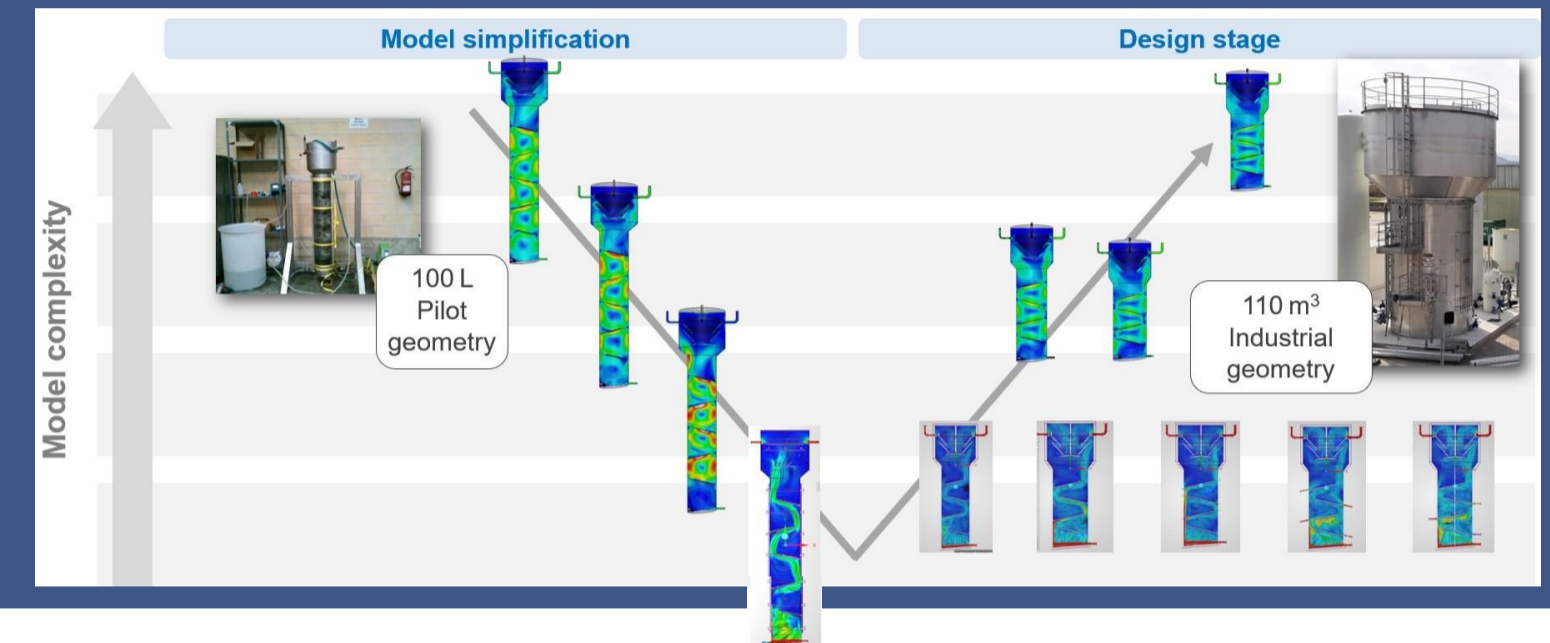


## 2. SOLUTION TECHNOLOGIQUE

La solution technologique Multi-AD est installée à l'échelle industrielle dans la station d'épuration actuelle de AGE Winery (Fuenmayor, ESPAGNE). La solution innovante est basée sur un réacteur anaérobie multiétagé d'un volume de 110 m<sup>3</sup> qui a une capacité de charge organique journalière maximale de 2 000 kgCOD et est capable de traiter jusqu'à 200 m<sup>3</sup>/j d'eaux usées.

Le réacteur Multi-AD comprend quatre chambres, chacune agissant comme un réacteur indépendant où se déroule l'ensemble du processus biologique anaérobie. La biomasse anaérobie granulaire est capable de dégrader la matière organique et de produire du biogaz, traitant ainsi les eaux usées et générant une source d'énergie renouvelable.

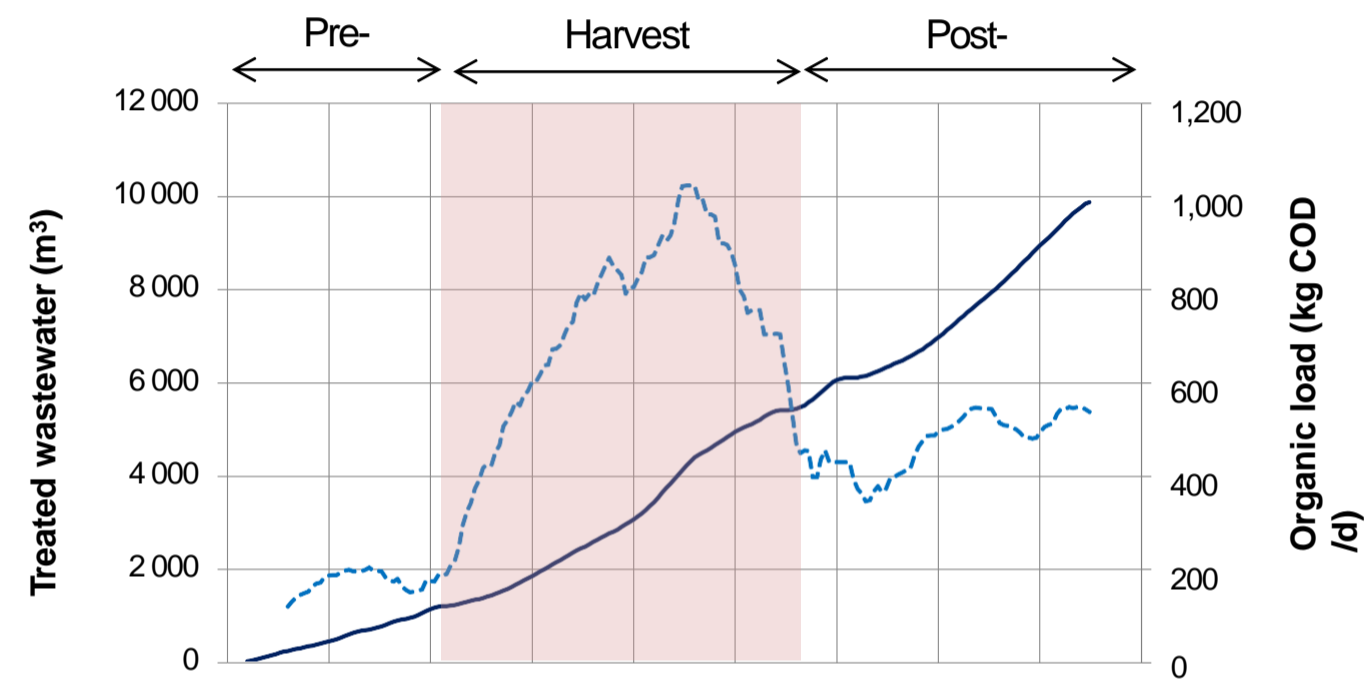
Le dispositif Multi-AD a été mis à l'échelle à partir du prototype 100L. Le processus de mise à l'échelle a été étayé par des résultats de simulation afin de prédire les performances de la nouvelle conception et de réduire les risques et les coûts associés à l'incertitude.



