



**LIFE17 ENV/ES/000331**

**Rapport final**

**Couvrant les activités du projet du 01/09/2018 au 30/06/2023**

Date de rapport

**28/12/2023**

**LIFE MULTI-AD 4 AgroPME :**

**Réacteur anaérobie multiphasique haute performance pour l'agro-industriel  
 traitement des eaux usées**

Projet de données

<b>Localisation du projet :</b>	Cave AGE, Fuenmayor - La Rioja (Espagne)
<b>Date de début du projet :</b>	01/09/2018
<b>Date de fin du projet :</b>	28/02/2022 <b>Date de prolongation :</b> 30/06/2023
<b>Budget total:</b>	2 177 143 €
<b>Contribution de l'UE :</b>	1 301 386 €
<b>(%) des coûts éligibles :</b>	60%

Bénéficiaire des données

<b>Nom du bénéficiaire :</b>	AEMA
<b>Personne de contact:</b>	M. José B. Carbajo
<b>Adresse postale:</b>	Calle Fitero, 9 (Polígono Industrial El Pilar) E26540, Alfaro - La Rioja (Espagne)
<b>Téléphone:</b>	+34 941 181 818 / +34 618 871 027
<b>E-mail:</b>	life.multiad@aemaservicios.com
<b>Site Web du projet :</b>	<a href="#">LIFE Multi-AD 4 AgroSMES   Site officiel</a>

## 1. Table des matières

1.	Table des matières	2
2.	Liste de mots-clés et	3
3.	abréviations Résumé	5
4.	Introduction	dix
	4.1. Description du contexte, des problèmes et des objectifs	dix
	4.2. Résultats attendus à plus long	11
5.	terme Volet administratif	13
6.	Partie technique	15
	6.1. Progrès technique par action	15
	6.2. Principaux écarts, problèmes et actions correctives mises en œuvre	64
	6.3. Évaluation de la mise en œuvre du projet	67
	6.4. Analyse des avantages	77
7.	Indicateurs clés au niveau du projet	85

## 2. Liste de mots-clés et abréviations

ANNONCE	Digestion anaérobique
AEMA	Services intégraux d'eau, d'énergie et d'environnement, SLU
SMA1	Digestion anaérobie modèle n°1
ATEX	ATmosphères Explosifs
COMME	Boues activées
CAPEX	Dépenses en capital
CCCFPS	Pôle de compétitivité croate pour le secteur de la transformation alimentaire
CFD	Computational Fluid Dynamics
CINÉA	Agence exécutive européenne pour le climat, les infrastructures et l'environnement
LA MORUE	Demande chimique organique
CSTR	Réacteur à cuve agitée
D	continue livrable
DDIM	Direction générale du modèle
DG	amélioré basé sur les données
BICHE	Conception d'expériences
EASME	Agence exécutive pour les petites et moyennes entreprises
CE	Commission européenne
EEE	Espace Economique Européen
EGA	Energygreen Gas Almazan SL
UE	Union Européenne
Aliments et boissons	Nourriture et boisson
FDM	Aliments, boissons et
GES	lait Gaz à effet de serre
GPG	Guide d'achats écologiques Plastique
PRV	renforcé de verre Analyse de données
HPA	haute performance Temps de
THS	rétenion hydraulique Institutions et
EST	Stratégies
E/S	Entrées/Sorties
CIPV	Prévention et contrôle intégrés de la pollution
ITAINNOVA	Instituto Tecnológico de Aragón
KPI	Indicateur clé de
M	performance Jalon
MBR	Bioréacteur à membrane
MTR	Rapport à mi-parcours

MULTI-ANNONCE	Réacteur anaérobie multiphasique haute performance pour le traitement des eaux usées agro-industrielles
N	Azote
ONG	Organisation non gouvernementale Taux
OLR	de chargement organique
OPEX	Dépenses opérationnelles
P.	Phosphate
P&ID	Schéma de processus et d'instrumentation
API	Contrôleur logique programmable
GDR	Méthodologie de conception robuste
ROM	Modèle de commande réduit
SIS	Comité directeur de la Societatea de
CS	Inginerie Sistemae SIS SA
SCADA	Contrôle de Surveillance et Acquisition de
PME	Données Petites et Moyennes Entreprises
TC	Comité technique
TRL	Niveaux de maturité technologique
VFA	Acides gras volatils
DCE	Directive-cadre sur l'eau
STEP	Station de traitement des eaux usées

### 3. Résumé

LIFE Multi-AD 4 AgroSMEs (ci-après LIFE Multi-AD) vise à concevoir et industrialiser un réacteur anaérobie multiphasique de haute performance générant du biogaz riche en méthane, conçu sur mesure pour le traitement des eaux usées générées dans les petites et moyennes entreprises de l'alimentation et des boissons (A&D) (PME).

Cet objectif principal se décline en objectifs spécifiques suivants :

1. La mise à l'échelle du réacteur anaérobie éco-innovant (brevet ES-2541078-B1) à partir de notre prototype actuel de 100 L (0,1 m<sup>3</sup>) jusqu'à 25-500 m<sup>3</sup>.
2. Optimisation et automatisation du système de contrôle, pour maximiser la stabilité du processus anaérobie et le rendre robuste aux changements dans la composition des eaux usées ou dans les conditions opérationnelles.
3. Construction d'un 100 m<sup>3</sup>Appareil de démonstration multi-AD et validation dans une cave espagnole.
4. Développement du logiciel « Anaerobic Reactor Design Tool », qui sera utilisé pour dimensionner les futurs dispositifs Multi-AD. Il permettra de concevoir des Multi-AD pour un large éventail de sous-secteurs F&D.
5. Remplissage de la base de données du logiciel avec des données provenant de l'utilisation de notre prototype Multi-AD de 100 L dans la station d'épuration des eaux usées « Depurados Azud AIE ».

Les activités prévues aux progrès réalisés au cours de cette période se résument comme suit :

**B1. Analyse dynamique des fluides:** Le but de cette action était de fixer les principales dimensions du réacteur Multi-AD à l'échelle industrielle. Les résultats obtenus au cours de cette action ont produit des apports nécessaires aux actions à venir. Date de début : septembre 2018 ; Etat : Terminé.

Comme indiqué dans le livrable **D1** "Description du modèle CFD et de sa validation », le modèle CFD multiphasé utilisé pour reproduire les performances du réacteur Multi-AD a été réalisé, ainsi que sa validation avec les données expérimentales obtenues à partir du réacteur à l'échelle pilote (100 L). Les résultats de l'analyse numérique ont ensuite été utilisés pour définir les paramètres clés de conception du réacteur Multi-AD et les conditions de sa mise à l'échelle. Dans le livrable **D2** "La description du modèle CFD et des critères de mise à l'échelle a été présentée, les critères de conception établis par la méthodologie de conception robuste (RDM), la simulation CFD réalisée pour évaluer l'influence de différents paramètres sur le comportement du réacteur Multi-AD et les critères de mise à l'échelle proposés. passer de l'échelle pilote à l'échelle industrielle. La nécessité de maintenir les coûts d'investissement des appareils industriels Multi-AD à des niveaux raisonnables conduit à une perte de similarité géométrique et à l'évitement de la recirculation du biogaz. Ces faits ont donné lieu à plus de simulations que prévu, une prolongation de cette action a donc été nécessaire. Différents modèles CFD basés sur le modèle initial mais capables de réduire le temps de calcul ont été développés pour accélérer ce processus de refonte. Jalon **M1** "Validation du modèle CFD à l'aide des données du prototype 100 L existant » et **M2** « Proposition de conception d'un nouveau 100 m<sup>3</sup>digesteur » ont été atteints.

**B2. Développement de systèmes de contrôle:** Le but de cette action était de concevoir et développer un système de contrôle avancé qui optimise le fonctionnement du Multi-AD en ajustant les variables de sortie contrôlables. Date de début : mai 2019 ; Etat : Terminé.