### 3. RESULTAS

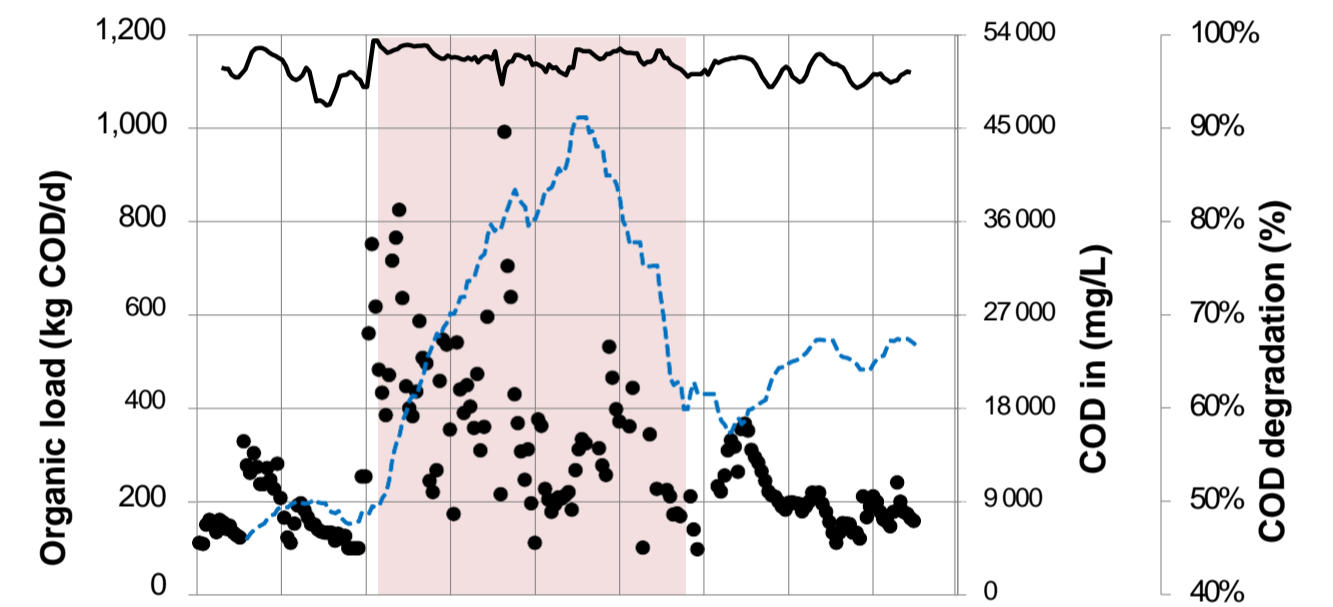
**EAU**  
10,000m<sup>3</sup>

**Mode de fonctionnement continu (24/7)**  
10 000 m<sup>3</sup> d'eaux usées traitées



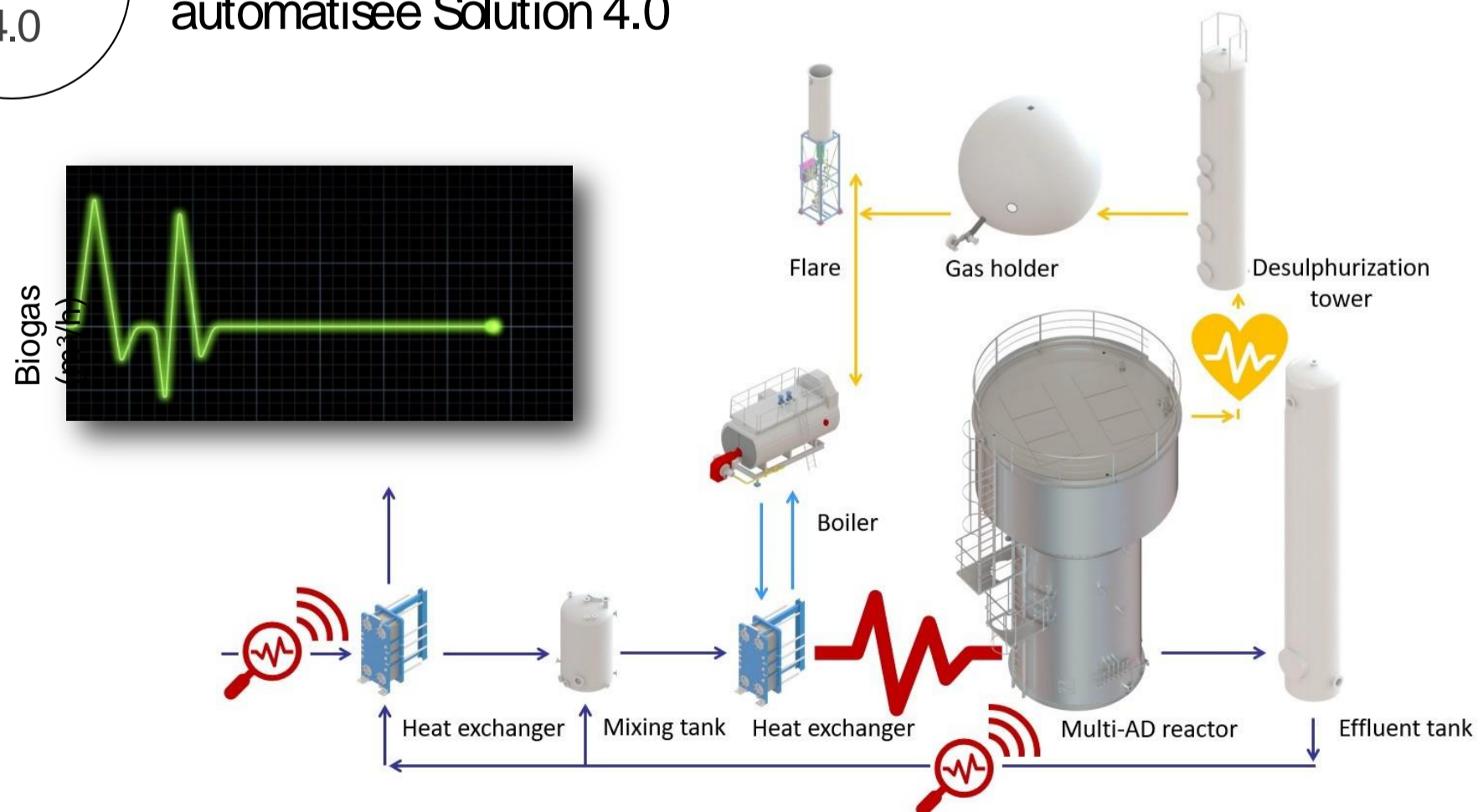
**Traitement des eaux usées à haute efficacité**  
Réduction de la DCO supérieure à 95

**Traitement des eaux usées à haute efficacité**  
Réduction de la DCO supérieure à 95



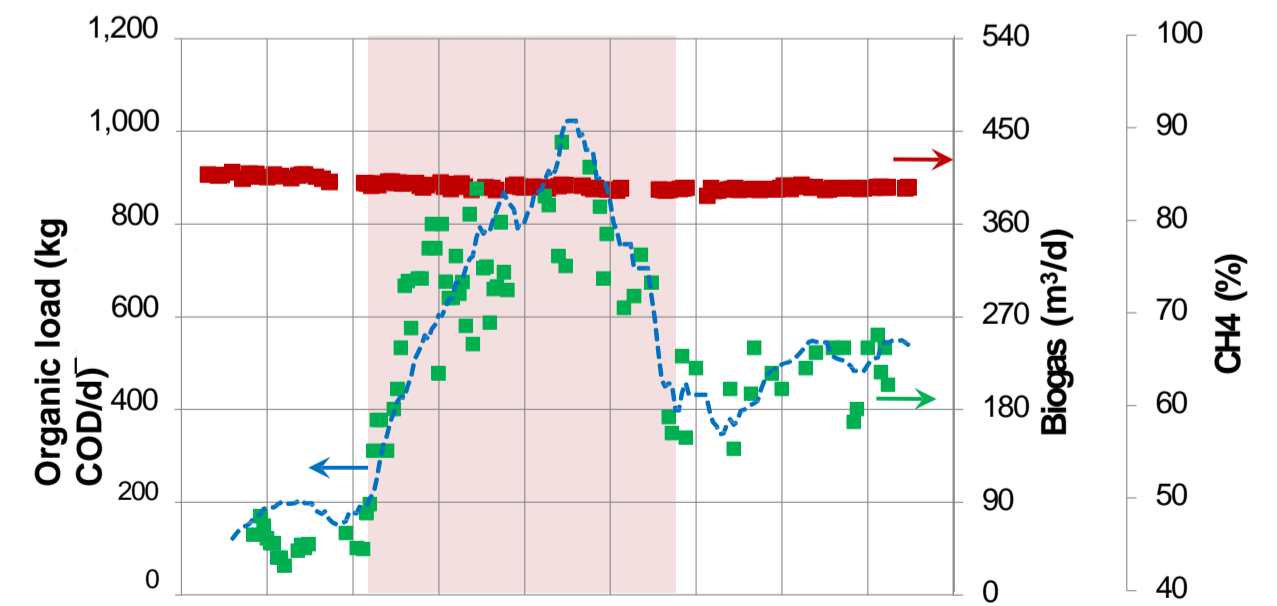
**control**  
4.0

**Innovation autonome et entièrement automatisée Solution 4.0**

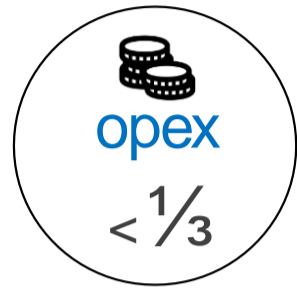


**biogás**  
0.36m<sup>3</sup>/kg

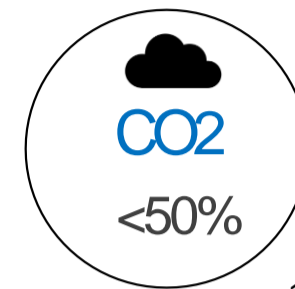
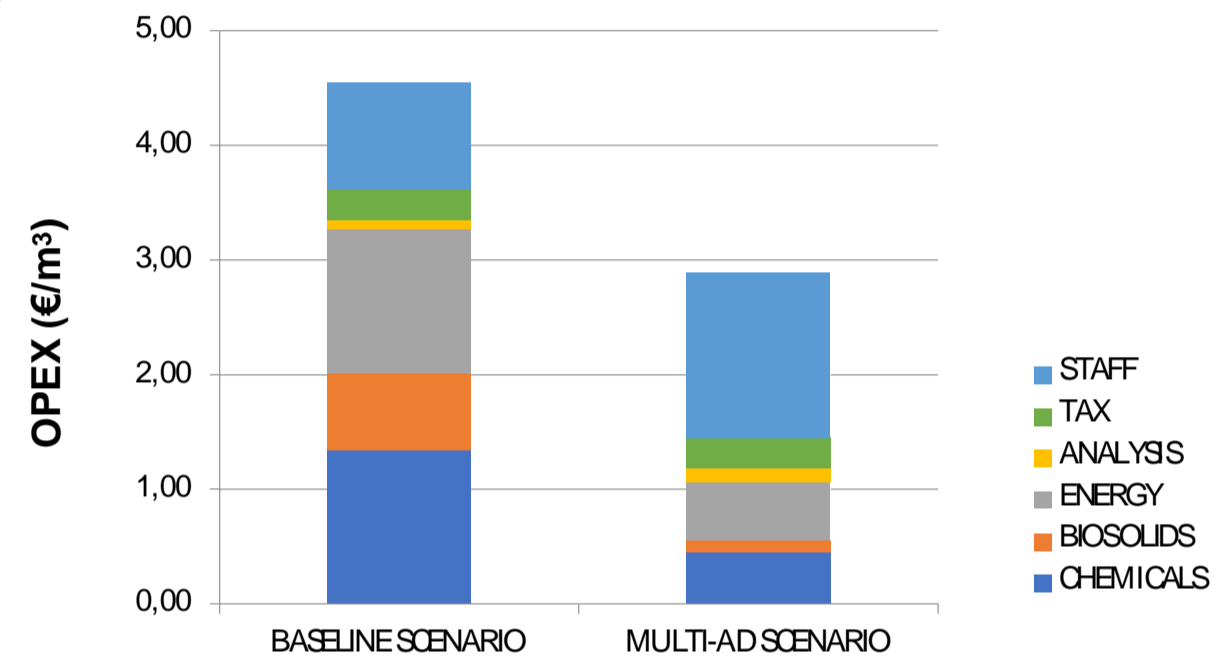
**Production d'énergie renouvelable**  
Méthane supérieur à 80