Les spécifications de conception ont été réalisées pour le développement du système de contrôle de la solution technologique LIFE Multi-AD. Livrables **D3** "Spécification du système de contrôle » définit en détail les conditions de fonctionnement, la gestion des changements dans la conception du système de contrôle au niveau conceptuel et de mise en œuvre et fournit des spécifications techniques pour tous les dispositifs et la stratégie de contrôle. Le système de contrôle ajuste automatiquement les variables de sortie contrôlables (température, pH, débit) en utilisant des règles logiques (si X alors Y). La logique de contrôle a été développée selon une approche « cause-effet » au moyen du logiciel TIA Portal V16. Livrable **D4** "Logique de contrôle PLC et armoire de commande » définit la logique de contrôle régissant le fonctionnement de l'usine, et fournit des clarifications sur les hypothèses et la stratégie utilisées dans la logique. Des procédures de simulation et de tests ont été réalisées à l'aide des extensions PLCsim, pour garantir le bon fonctionnement de la logique de contrôle. Les résultats ont été présentés dans le livrable **J5** "Résultats des tests du système de contrôle ». Enfin, il a développé l'architecture pour réaliser les actions de surveillance et de contrôle de la technologie Multi-AD afin de réaliser un fonctionnement sans surveillance et entièrement automatisé. L'équipement et l'instrumentation de l'unité de démonstration ont été connectés au panneau de commande d'alimentation et d'automatisation. Le contrôle

Le panneau, qui intègre l'automate et l'IHM, a été connecté à la fois au panneau d'alimentation et au centre de contrôle à distance. Des informations détaillées sur l'IHM peuvent être trouvées dans le manuel d'exploitation, annexé au livrable D8 « Manuel d'exploitation du système de contrôle de processus ». Jalon M3 "Le système SCADA fonctionnel pour les unités industrielles Multi-AD" a été réalisé.

**B3. Conception et construction du 100 m<sup>3</sup> Unité de démonstration multi-AD:** L'objectif de cette action était de concevoir et construire le premier appareil Multi-AD à l'échelle industrielle, avec 100 m<sup>3</sup> de capacité. Date de début : juillet 2019 ; Etat : Terminé.

La construction du premier réacteur Multi-AD à l'échelle industrielle chez AGE Winery est terminée. L'usine a été construite selon la conception validée dans l'Action B1, l'exigence spécifique de la STEP d'AGE Winery, ainsi que la procédure de critères de santé et de sécurité créée *ad hoc* pour ce projet. La conception du réacteur multi-AD a permis d'atteindre une capacité quotidienne maximale de traitement de 2 000 kg de DCO et 200 m<sup>3</sup> des eaux usées. Livrable D6 "Dessins et composants du 100 m<sup>3</sup> Unité de démonstration Multi-AD" et J7 « Rapport sur la construction du 100 m<sup>3</sup> Unité de démonstration Multi-AD » affiche des informations détaillées sur la conception et la construction du prototype. D'autre part, concernant le mode de fonctionnement, le manuel de fonctionnement du système de contrôle a été décrit en détail dans le Livrable D8 "Manuel d'utilisation pour le contrôle des processus". Ce document intègre tous les équipements contrôlés par l'automate, décrivant les verrouillages, alarmes et conditions automatiques, ainsi que les codes des réservoirs, équipements, vannes et instruments mentionnés dans le P&ID de la solution technologique LIFE Multi-AD. Jalons M4 "Conception réalisable du réacteur", M5 « Construction du 100 m<sup>3</sup> Unité de démonstration Multi-AD » et M6 "FAT pour le contrôle des processus" ont été atteints.

**Mesure B4. Expérience de démonstration dans un environnement réel:** Le but de cette action était de valider en environnement industriel réel les 100 m<sup>3</sup> Unité de démonstration multi-AD intégrée à l'action B3. Date de début : juillet 2021 ; Etat : Terminé.

Dans un premier temps, la mise en service de la solution technologique Multi-AD a été réalisée. Le processus de démarrage a été réalisé en utilisant une approche méthodique pour garantir que tous les composants opérationnels de la solution technologique Multi-AD fonctionnaient comme prévu. Ainsi, la mise en service s'est déroulée en trois phases consécutives : pneumatique et hydraulique, électromécanique et biologique. Livrable D9 "Démarrage du 100 m<sup>3</sup> unité de démonstration" affiche des informations détaillées. Une fois l'adaptation des boues granulaires réalisée, le réacteur a fonctionné en mode continu, 24 heures sur 24, 7 jours sur 7. Durant la période de démonstration, le réacteur anaérobie a traité 10 088 m<sup>3</sup> des eaux usées de cave à charge organique croissante. Malgré la variabilité des affluents, la charge organique a été progressivement augmentée de 200 à 1 000 kg DCO/jour grâce à une stratégie de contrôle basée sur la DCO. Il est particulièrement important qu'au cours de cette tâche, deux étapes de production différentes soient évaluées dans une cave : la récolte (charges organiques élevées) et la saison sans récolte. Les résultats ont montré que le réacteur Multi-AD a permis une élimination de la DCO supérieure à 95 %, ainsi qu'une conversion du biogaz de 0,36 m<sup>3</sup>/kg DCO éliminée. Le gaz combustible généré après la solution technologique Multi-AD a été caractérisé par une valeur moyenne de méthane de 84 %. Livrable J10 "Rapport avec les conclusions du test du 100 m<sup>3</sup> unité de démonstration" montrent les principaux résultats des six premiers mois de fonctionnement continu. Enfin, livrable J11 "Rapport sur l'optimisation du système de conception et de contrôle du Multi-AD" décrit le processus d'amélioration continue réalisé dans la technologie Multi-AD, en identifiant les principaux défis rencontrés (*c'est à dire*, 26), ainsi que la solution à mettre en œuvre pour les surmonter. Jalon M7 « Adaptation des boues granulaires et réaction anaérobie en marche stable » et M8 « Le 100 m<sup>3</sup> L'unité de démonstration installée chez AGE Winery atteint les valeurs de performance attendues » ont été atteints.

**B5. Outil de conception de réacteur anaérobie:** L'objectif de cette action était de développer un outil de conception pouvant être utilisé pour pré-concevoir et optimiser de nouveaux dispositifs Multi-AD, en prenant en considération tous les paramètres pertinents. Date de début : janvier 2020 ; Etat : Terminé.

Le modèle de solution technologique basé sur le réacteur LIFE Multi-AD et les modèles de simulation pour chacun des sous-systèmes qui composent la solution technologique ont été développés. Il est à noter que le module du réacteur Multi-AD a été divisé en deux sections : hydrodynamique et biochimique. Le modèle hydrodynamique était un ROM (Reduced Order Model), basé sur la dynamique informatique des fluides développée dans l'action B1, tandis que le modèle biochimique était basé sur l'ADM1 (modèle de digestion anaérobie). Des informations détaillées ont été affichées dans le livrable J12 "Modèle de système pour installations modèles". D'autre part, une collecte de données à partir d'un prototype de 100 L a été réalisée afin de valider le modèle, ainsi que de générer une base de données pour alimenter « l'outil de conception de réacteur anaérobie ».

logiciel. En fait, une unité de démonstration de 100 L traite les eaux usées industrielles provenant de conserves de légumes en mode continu. Réacteur Multi-AD exploité avec succès avec ORL de 20 kg DCO/m<sup>3</sup>:jour, obtenant une élimination de la DCO supérieure à 90 %. Enfin, un outil de conception de réacteur anaérobie a été développé à partir de ces connaissances générées. En effet, le logiciel peut déterminer la conception optimale et l'optimisation d'un réacteur Multi-AD pour le traitement des eaux usées agro-industrielles sur la base de l'intégration de modèles numériques de digestion hydrodynamique et anaérobie. Livrable **J13**"Application basée sur le Web et interface graphique » présente le nouvel outil de conception. Jalon **M9**"Réduire le modèle de commande pour le digesteur afin qu'il soit disponible pour l'optimisation du contrôle et pour l'outil de conception » et **M10**"Outil de conception de réacteur anaérobie » ont été réalisés.

**B6. Préparation de mise sur le marché:** Le but de cette action était de développer une stratégie commerciale nationale et internationale, et de prendre en charge les tâches de réglementation et de protection des connaissances afin de garantir que la technologie LIFE Multi-AD est conforme à la réglementation et aux normes de sécurité correspondantes de l'UE. Date de début : octobre 2018 ; Etat : Terminé.

La stratégie de commercialisation des solutions technologiques Multi-AD a été développée pour le marché national et international. Au cours de la mise en œuvre du projet, une analyse du retour sur investissement (ROI) a été réalisée auprès de clients proches afin d'acquérir une compréhension approfondie de la position du Multi-AD sur le marché. Livrable **J14**"ROI for Multi-AD's clients » décrit les dépenses d'investissement et opérationnelles, ainsi que l'analyse du retour sur investissement de sept PME du secteur F&D. Ensuite, une analyse détaillée de l'état de la technologie de digestion anaérobie, ainsi que du marché potentiel et des technologies concurrentes de Multi-AD a été réalisée pour définir correctement la stratégie. Toutes ces connaissances ont été utilisées pour développer la procédure de mise sur le marché de la technologie Multi-AD, le calendrier de mise en œuvre, la stratégie commerciale et la rentabilité. Ces informations sont présentées dans le Livrable **J15**"Plan d'affaires ». Afin de faciliter le déploiement du Multi-AD à grande échelle, une démarche transfrontalière et transsectorielle a été réalisée. **J17** « Plan de répliquabilité et de transférabilité ». D'autre part, la solution technologique LIFE Multi-AD a obtenu la certification CE. Le manuel d'instructions et le manuel du dossier technique de Multi-AD ont été soigneusement réalisés afin d'affirmer que la solution technologique anaérobie était conforme aux normes européennes de santé, de sécurité et de protection de l'environnement. Dans cette ligne, la documentation requise pour obtenir la protection des droits de propriété intellectuelle (DPI) dans toute l'Europe a été réalisée sous le numéro de demande EP23382586.8 : Réacteur pour système anaérobie multi-étages haute performance. Livrable **J16**"Actions et certifications de gestion des DPI » présente les documents préparés pour obtenir le marquage CE et la protection des DPI. Jalon **M11**"Plan d'affaires » a été réalisé.

**C1. Suivi de l'impact de l'action du projet:** Cette action a couvert le suivi et l'évaluation de l'impact du projet. La surveillance portait à la fois sur l'impact environnemental et socio-économique. Date de début : octobre 2018 ; Etat : Terminé.

Le consortium a travaillé sur la définition du scénario de fond et sur la liste d'indicateurs indiquant la viabilité de la solution technologique LIFE Multi-AD présentée dans le Livrable **J18**"Premier rapport sur le suivi de l'impact des actions ». Une fois l'unité de démonstration Multi-AD mise en service, les avancées techniques de la solution technologique ont été suivies au moyen de SCADA. Un outil logiciel spécifique a été développé, basé sur le logiciel PcVue, afin de suivre l'avancée technique du projet. L'impact environnemental a été évalué en comparant le contexte (AGE Winery basé sur un procédé aérobie) au scénario Multi-AD. Enfin, des données relatives à l'impact socio-économique du projet LIFE Multi-AD ont été collectées au cours de la période de reporting suivante. Toutes les informations citées ont été présentées dans le Livrable **J19**"Deuxième rapport sur le suivi de l'impact des actions », terminé à la fin des vendanges et Livrable **J20**"Troisième rapport sur le suivi des actions d'impact » en fin de projet. Jalon **M12**"Mise à jour de l'outil web KPI d'ici le rapport mi-parcours 1", **M13** "Les trois rapports sur le suivi de l'impact des actions terminées avec succès » et **M14**"La mise à jour de l'outil Web KPI dans le rapport final » a été réalisée.

**D1. Diffusion et communication:** L'objectif de cette action était de diffuser le projet LIFE Multi-AD à travers le site internet, les réseaux sociaux et l'assistance à des conférences ou ateliers pour expliquer les avancées du projet et la technologie proposée. Il était prévu d'organiser des activités de mise en réseau avec d'autres projets LIFE et de participer à différents événements LIFE. Date de début : septembre 2018 ; Etat : Terminé.

Le site Internet et les réseaux sociaux sont opérationnels et génèrent régulièrement du contenu : 57 actualités publiées de LIFE Multi-AD. Sept newsletters ont été générées et envoyées à la liste de contacts. Différents supports ont été réalisés pour faciliter la diffusion tout au long de sa mise en œuvre comme un dépliant, un tableau d'affichage, une affiche ou une bannière enroulable. La technologie LIFE Multi-AD a été présentée dans 4 congrès internationaux, 20 expositions thématiques, séminaires ou webinaires et 5 écoles, lycées ou universités, et fait également partie d'un article dans une revue à comité de lecture et du guide des meilleures pratiques en circulaire. Économie (La Rioja). Le consortium a organisé deux ateliers techniques sur la digestion anaérobie. Concrètement, l'événement final a réuni 93 participants et était une journée portes ouvertes pour expliquer la solution technologique aux différentes parties prenantes. Enfin, une mise en réseau active a été réalisée avec 7 décideurs politiques, 18 autres projets de R&D et parties prenantes concernés : 4 plateformes technologiques, 7 ONG, 72 clients potentiels et 209 prestataires et prestataires potentiels. Les livrables soumis étaient **J21** "Diffusion et communication : rapport des activités prévues », **D22** "Rapport à mi-parcours sur les activités de diffusion et de communication réalisées et planifiées », **D23** "Bref rapport contenant les principaux points forts de la technologie pertinente pour les décideurs politiques », **J24** « Matériels de diffusion et de communication produits, notamment des panneaux d'affichage, un rapport destiné aux profanes et un site Web », **J25** "Rapport précisant l'événement ou le média contacté pour multiplier l'impact du projet » et **D26** « Plan de diffusion et de communication d'After-LIFE ». Jalon **M15** "La publication du site Internet dédié au projet » a été réalisée.

**E1. Gestion de projet:** L'objectif de cette action était d'assurer l'évolution du projet dans les délais et l'impact ultérieur. Tout écart ou problème pertinent rencontré au cours de cette période a été expliqué dans les sections suivantes de ce rapport. Date de début : septembre 2018 ; Etat : Terminé.

Le consortium a réalisé les tâches nécessaires pour garantir le bon déroulement du projet : signature de l'accord de consortium, lignes directrices pour la mise en œuvre des achats écologiques (livrable **D27**), élaboration du Plan Qualité et de l'Audit Interne, ainsi que des réunions techniques et administratives. Il convient de souligner que la gestion du projet a été restructurée autour du comité de pilotage et des équipes de mise en œuvre, et que PYRGUS a été inclus en tant que consultant externe afin d'assurer une gestion détaillée et appropriée des aspects techniques, économiques et administratifs du projet. D'autre part, AEMA (Coordinateur de Projet) a été rachetée par BONDALTI et sa nouvelle raison sociale est BONDALTI WATER. Il est important de souligner qu'AEMA conserve son numéro de TVA ESB26334045. Le changement important est que l'entreprise, AEMA, a un nouveau propriétaire. Livrable **D28** "Rapport sur la gestion du projet LIFE Multi-AD » résume les principales actions de gestion, et la documentation associée, réalisées tout au long du projet. Jalon **M16** "La réussite du projet » a été obtenue.

**Écarts, problèmes et actions correctives identifiés:** Le principal problème rencontré durant cette période était lié à la phase de localisation et de démarrage du prototype.

#### Localisation de prototypes

L'unité de démonstration devait être située dans la cave Viñedos (Aldeanueva, La Rioja) et n'a pas pu y être construite. L'état d'alerte en Espagne, conséquence du COVID-19, s'est intensifié avec l'incertitude et la peur du marché mondial. Face à cette situation économique, Viñedos Winery a décidé d'arrêter le projet dans ses installations. En effet, la cave s'attendait à une baisse significative de ses ventes en 2020-21 et, par conséquent, elle a décidé d'arrêter tout nouveau type de construction ou d'investissement.

Dans ces circonstances externes, AEMA, en tant que bénéficiaire coordinateur, recherchait activement parmi ses clients un utilisateur final répondant à toutes les exigences de la validation de l'unité de démonstration Multi-AD : du site au secteur industriel. Parmi les différentes possibilités, le consortium a retenu AGE Winery, qui a accepté la construction et la validation du prototype Multi-AD sur sa STEP. AGE est une cave située dans la même région européenne que Viñedos Winery (*c'est à dire*, La Rioja), dans le même secteur industriel (*c'est à dire*, agroalimentaire), ainsi qu'à la même activité commerciale (*c'est à dire*, vignoble). De plus, AGE Winery appartient au Groupe Pernod Ricard, une grande entreprise de boissons alcoolisées fortement engagée en faveur de l'environnement.

En raison des revers attendus en raison de l'épidémie de COVID-19 et du retard accumulé dans la phase de conception, il a été impossible de terminer les actions B2 et B3 à temps. Même si le consortium faisait un effort considérable pour rattraper le retard accumulé ; cependant, ces circonstances externes ont fait que l'exécution des actions B2 et B3 a été plus lente que prévu et a donc été retardée de 20 mois.