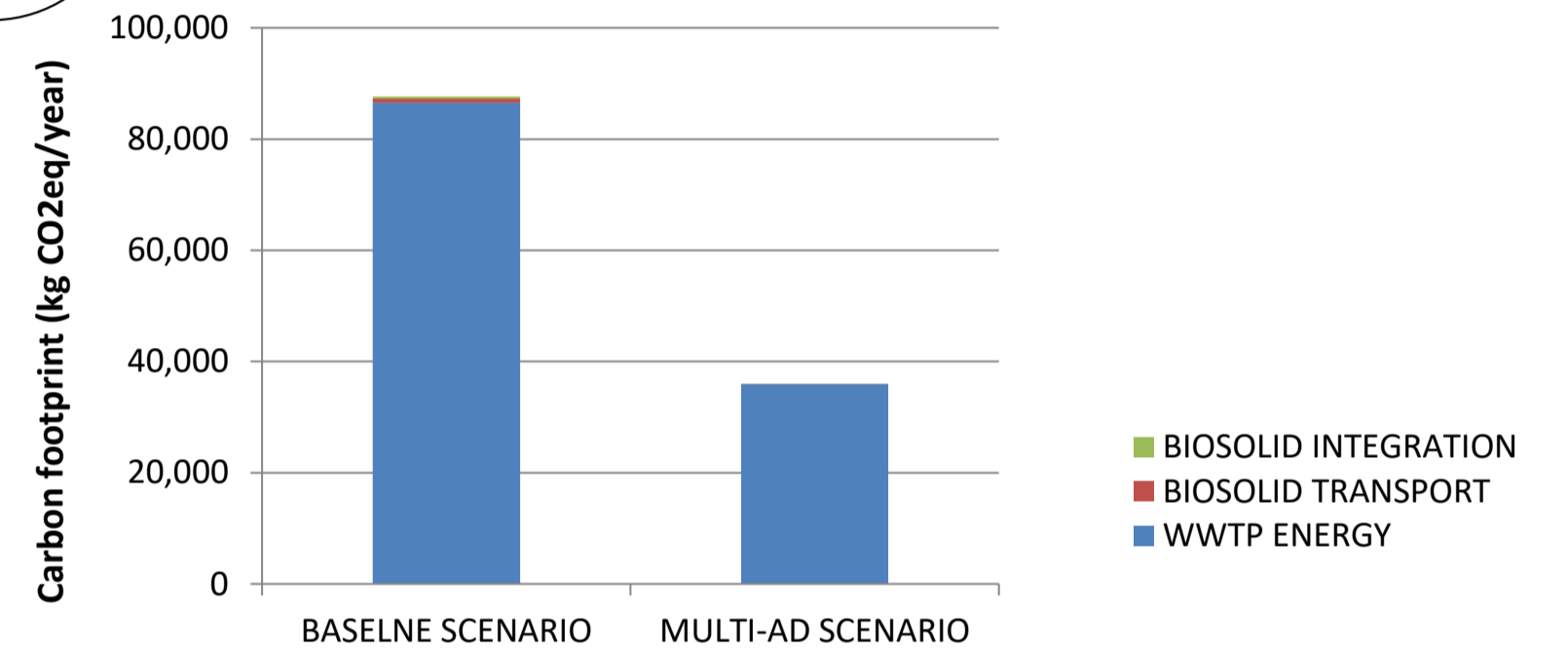




**Faibles dépenses opérationnelles**  
Réduction des OPEX supérieure à 33



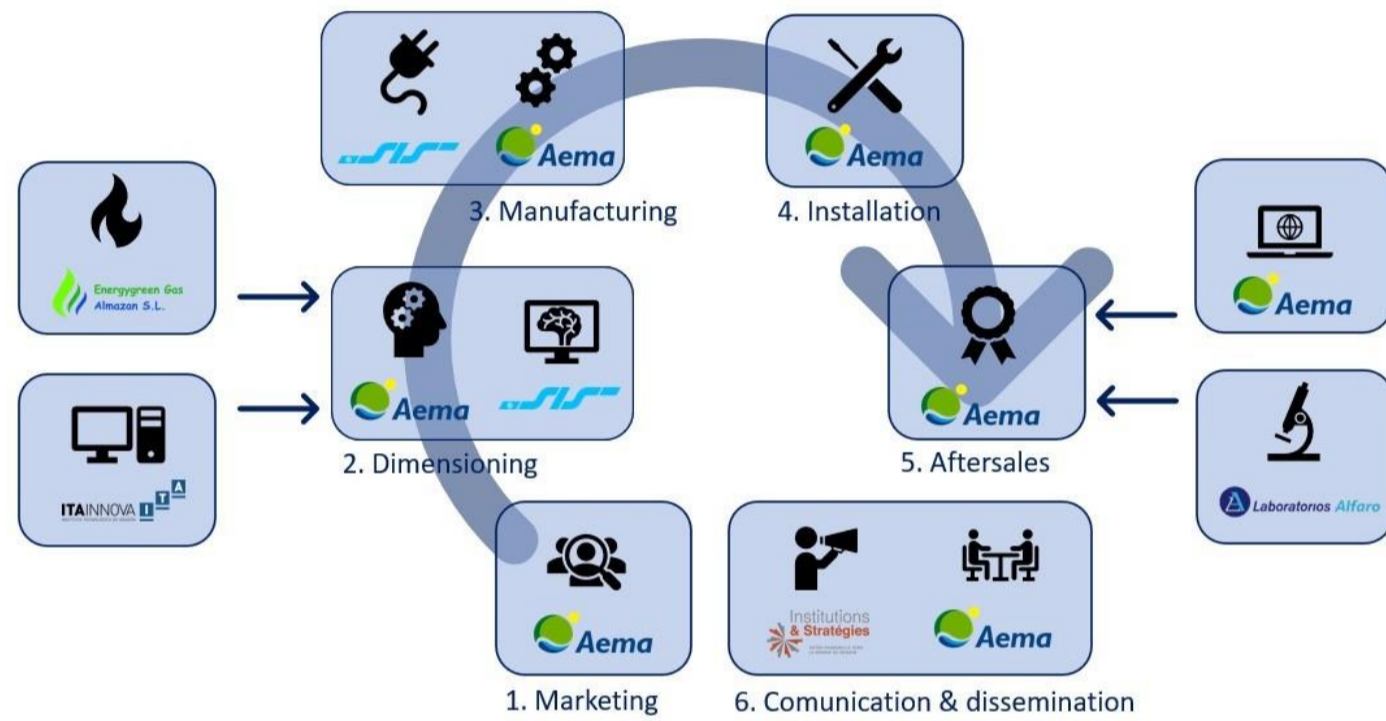
**Faible empreinte carbone**  
Réduction supérieure à 50