De la même manière, l'action B1, bien que terminée, a accumulé un retard important de 8 mois. Cela était une conséquence de la nécessité de maintenir les coûts d'investissement des dispositifs industriels Multi-AD à des niveaux raisonnables, conduisant à une perte de similitude géométrique et à l'évitement de la recirculation du biogaz. Ces faits ont donné lieu à plus de simulations que prévu, une prolongation de cette action a donc été nécessaire. Différents modèles CFD basés sur le modèle initial mais capables de réduire le temps de calcul ont été développés pour accélérer ce processus de refonte.

En raison de ces circonstances rencontrées dans les actions de mise en œuvre, il a été *exceptionnel, ii) imprévisible et iii) suffisamment exigeant* pour ne pas être couvert par le délai tampon initial pris en compte pour les imprévus du calendrier du projet, le consortium a demandé un report des données de fin du projet. En fait, EC a accepté une prolongation de 16 mois afin d'assurer le développement continu du projet et son succès ultime.

#### Phase de démarrage

Dans une moindre mesure, un autre défi important a été identifié lors de la phase de démarrage, notamment les problèmes détectés lors des tests pneumatiques et électromécaniques. La mise en œuvre des tests a conduit au diagnostic de deux défis principaux à résoudre : l'étanchéité aux gaz et le panneau électrique.

Ainsi, en référence à l'étanchéité aux gaz, ni le réacteur Multi-AD ni la conduite de biogaz n'ont réussi à maintenir la pression de service, ce qui a nécessité un contrôle des vannes et des soudures à l'aide d'une solution d'eau savonneuse. Une fois les pores identifiés, ils ont été réparés par soudure purgée. De plus, les mêmes tests ont identifié un réglage erroné de la pression dans les tubes plongeurs (*c'est à dire*, éléments de sécurité contre la surpression) installés dans le réacteur Multi-AD. Ce fait a nécessité une refonte, la construction et l'installation de nouveaux.

D'un autre côté, une refonte et des modifications des composants de l'armoire de puissance étaient nécessaires. Après avoir effectué les tests d'installation et électromécaniques, il a été diagnostiqué que le panneau de puissance présentait des défauts techniques qui empêchaient le bon fonctionnement de l'installation et la certification CE. Ainsi, les équipes SIS et AEMA, profitant de leur savoir-faire, ont procédé à la refonte du tableau électrique de puissance et ont apporté les modifications nécessaires aux composants de l'armoire électrique.

L'apparition des problèmes techniques mentionnés a eu un impact évident sur le déroulement effectif du projet afin de ne pas compromettre la sécurité des personnes et du prototype. Toutes les mesures ont été prises pour résoudre les problèmes rencontrés et limiter les délais supplémentaires lors de l'activation du Plan de Gestion des Risques. Cependant, les problèmes et les écarts survenus n'ont malheureusement pas été identifiés dans le plan référencé. Malgré ce fait, une évaluation adéquate de l'impact de ces défis sur les résultats du projet et différentes mesures ont été prises pour surmonter ou atténuer les problèmes en question.

Ces faits ont entraîné un retard dans la mise en service du réacteur Multi-AD (*c'est à dire*, 5 mois), ce qui a obligé le consortium à replanifier la phase expérimentale. Ainsi, le processus de la phase de démonstration va se dérouler sur 12 mois en deux étapes : la saison de pré-récolte et de récolte (de juillet à novembre) et la saison de non-récolte (de décembre à juin). Ce fait permet d'évaluer les réacteurs Multi-AD sur les différentes étapes de production d'une cave.

Les activités proposées à développer n'ont pas affecté les objectifs et les résultats attendus du projet, comme indiqué dans la proposition approuvée. Bien au contraire, ne pas exécuter ces activités conduirait irrémédiablement à une réalisation incomplète des objectifs du projet. Par ailleurs, le budget prévisionnel n'a subi aucun changement. Les dépenses supplémentaires, le cas échéant, devaient être prises en charge par les propres moyens du consortium.

Les circonstances à l'origine des retards et les résultats des mesures prises pour les surmonter constituent une série d'enseignements d'une grande valeur pour le projet. Ces enseignements très importants constituaient un élément fondamental du caractère de démonstration du projet LIFE Multi-AD. Les risques et les contraintes rencontrés et résolus par le projet sont critiques pour la technologie. Les leçons apprises grâce au projet étaient donc censées être fondamentales pour la mise en œuvre et l'utilisation appropriées et réussies de la technologie à l'avenir. Ils ont été transférés aux parties prenantes et à la société à travers les livrables appropriés qui transmettent les résultats du projet.

## 4. Introduction

### 4.1. Description du contexte, des problèmes et des objectifs

#### Arrière-plan

L'industrie agroalimentaire, le plus grand secteur manufacturier de l'UE, comprend 290 000 petites et moyennes entreprises (PME), soit 99 % de l'ensemble du secteur. Les PME du secteur agroalimentaire sont un secteur mondial très gourmand en eau, produisant un volume important d'eaux usées. Ces effluents industriels se caractérisent par une forte concentration de matières organiques biodégradables, ce qui entraîne une pression environnementale importante.

Ainsi, elles sont le plus souvent traitées par un système biologique aérobie dans l'installation industrielle où les eaux usées sont générées. En raison de la sélection typique du processus, du 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, il existe peu ou pas de possibilité de compensation des émissions de carbone.

D'autre part, les systèmes anaérobies apparaissent comme un procédé plus respectueux de l'environnement 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>/d, soit 2 500 m<sup>3</sup> une capacité standard) où les économies d'échelle rendent abordables les vastes investissements technologiques. En revanche, le secteur F&D, dominé par les PME, ne rejette pas suffisamment de charge organique pour que les réacteurs anaérobies existants s'avèrent économiquement viables.

Des réacteurs moins chers pourraient aider les PME du secteur agroalimentaire à utiliser les ressources en eau de manière plus sûre et plus efficace, comme le prévoit la directive-cadre sur l'eau de l'UE (2000/60/CE), et à économiser les ressources naturelles, comme le décrit la directive sur les émissions industrielles (2010/75). /UE).

#### Objectifs

LIFE Multi-AD vise à concevoir et industrialiser un réacteur de digestion anaérobie capable de traiter de manière économique les eaux usées rejetées par les PME opérant dans le secteur agroalimentaire européen.

Cet objectif principal se décline en objectifs spécifiques suivants :

- La mise à l'échelle du réacteur anaérobie éco-innovant (brevet ES-2541078-B1) de notre prototype actuel de 0,1 à 25-500 m<sup>3</sup>.
- Optimisation et automatisation du système de contrôle, pour maximiser la stabilité du processus anaérobie et le rendre robuste aux changements dans la composition des eaux usées ou dans les conditions opérationnelles.
- Construction d'un 100 m<sup>3</sup>Appareil de démonstration multi-AD et validation dans une cave espagnole.
- Développement du logiciel « Anaerobic Reactor Design Tool », logiciel destiné au dimensionnement des futurs dispositifs Multi-AD. Il permettra de concevoir des Multi-AD pour un large éventail de secteurs F&D.
- Alimentation de la base de données du logiciel avec les données d'utilisation de notre prototype Multi-AD 100 L pour le traitement des eaux usées des industries de transformation de légumes.

#### Résultats attendus

Le résultat principal est l'industrialisation d'un digesteur anaérobie MULTI-phases (boues mélangées à du liquide et du gaz) disruptif et performant, « Multi-AD », conçu pour sa mise en œuvre dans les PME des industries agroalimentaires.

L'appareil Multi-AD sera fabriqué à la demande, *ad hoc* pour les besoins de traitement des eaux usées de l'industrie, avec une plage de capacité comprise entre 25 et 500 m<sup>3</sup>. Il fonctionnera en continu, pouvant traiter tout son volume en moins de 20 heures. Il réduira de 90 % la demande chimique en oxygène (DCO) des eaux usées et générera un biogaz abondant (0,42 m<sup>3</sup>/kg DCO retirée).

Cette énergie renouvelable, autogénérée, sera riche à au moins 80 % en méthane (1,55 kWh/kg DCO éliminée), et sera utilisée en partie (50 %) pour le fonctionnement du digesteur, et en partie (50 % en surplus) pour d'autres opérations (*par exemple*, ébullition ou chauffage) dans l'industrie.

Pour atteindre ce résultat principal, nous espérons :

- Obtenir le design final du réacteur Multi-AD à grande échelle de 25-500 m<sup>3</sup>.
- Développer le système de contrôle avancé basé sur des règles logiques pour automatiser le contrôle des paramètres du processus.
- Construire une unité de travail de réacteur Multi-AD de démonstration 1:1 à l'échelle industrielle de 100 m<sup>3</sup>, et de valider ses performances en cave.
- Développer le « Anaerobic Reactor Design Tool », un outil logiciel pour concevoir *ad hoc* Réacteurs multi-AD.

#### 4.2. Résultats attendus à plus long terme

LIFE Multi-AD a un caractère de démonstration et il s'agit d'un projet « proche du marché », puisque l'AEMA pourra commercialiser ce dispositif dans les années à venir. En fait, notre solution technologique a consisté à construire un appareil de démonstration à l'échelle 1:1 (100 m<sup>3</sup>), en augmentant la capacité de traitement de notre premier prototype (100 L) et en l'installant dans une cave espagnole où sa capacité à traiter les eaux usées alimentaires a été évaluée (*c'est à dire*, de TRL 6 à 8).

De plus, une fois le projet LIFE Multi-AD terminé, le réacteur anaérobie restera en activité à AGE Winery. Ce fait démontre que la technologie Multi-AD a atteint le TRL maximum, ainsi que sa réelle transférabilité à l'industrie F&D. L'usine sera également le prototype de nouvelles initiatives de R&D visant à améliorer les solutions technologiques Multi-AD, ainsi qu'à accélérer leur transférabilité et leur réplicabilité.

De plus, l'outil de conception de réacteur anaérobie pourra créer une maquette *ad hoc* exigences et contraintes pour l'installation de ce système de gestion des eaux usées dans d'autres types d'industries F&D. Cette adaptation sera conforme aux exigences de réplicabilité et de transférabilité du programme LIFE et contribuera à atteindre un objectif ultime : pouvoir élargir l'applicabilité de Multi-AD à l'ensemble du secteur alimentaire européen et lancer sur le marché une solution à moindre coût. solution de traitement des eaux usées efficace et éco-innovante adaptée aux contraintes particulières des PME (>99% de l'industrie agroalimentaire dans l'UE).

D'autre part, le projet LIFE Multi-AD contribuera à la mise en œuvre, à la mise à jour et au développement de la politique et de la législation environnementales de l'UE dans les domaines suivants :

### Eau

Le projet LIFE Multi-AD est basé sur un processus anaérobie, considéré comme l'une des alternatives les plus durables pour le traitement des eaux usées (Figure 1). La technologie LIFE Multi-AD peut être considérée comme la solution pour réaliser un traitement optimal des eaux usées générées par l'industrie F&D, en termes de coût énergétique (57% d'énergie en moins), d'utilisation de réactifs dangereux, de réduction de 100% de la génération d'oxygène liquide, car ainsi qu'une réduction de 74 %, 54 % et 89 % des besoins en urée, acide phosphorique et polyélectrolyte, respectivement) et des boues à gérer (89 % de boues en moins sont générées par rapport aux réacteurs aérobie).

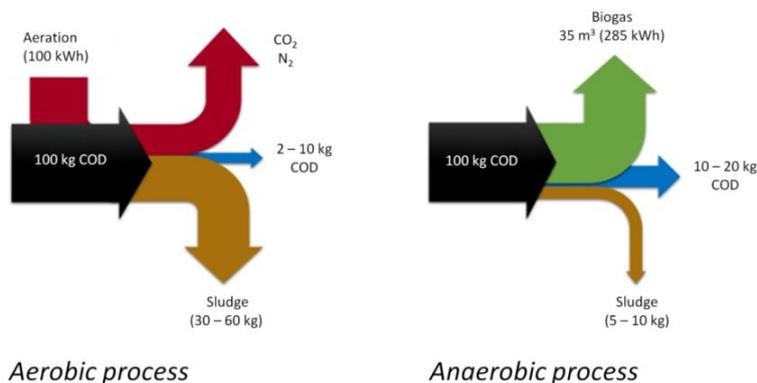


Figure 1. Bilan comparatif des procédés de traitement des eaux usées aérobie et anaérobie.

L'industrie agroalimentaire est un secteur mondial très gourmand en eau. Selon le magazine technique Industrial WaterWorld, les volumes d'eaux usées provenant de différentes industries indiquent que le secteur de l'alimentation et des boissons produit environ 2,17 millions de m<sup>3</sup>/j d'eaux usées en Europe. De plus, l'industrie agroalimentaire est l'une des principales sources de pollution organique biodégradable dans les bassins hydrographiques européens. De nos jours, les eaux usées européennes du secteur alimentaire sont généralement traitées dans des STEP centralisées selon des procédés aérobie.

Le projet LIFE Multi-AD contribuera à garantir une utilisation sûre et efficace des ressources en eau, afin de disposer d'un secteur industriel économe en ressources dans l'ensemble de l'UE. La mise en œuvre de cette technologie éco-innovante favorisera le respect de la directive-cadre de l'UE sur l'eau et des objectifs fixés par l'EIP-Water, fournissant aux PME européennes du secteur alimentaire une solution de pointe alignée sur les objectifs mondiaux fixés dans la stratégie Europe 2020.

De plus, la transférabilité et la répliquabilité des solutions technologiques Multi-AD conduiront à un traitement décentralisé des eaux usées dans les industries agroalimentaires, minimisant ainsi la pression sur les STEP urbaines. Ce fait facilitera le respect de la nouvelle directive sur le traitement des eaux usées urbaines qui diminue les limites de rejet pour les paramètres physico-chimiques.

D'autre part, les objectifs du projet LIFE Multi-AD sont correctement alignés sur le nouveau plan d'action de la CE pour l'économie circulaire adopté en mars 2020. La solution technologique LIFE Multi-AD contribuera à la transition de l'UE vers une économie circulaire qui réduira la pression sur les ressources naturelles. .

## Émissions de serre

Le projet LIFE Multi-AD peut également être considéré comme un projet lié au climat, puisqu'il réduit de 59 % les émissions de CO<sub>2</sub> et de 57% les besoins énergétiques de chaque industrie qui met en œuvre notre système. Cette réduction est obtenue par la combinaison de deux faits clés :

- Contrairement aux réacteurs aérobies, Multi-AD n'a pas besoin de soufflantes à haute consommation d'énergie (50 à 75 % de l'énergie consommée dans la STEP du secteur F&D est associée aux soufflantes).
- La génération de gaz riche en méthane au cours du processus fournit une source d'énergie pour *je*) faire fonctionner le réacteur Multi-AD et *ii*) convertir d'autres opérations avec l'industrie (*par exemple*, bouillir ou chauffer).

Étant donné que 99 % des industries F&D de l'UE27 sont des PME (nos utilisateurs cibles) – qui dépendent actuellement soit de réacteurs aérobies, soit d'une STEP centralisée – notre projet a un énorme potentiel pour réduire les émissions de CO<sub>2</sub> F&D.2 émissions de CO<sub>2</sub> dans l'ensemble de l'UE et contribuer ainsi à l'atténuation du changement climatique.

Les objectifs du projet LIFE Multi-AD sont correctement alignés sur la vision stratégique à long terme de la CE pour la neutralité climatique d'ici 2050, conformément au Green Deal européen. La stratégie montre comment l'Europe peut ouvrir la voie à la neutralité climatique en investissant dans des solutions technologiques réalistes et en alignant ses actions dans des domaines clés tels que la politique industrielle. Selon Food Drink Europe, « la fabrication européenne de produits alimentaires et alimentaires représente environ 1,5 % des émissions totales de GES de l'UE ».

Par conséquent, la solution technologique LIFE Multi-AD contribuera à atteindre l'objectif de réduction des émissions de 55 % d'ici 2030, ainsi que l'objectif de neutralité climatique d'ici 2050, et contribuera à l'ambition zéro pollution de la Commission.

## Boue

LIFE Multi-AD apporte d'autres avantages environnementaux importants qui découlent principalement du fait que Multi-AD génère 89 % de boues en moins. La gestion des boues est devenue l'un des problèmes les plus critiques pour l'industrie des eaux usées dans le monde, en raison de l'augmentation très rapide de la production de boues résultant du nombre croissant de nouvelles stations d'épuration, d'un plus grand nombre d'industries et d'un plus grand nombre d'habitants équivalents connectés aux systèmes d'égouts existants et de la modernisation des installations existantes pour répondre à des critères de sortie plus stricts.