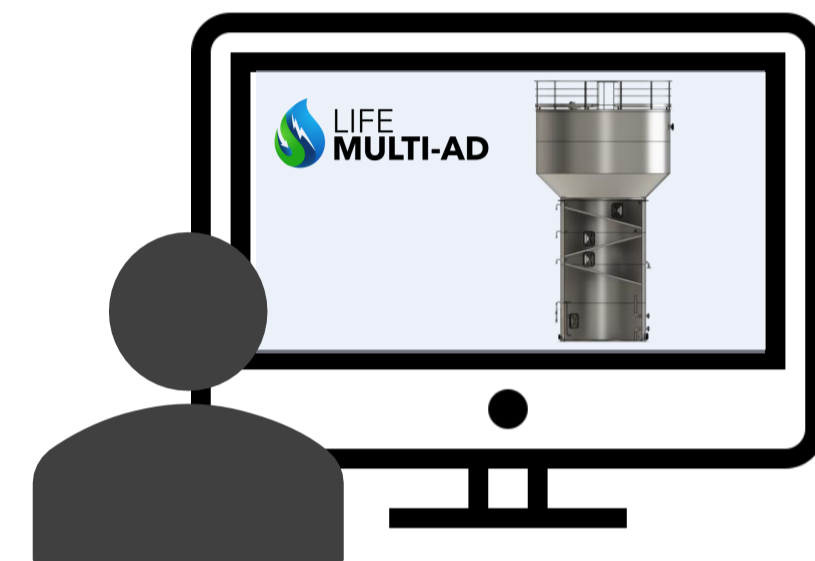




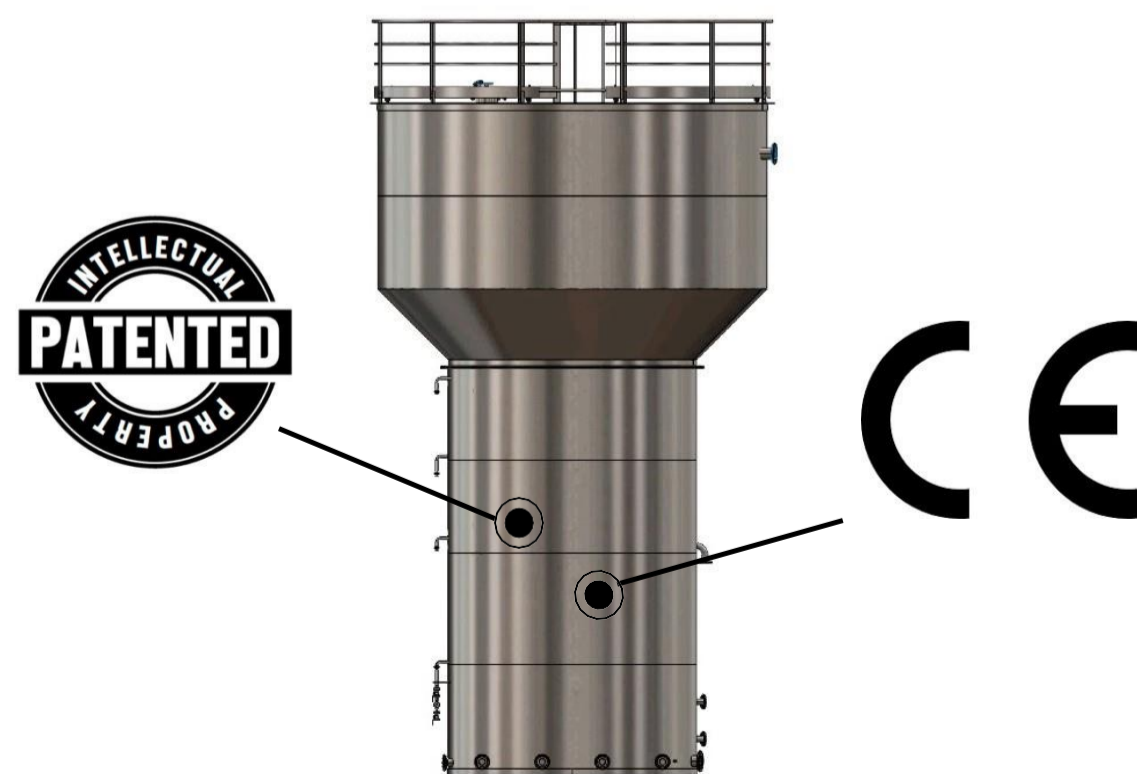
**Développement d'une stratégie d'entreprise**  
164 Conception Multi-AD dans les PME de F&D en 2030



**L'outil de conception de réacteurs anaérobies**  
Conception ad-hoc de 25 à 500 m3



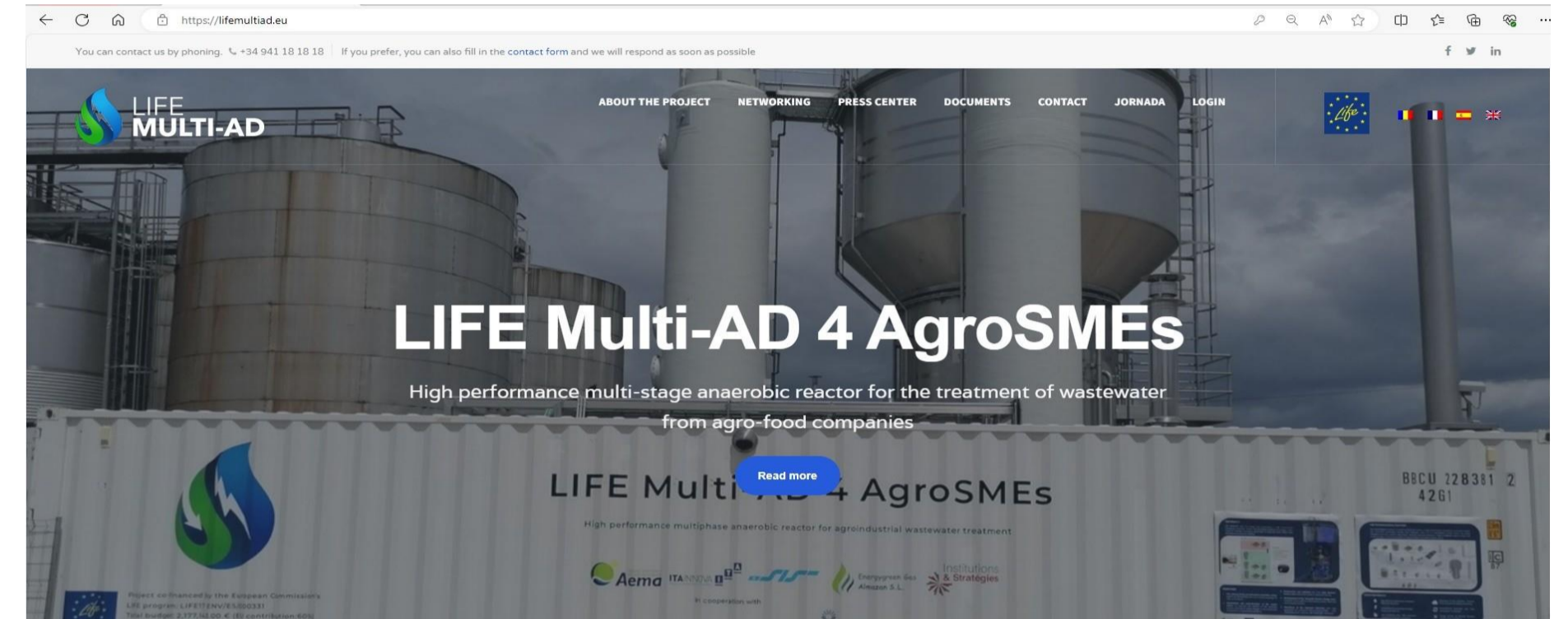
**Certification et DPI pour le lancement sur le marché**  
Marquage CE et processus initié pour PI





## 4. DIFFUSION ET COMMUNICATION

- 1 Page web, LinkedIn, Facebook et Twitter
- 2 Vidéo élaborée
- 58 Nouvelles publiées de LIFE Multi-AD
- 7 Bulletins d'information
- 2 Ateliers organisés
- 4 Présentation lors de congrès internationaux
- 30 Participation à des foires thématiques, des séminaires et des webinaires
- 5 Conférences à l'école, au lycée et à l'université
- 1 Article publié dans une revue à comité de lecture de haut niveau
- 1 Fiche technique des bonnes pratiques en matière d'économie circulaire - La Rioja
- 1 Mémoire pour le diplôme d'ingénieur chimiste - Université de Saragosse
- 17 Mise en réseau avec d'autres projets de R&D
- 7 Réunions avec les décideurs politiques
- 4 Interactions avec les plateformes technologiques - Parties prenantes
- 72 Interactions avec des clients potentiels - Parties prenantes
- 208 Interactions avec les fournisseurs - Parties prenantes



### A Practical Approach for Biochemical Modeling in the CFD Evaluation of Novel Anaerobic Digester Concepts for Biogas Production

Mario Miana<sup>1,\*</sup>, Ana Martínez Santamaría<sup>1</sup>, Jose B. Carbajo<sup>2</sup>, Cristina Bengoechea<sup>1</sup>, Gorka García<sup>2</sup> and Salvador Izquierdo<sup>1,3,\*</sup>

- <sup>1</sup> Instituto Tecnológico de Aragón (ITA), 50018 Zaragoza, Spain; amartinez@itainnova.es (A.M.S.)
- <sup>2</sup> BONDALTI WATER—AEMA (Agua, Energía y Medioambiente), 26540 Alfaro, Spain; jcarbajo@bondaltwater.com (J.B.C.)
- <sup>3</sup> Aragon Institute of Engineering Research (I3A), Universidad de Zaragoza, 50018 Zaragoza, Spain
- \* Correspondence: mmiana@itainnova.es (M.M.); salvador.izquierdo@unizar.es (S.I.)