Les objectifs du projet correspondent aux besoins définis dans le scénario de référence résultant des évaluations sur la gestion des boues d'épuration réalisées par la DG Environnement de la CE dans le processus engagé pour la révision de la directive 86/278/CEE, sur la protection de l'environnement, et notamment du sol, lorsque les boues d'épuration sont utilisées en agriculture. LIFE Multi-AD est cohérent avec la feuille de route pour une Europe efficace dans l'utilisation des ressources en ce qui concerne l'objectif de transformer les déchets en ressources.

## 5. Partie administrative

AEMA, en tant que coordinateur du projet, était en charge de la gestion technique et financière globale du projet, appuyée par la responsabilité de chaque partenaire. Au début du projet, LIFE Multi-AD disposait d'un Conseil d'Administration. Le Conseil d'administration de Multi-AD comprenait une personne représentative de chaque organisation, à l'exception de l'AEMA, le bénéficiaire coordinateur, qui a participé avec deux personnes. Outre le Conseil d'Administration, le projet comptait avec une équipe de direction réduite, pour s'occuper des tâches de gestion quotidiennes.

Cependant, en raison de la nécessité d'améliorer la gestion du projet et plus particulièrement la gestion financière et administrative, AEMA a redéfini la charte du projet Multi-AD. Il y avait deux limitations majeures pour les professionnels par direction. D'une part, plusieurs membres du Directoire ont quitté le projet Multi-AD comme Estibaliz Huete (AEMA), Gorka García (AEMA) et Luisa Cosme (PURAL). En revanche, l'organigramme initial était trop plat et par la suite, toute la gestion technique et financière du projet est tombée entre les mains de quatre membres. Ainsi, la gestion du projet LIFE Multi-AD a été restructurée autour du Comité de pilotage (SC) et des équipes de mise en œuvre, comme le montre le diagramme suivant (Figure 2).

Le SC était la plus haute autorité au sein du projet. Il comprenait des représentants de tous les partenaires et était dirigé par le bénéficiaire coordonnateur par l'intermédiaire du gestionnaire de projet. Son rôle est de conseiller et d'accompagner les décisions du Chef de Projet sur les questions opérationnelles et de gestion. En règle générale, le CS se réunissait face à face une fois par an. Entre-temps, leurs tâches normales ont été accomplies par conférence téléphonique et par courrier électronique. Les membres du CS ont envoyé leurs commentaires, décisions et confirmations au coordonnateur du projet. Le rôle du comité technique était de superviser le travail technique quotidien. Il comprend des représentants techniques de tous les partenaires et est coordonné par le coordonnateur technique de l'AEMA. Ce Comité Technique se réunit deux fois par an, dont une en même temps que la réunion du CS.

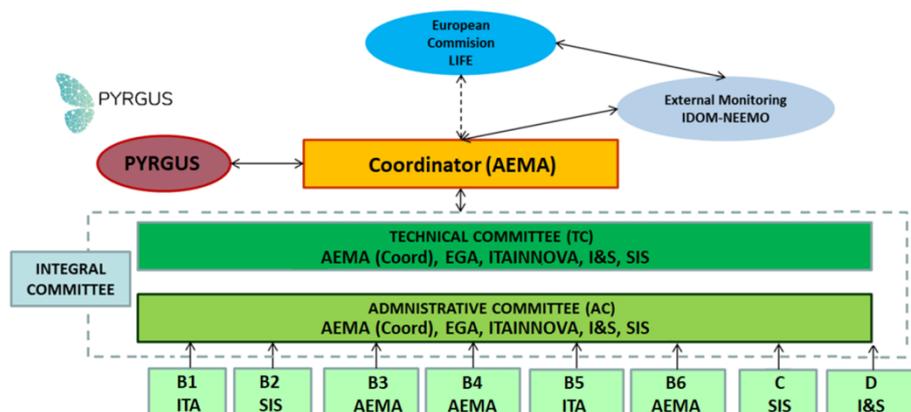


Figure 2. Organigramme du projet LIFE Multi-AD.

De plus, il a été inclus un soutien externe pour la gestion financière de LIFE Multi- Projet AD c'est à dire, PYRGUS Consulting en tant que consultant. En effet, PYRGUS, avec Monique Ovejas (AEMA), a élaboré un plan qualité dont le but était de donner un aperçu rapide et bref des informations, procédures et conditions les plus pertinentes pour les partenaires du LIFE Multi-AD, telles que les lignes directrices en matière de reporting financier. Afin de garder une trace continue des partenaires et de faciliter le suivi des coûts engagés by chaque bénéficiaire, le contrôle du résumé des coûts du projet a été effectué sur une base semestrielle.

Monica Ovejas de L'AEMA était chargée du suivi et du contrôle des finances rapports.

Les partenaires ont reçu un « Modèle de rapport financier » qui a été utilisé par chacun des partenaires pour les justifications financières pour chacune des périodes de reporting. Le modèle a également été utilisé pour le contrôle interne des coûts du projet. Les feuilles de temps, les certificats et toutes les factures des coûts signalés par chaque partenaire et étaient marqués du nom du projet ainsi que stockés dans leur dossier respectif de la plateforme OneDrive. Tous ces documents financiers ont été audités par PYRGUS qui a réalisé plusieurs audits 2018-2019, 2020, 2021, 2022 et 2023.

L'AEMA était le point de contact unique de la Commission et le seul participant à rendre compte directement à la Commission de l'avancement technique et financier du projet. Le bénéficiaire coordonnateur a été régulièrement en contact avec l'équipe de suivi pour rendre compte de l'avancement du projet. Afin d'assurer une gestion et une coordination appropriées des partenaires du projet, des réunions mensuelles ont été organisées par le coordinateur via la plateforme Microsoft Teams. Une copie de la présentation de ces réunions a été régulièrement envoyée à tous les partenaires.

Le projet LIFE Multi-AD a souffert au cours de la période de référence des problèmes pertinents suivants qui ont été communiqués à la Commission européenne :

Le 22 janvier 2019, P Coordonnateur du projet informé que le bénéficiaire PURAL doit être remplacé à cause de sa faillite . Le pLa solution proposée était basée sur le remplacement de PURAL par ENERGY GREEN GAS ALMAZAN SL (EGA). Cette société a acquis tous les actifs commerciaux de PURAL y compris le le personnel était donc les mêmes chercheurs qui développaient les travaux prévus. Ce fait a provoqué l'Amendement n°1 à l'Accord de Subvention.

Le 2 mars 2020, le coordinateur du projet a envoyé un rapport d'avancement à l'Agence exécutive pour les PME (EASME - l'Agence). Le rapport a procédé à une évaluation globale des réalisations du projet LIFE Multi-AD, montrant qu'il progressait avec quelques retards dans les actions techniques causés par la conception et la mise à l'échelle des problèmes de prototype. Ces écarts ont empêché le consortium de dépenser le préfinancement, principalement parce qu'AEMA n'a pas acquis l'équipement et les matériaux nécessaires à la construction de l'usine de démonstration. En conséquence, le rapport à mi-parcours a été retardé d'octobre 2019 et il a été nécessaire de le remplacer par un rapport d'avancement, prévu pour fin 2020.

Le 12 mars 2020, Gorka García communiqué pendant le deuxième Assemblée générale (Saragosse) qui il quitterait le projet fin mars et José B. Carbajo sera le nouveau LIFE Multi-AD Coordonnatrice du projet. La réunion w en présence de l'EASME à travers un représentant de NEEMO et Project Monitor, Mariona Salvatella .

Le 17 novembre 2020, le consortium a demandé l'autorisation de changer de localisation de l'unité de démonstration. Le prototype, qui devait être situé dans la cave Viñedos (Aldeanueva, La Rioja), n'a pas pu être construit sur place. L'état d'alerte en Espagne, conséquence du COVID, s'est intensifié avec l'incertitude et la peur du marché mondial. Face à cette situation économique, Viñedos Winery a décidé d'arrêter le projet dans ses installations. Dans ces circonstances externes, l'AEMA, en tant que bénéficiaire coordinateur, a trouvé un utilisateur final qui remplissait toutes les exigences pour la validation de l'unité de démonstration Multi-AD (de l'emplacement au secteur industriel) : AGE Winery (Fuenmayor, La Rioja).