**Abstract:** The detailed physics-based description of anaerobic digesters is characterized by their multiscale and multiphysics nature, with Computational Fluid Dynamics (CFD) simulations being the most comprehensive approach. In practice, difficulties in obtaining a detailed characterization of the involved biochemical reactions hinder its application in the design of novel reactor concepts, where all physics interplays in the reactor must be considered. To solve this limitation, a practical approach is introduced where a calibration step using actual process data was applied for the simplified biochemical reactions involved, allowing us to efficiently manage uncertainties arising when characterizing biochemical reactions with lab scale facilities. A complete CFD modeling approach is proposed for the anaerobic digestion of wastewater, including heat transfer and multiphase flow. The proposed multiphase model was verified using reference data and, jointly with the biochemical modeling approach, applied to a lab-scale non-conventional anaerobic digester for winery wastewater treatment. The results showed qualitative improvement in predicting methane production when the diameter of the particles was reduced, since larger particles tend to move downwards. The biochemistry of the process could be simplified introducing a preexponential factor of  $380 \text{ (kmol/m}^3\text{)}^{1-10} \text{ /s}$  for each considered chemical reaction. In general, the proposed approach can be used to overcome limitations when using CFD to scale-up optimization of non-conventional reactors involving biochemical reactions.

**Keywords:** anaerobic digestion; wastewater treatment; computational modelling



**Citation:** Miana, M.; Santamaría, A.M.; Carbajo, J.B.; Bengoechea, C.; García, G.; Izquierdo, S. A Practical Approach for Biochemical Modeling in the CFD Evaluation of Novel Anaerobic Digester Concepts for Biogas Production. *Processes* **2023**, *11*, 2851. <https://doi.org/10.3390/pr11102851>



### Trabajo Fin de Grado

Tratamiento de aguas residuales de una industria de conservas vegetales mediante reactor anaerobio multi-etapa de alto rendimiento (Multi-AD)

Autora  
Blanca Goicoechea Aparicio

Director  
Jose Benito Carbajo Elena

## ECO STP 2023

### Industrial scale-up, automatization and validation of high-performance multi-stage anaerobic reactor for treatment of wastewater from food and drink SMEs

J. B. Carbajo<sup>a</sup>, M. Navajas<sup>a</sup>, B. Goicoechea<sup>a</sup>, A. Torres<sup>a</sup>, C. Bengoechea-Cuadrado, A. Martínez<sup>a</sup>, M. Miana<sup>a</sup>, S. Izquierdo<sup>b</sup>, O. G. Chenaruf<sup>c</sup>, G. Florea, L. Ocheana<sup>c</sup>, A. Domínguez<sup>d</sup>

- <sup>a</sup> AEMA, Agua, Energía y Medio Ambiente, Polígono Industrial El Pilar, C/ Fitero 9, 26540 Alfaro (Spain). Email address: jcarbajo@aemaservicios.com (J. B. Carbajo).
- <sup>b</sup> ITAINNOVA, Aragon Institute of Technology, C/ Maria de Luna 7, 50118, Zaragoza (Spain).
- <sup>c</sup> SIS, Societatea de Inginerie Sisteme, Șoseaua Electronicii 22, București (Romania).
- <sup>d</sup> EGA, Energygreen Gas Almazan, Carretera de Gómar, km 2.8, 42200-Alamazán (Spain).

**Abstract**  
Food and drink small and medium enterprises (SMEs) are highly water-intensive sector, that urgently needs an eco-efficient solution to treat their wastewater and decrease the associated energy costs. Being aware of the gap in the market, LIFE Multi-AD consortium scaled-up and automatized a high-performance multiphase anaerobic reactor. Multi-AD device was industrial-scale installed in the winery WWTP and has been validated in continuous operation. The results show that Multi-AD reactor is capable of achieving COD removal higher than 93%, as well as biogas production of  $3.6 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}$  for organic load rate up to  $10 \text{ kg COD}/\text{m}^2 \cdot \text{d}$ . The ground-breaking reactor design, based on 4 chambers, achieves that organic matter is degraded in a stepwise conversion, fact that may make it more effective than conventional reactors. Multi-AD innovative solution allows SMEs to count with decentralized, automatized and eco-innovative technology for treatment of their wastewaters, allowing them to save 60% of energy and 34% of operational expenditures.



## WEBINAIRES ET CONFÉRENCES SUR LES SALONS

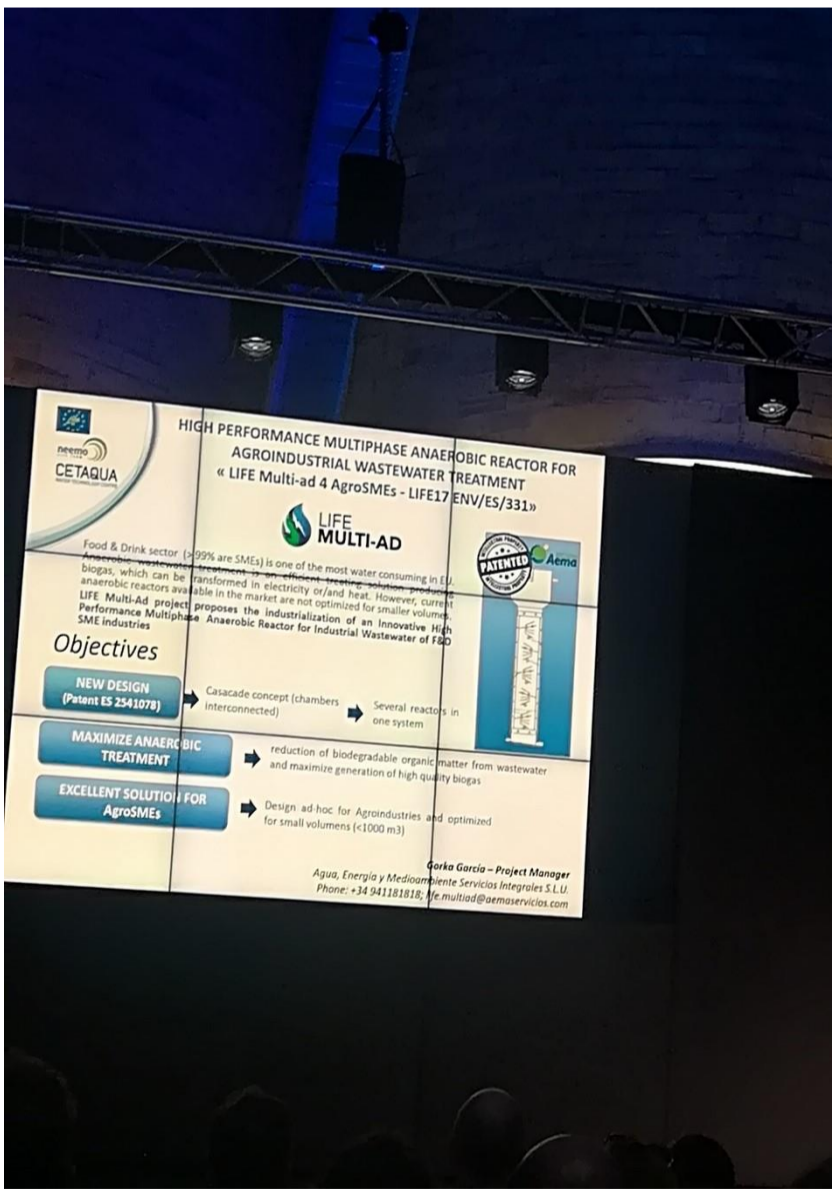
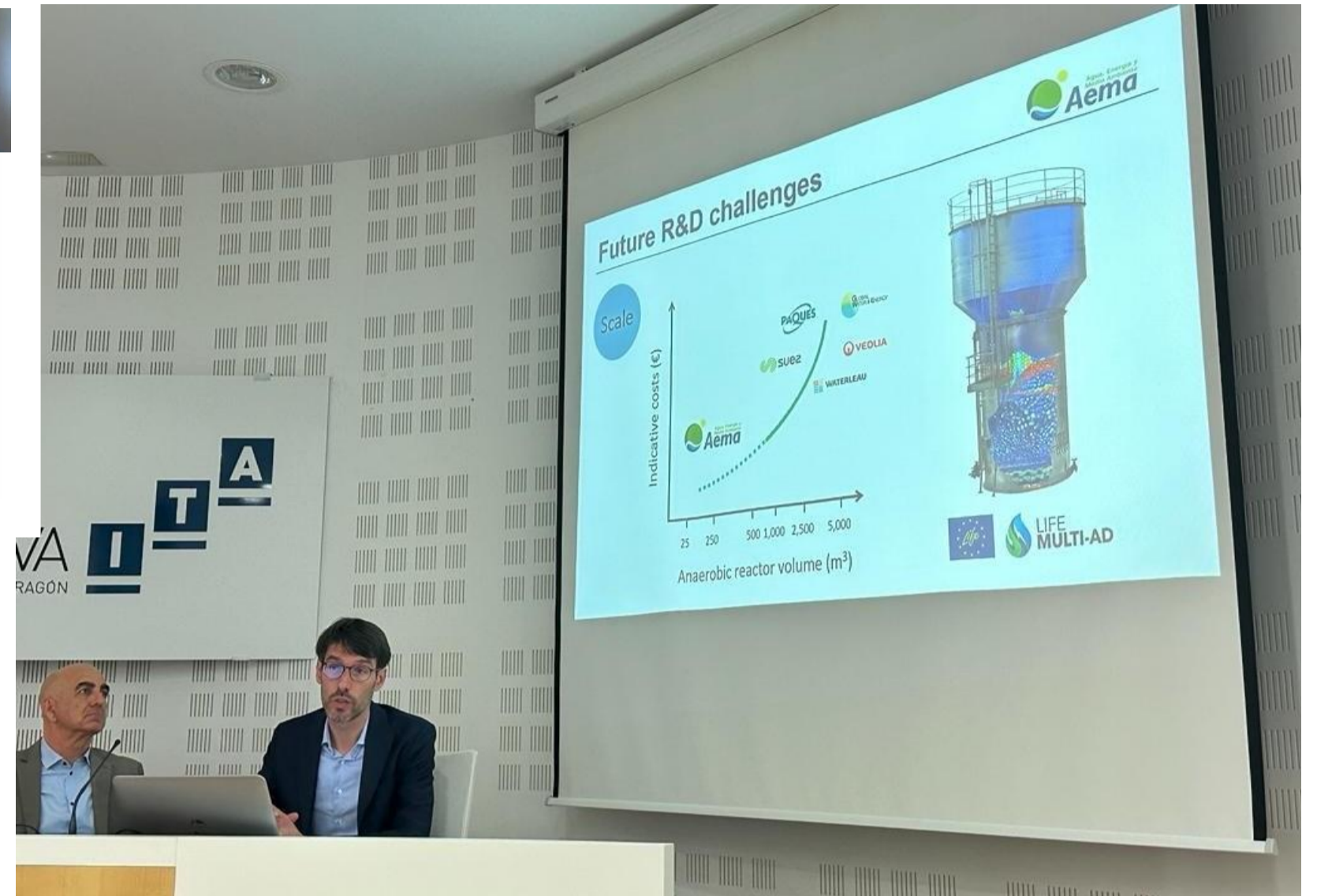