Le 14 mai 2021, le coordinateur du projet a envoyé le rapport à mi-parcours à CINEA. Le rapport a procédé à une évaluation globale des réalisations du projet LIFE Multi-AD, montrant qu'il progressait avec quelques retards dans les actions techniques causés par les problèmes de localisation du prototype. Le consortium a déclaré qu'il faisait un effort considérable pour rattraper le retard accumulé, cependant, ces circonstances externes ont fait que l'exécution technique a été plus lente que prévu et a été retardée jusqu'à 14 mois.

Le 3 octobre 2022, le coordinateur du projet a envoyé un rapport d'avancement à CINEA. Le rapport passe en revue les progrès réalisés dans le projet LIFE Multi-AD, montrant qu'il avance avec quelques retards dans la phase de démonstration. Ce fait est dû à des problèmes détectés lors des tests pneumatiques et électromécaniques de la phase de démarrage. Le retard cité n'a pas affecté les objectifs et les résultats attendus du projet comme indiqué dans la proposition approuvée. Les circonstances à l'origine des retards et les résultats des mesures prises pour les surmonter constituent de sérieux enseignements de grande valeur pour la technologie Multi-AD.

Enfin, le consortium a demandé un report de la fin du projet compte tenu d'une période de prolongation de 16 mois au 22 novembre 2022. La mise en œuvre du projet LIFE Multi-AD a été confrontée, par rapport au calendrier initial, à certains défis liés à la conception et à la construction. de l'unité de démonstration. Cependant, les circonstances rencontrées lors de la mise en œuvre du projet étaient exceptionnelles, imprévisibles et suffisamment exigeantes pour ne pas être couvertes par le délai tampon initial pris en compte pour les imprévus du calendrier. Les retards dans ces actions critiques ont rendu nécessaire de reporter la fin des activités, afin de garantir le maintien de la viabilité et des résultats du projet. CINEA a accepté la modification demandée, ce fait a donc provoqué l'amendement n°2 à l'accord de subvention.

## 6. Partie technique

### 6.1. Progrès technique par action

#### 6.1.1. Action B.1 : Analyse dynamique des fluides

Bénéficiaire responsable		Statut
ITAINNOVA		Fini
Horaire	Date de début	Fin
10 mois	septembre 2018	juin 2019
Calendrier en temps réel	Date de début	Fin
18 mois	septembre 2018	Février 2020

Le but de cette action était de fixer les principales dimensions du réacteur Multi-AD à l'échelle industrielle. Les résultats obtenus au cours de cette action ont produit des apports nécessaires aux actions à venir.

#### Action TB.1.1 : Simulations numériques de dynamique des fluides -CFD-

**Définition des besoins :** Cette tâche présentait le modèle numérique utilisé pour simuler les performances du prototype de réacteur Multi-AD. La CFD a été utilisée pour modéliser le comportement du réacteur à l'échelle pilote et fournir une compréhension approfondie des processus physiques, chimiques et biologiques impliqués dans la digestion. Après cela, une méthodologie de conception robuste (RDM) a été utilisée pour déterminer la conception optimale du réacteur à l'échelle industrielle (Figure 3).

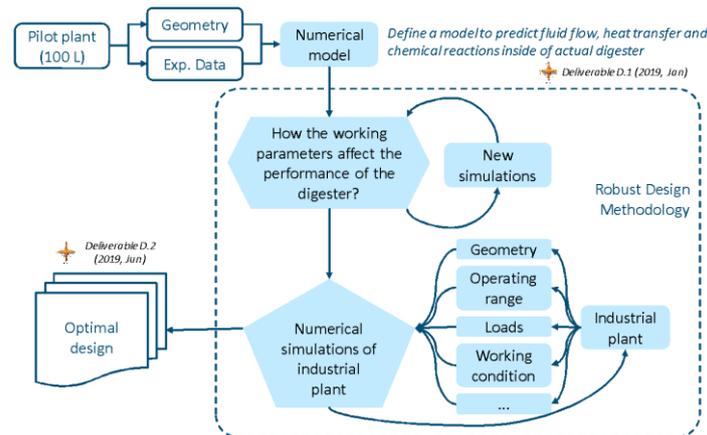
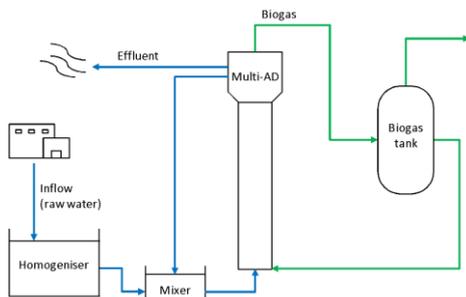


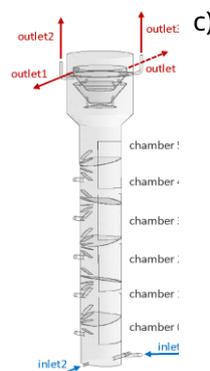
Figure 3. Analyse dynamique des fluides.

**Description du système et données expérimentales :** Une description détaillée du réacteur prototype breveté à l'échelle pilote de l'AEEMA et un résumé des phénomènes physiques et chimiques impliqués dans la simulation sont présentés dans le livrable D1 "Description du modèle CFD et sa validation". Ce livrable cité résumait également les données expérimentales acquises pendant 218 jours dans l'usine pilote pour la validation du modèle (Figure 4).

un)

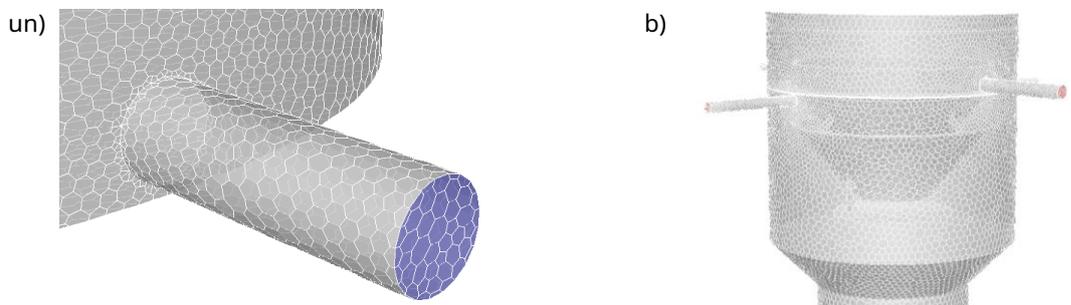


b)



Graphique 4. (a) Schéma de processus de l'usine prototype Multi-AD, (b) géométrie du réacteur et (c) image.

**Définition du modèle CFD :** Le modèle numérique a été défini pour prédire l'écoulement d'un fluide triphasique (*c'est à dire*, solide-granule, liquide-eau et gaz-biogaz), le transfert de chaleur et la réaction chimique à l'intérieur du réacteur Multi-AD ont été résolus par le solveur double précision basé sur la pression dans ANSYS Fluent 19.2 en supposant un état stable. Le problème nécessite l'utilisation d'un modèle multiphasique, une géométrie 3D (maillée dans ANSYS Meshing 19.2) (Figure 5), des phases fluides non newtoniennes, un modèle de turbulence et la résolution d'équations de transport d'énergie et d'espèces. L'ensemble du modèle numérique est donc très complexe.



**Graphique 5.**Détails du maillage 3D : (a) entrée de liquide, (b) séparateur triphasé

Un tableau récapitulatif de la configuration CFD a été présenté dans le livrable **D1** "Description du modèle CFD et sa validation". Ce modèle informatique a été décrit en termes de domaine numérique, de maillage, de conditions aux limites, ainsi que de modèles et méthodes numériques appliqués dans la simulation.

### **Action TB1.2 : Analyse dynamique des fluides du système triphasé**

**Validation du modèle CFD :** Les résultats obtenus à chacune des trois étapes de la stratégie numérique utilisée pour modéliser le comportement du réacteur Multi-AD sont présentés (Figure 6). Ces étapes sont :

- 1) Solution initiale.
- 2) Flux inerte. Dans cette étape, la pression, la température, la répartition des phases gazeuse et solide, le champ de vitesse de la phase liquide et le champ d'écoulement des phases liquide, gazeuse et solide sont analysés.
- 3) Flux réactif. Dans cette étape, la répartition des solides, la production de méthane et la cinétique chimique dans le réacteur sont analysées.