### MULTI-AD: project

#### Objective

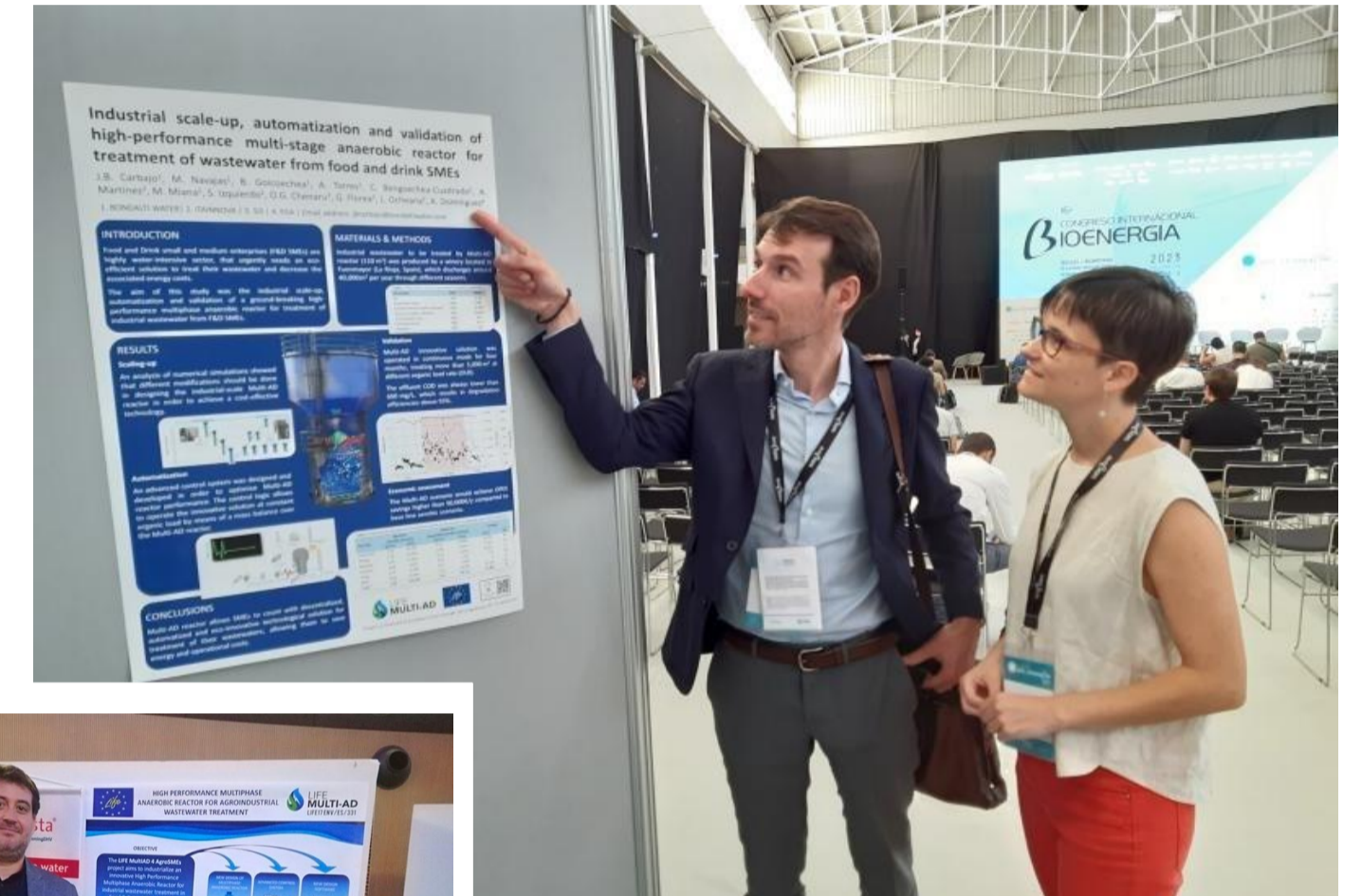
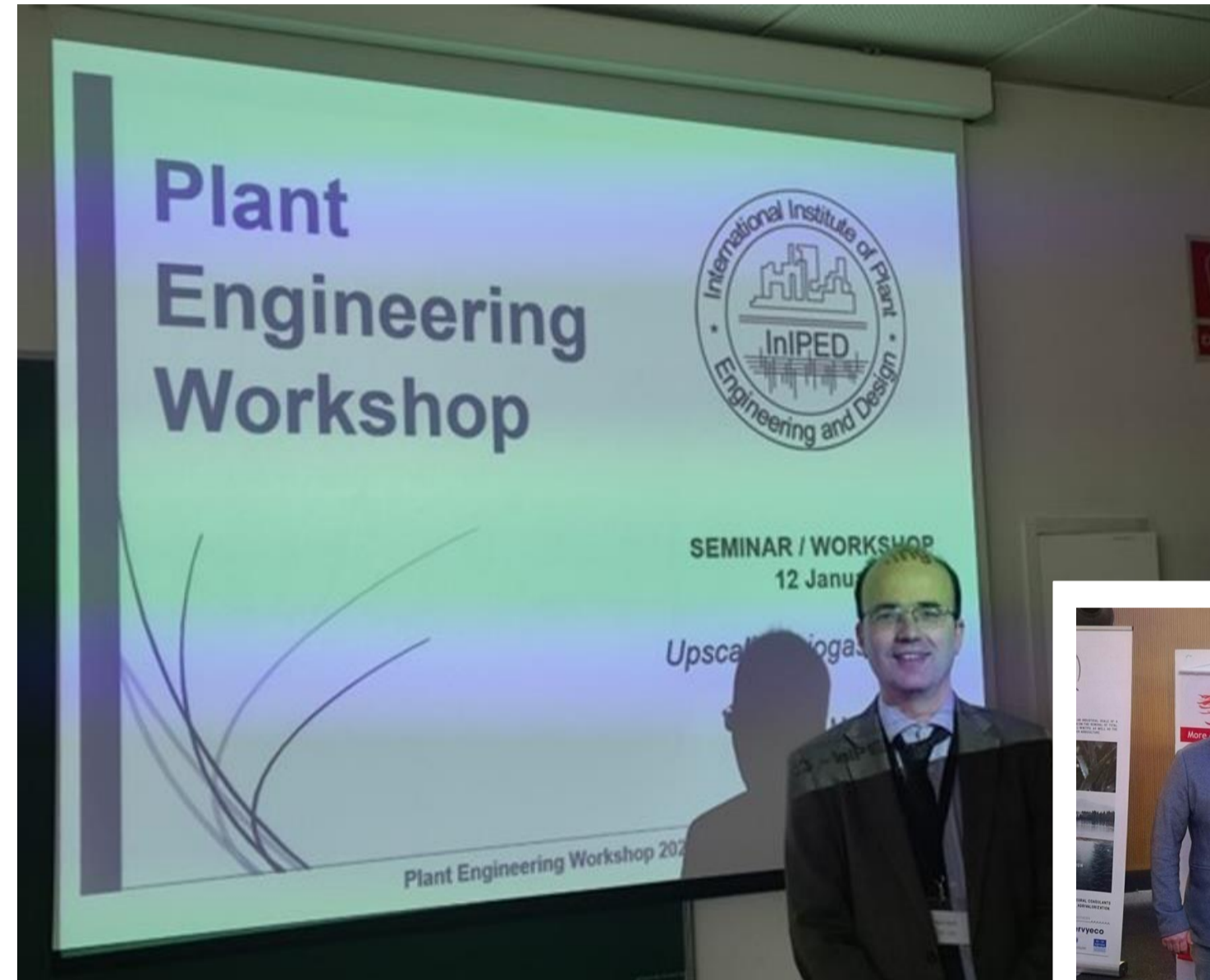
To design and industrialise an anaerobic digestion reactor capable of economically treating wastewater discharged by SMEs operating F&B sector

Partners	Period	Budget
	Start date: 01/09/18 End date: 30/06/23	Total budget: 2.177.143 € AEMA budget: 1.301.386 €





**CONGRÈS INTERNATIONAL**



**4912 - Multifidelity Simulations For Water Treat**





ATELIERS LIFE MULTI-AD



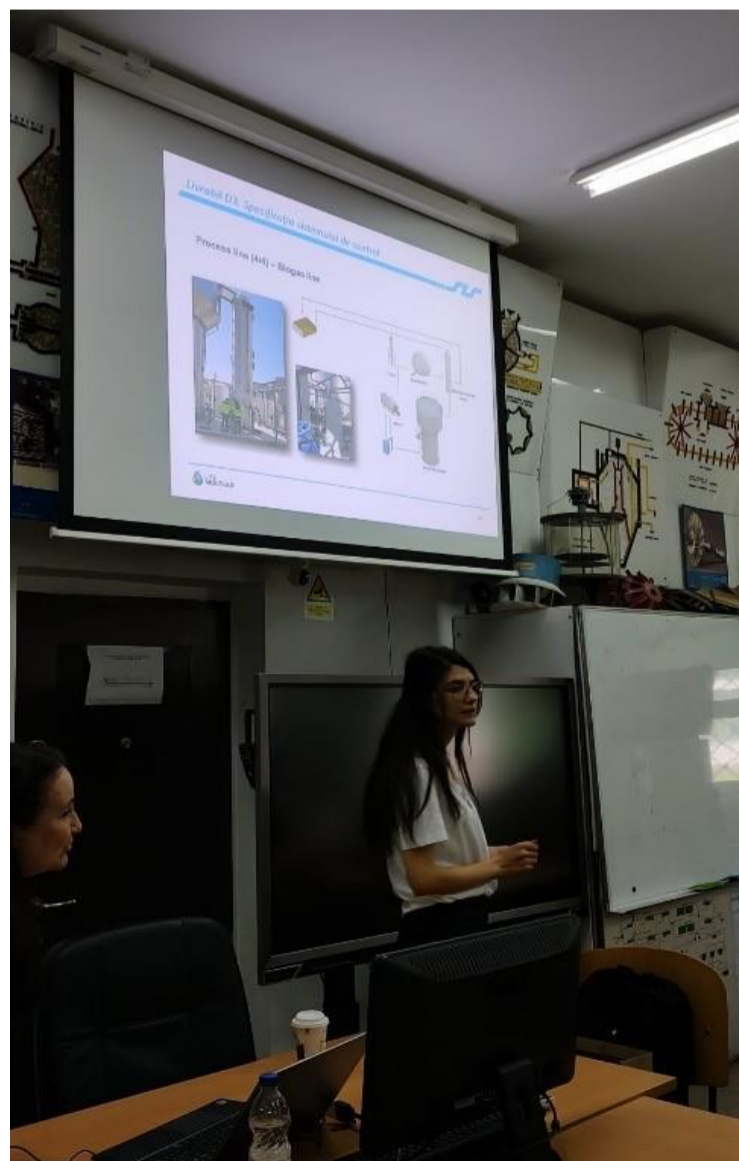


# RÉUNIONS DES PARTENAIRES





CONFÉRENCES D'ÉCOLES, DE COLLÈGUES ET D'UNIVERSITÉS





## RÉUNIONS AVEC LES DÉCIDEURS POLITIQUES







## PLUS D'INFORMATIONS



+34 941 18 18 18



[life.multiad@aemaservicios.com](mailto:life.multiad@aemaservicios.com)