Le modèle est capable de prédire de manière adéquate le comportement hydrodynamique des trois phases au sein du réacteur Multi-AD et a prouvé que la taille des particules solides détermine son comportement. L'hydrodynamique des phases était fortement liée à l'uniformité de l'élimination des acides gras volatils (AGV) et à la production de biogaz le long des chambres du réacteur. Plus le nombre de particules en suspension dans le liquide est élevé et plus leur répartition dans le réacteur est homogène ; mieux c'était la suppression des VFA.

Concernant la prévision de la production de méthane, le modèle numérique actuel ne considère que la concentration en AGV et la température, et néglige l'influence d'autres paramètres importants (*par exemple*, pH, distribution granulométrique et cinétique de croissance microbienne). Par conséquent, il n'a pu prédire la production de méthane que dans certaines conditions expérimentales, décrites dans le cas d'installation et ajustées pour s'adapter aux mesures d'une seule journée d'exploitation. Des informations détaillées ont été affichées dans **D1** "Description du modèle CFD et sa validation".

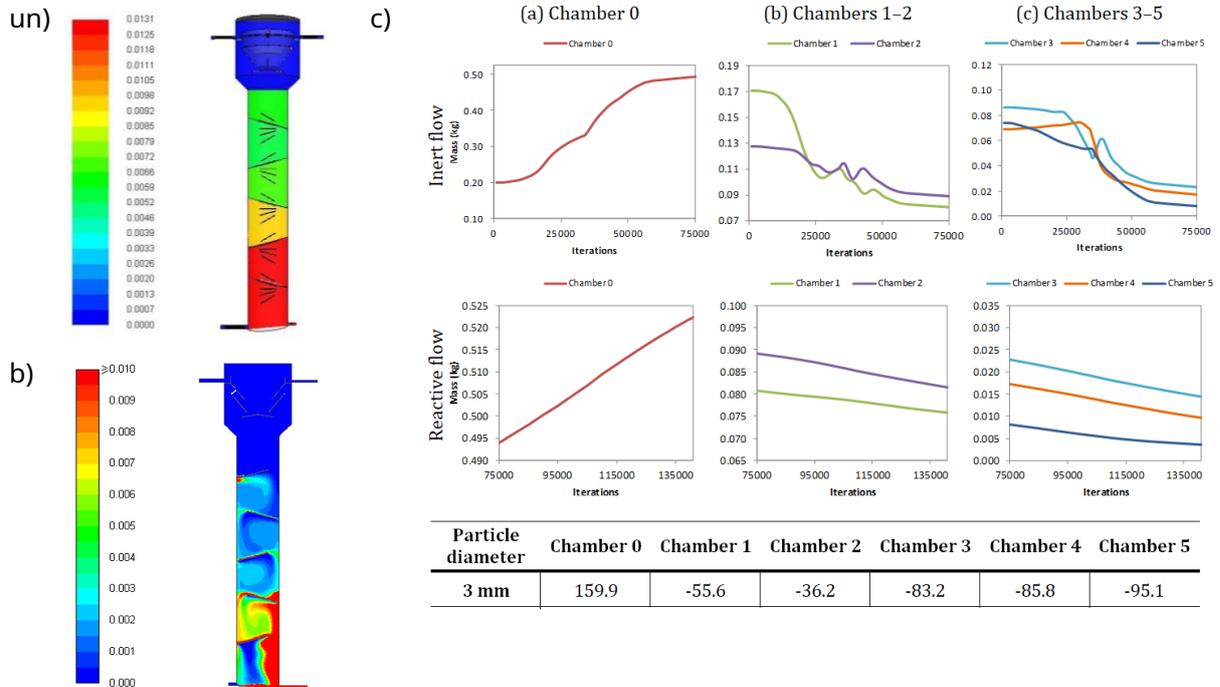
**Analyse CFD pour la mise à l'échelle :** Pour répondre à la tâche de sélection des critères de mise à l'échelle appropriés pour concevoir un réacteur industriel Multi-AD, il a été décidé de simplifier le modèle de simulation et de concentrer l'attention sur le comportement dynamique des fluides des phases. Les objectifs du projet n'ont pas été affectés par ces faits. Quatre critères de mise à l'échelle différents ont été définis pour concevoir un réacteur industriel Multi-AD, basés sur les variables suivantes :

- Masse de solides dans chaque chambre (Critère 1)
- Vitesse du liquide (Critère 2)
- Momentum de la phase solide (Critère 3)
- Momentum de la phase liquide (Critère 4)

Les simulations de l'écoulement des fluides au cours de cette tâche du projet comprennent les phénomènes suivants, ce qui permet des simulations beaucoup plus rapides :

- Mélange du flux liquide facilité par le gaz généré dans le procédé AD (élimination de la DCO).
- Transport de particules solides par le flux liquide (et, dans une moindre mesure, le flux gazeux).

De plus, pour diminuer les coûts d'investissement et d'exploitation et pour réduire le risque d'explosion et éviter la définition de zones ATEX, ce qui simplifie les critères de sécurité, la recirculation externe du biogaz à l'aide d'un compresseur de gaz n'a pas été prise en compte dans les nouvelles conceptions.



Graphique 6. Contours de la fraction solide à (a) l'étape d'initialisation (b) l'écoulement intermédiaire et (c) l'écoulement réactif.

Dans le livrable **D2** "Description du modèle CFD et des critères de mise à l'échelle" ont été présentés les critères de conception établis par RDM, la simulation CFD réalisée pour évaluer l'influence de différents paramètres sur le comportement du réacteur Multi-AD et les critères de mise à l'échelle proposés pour passer du projet pilote, à l'échelle industrielle.

**Jalon M1** "La validation du modèle CFD à l'aide des données du prototype existant de 100 L" a été réalisée avec le développement de cette tâche.

**Proposition de conception pour un 100 m<sup>3</sup> digesteur :** Différentes géométries de réacteurs ont été testées en se concentrant sur l'interaction entre les phases liquide, solide et gazeuse. Les simulations présentées en livrable **D2** La « Description du modèle CFD et les critères de mise à l'échelle » ont été classées en trois groupes :

- *Analyse de base:* Fournir des informations sur l'influence du rapport d'aspect (D/h) et du débit de liquide lorsqu'il y a un apport externe de gaz au système (Figure 7).
- *Sans recirculation du biogaz:* Évaluer si seule une augmentation du débit de liquide était capable de reproduire le comportement fluidodynamique observé lors d'une recirculation externe du biogaz
- *Entrée de type grille:* Pour évaluer l'effet de l'utilisation d'une entrée de liquide de type grille placée au fond de la chambre 0 au lieu d'un tube.

Enfin, le modèle CFD développé a été utilisé pour optimiser les performances du 100 m<sup>3</sup> unité de démonstration qui a été construite, avec un accent particulier mis sur la distribution des influents, les chicanes de chambre et le séparateur triphasé (Figure 7). La figure 10 montre quelques résultats significatifs de la simulation CFD réalisée afin de concevoir une proposition de 100 m<sup>3</sup> Réacteur multi-AD.



Graphique 7. Analyse de base - Contours de vitesse du liquide (a)  $D/h = 1,0$ , (b)  $D/h = 1,5$  et (c)  $D/h = 2,0$ .

**Action TB1.3 : Détermination des paramètres clés pour la mise à l'échelle**

**Sélection des critères de mise à l'échelle :** Plusieurs limitations et nouvelles conditions aux limites apparaissent lors de la mise à l'échelle d'un procédé au niveau industriel. Parmi eux, les paramètres suivants ont été considérés comme critiques : la conception structurelle pour obtenir une solution technologique rentable, le degré de mélange solide-liquide-gaz sans circulation externe de biogaz et un séparateur triphasique efficace.

La conception structurelle du réacteur a été considérée comme un paramètre clé. Des solutions techniques aussi simples que possible étaient nécessaires pour obtenir un produit rentable, ce qui implique une augmentation du rapport diamètre/hauteur du réacteur. Dans cette ligne, la conception du séparateur triphasé a eu une influence importante sur l'efficacité de l'AD. Un séparateur de phases efficace conduit à la rétention d'une masse de boues plus importante, ce qui signifie que le temps de rétention moyen des solides est augmenté, un paramètre opérationnel fondamental du réacteur anaérobie.

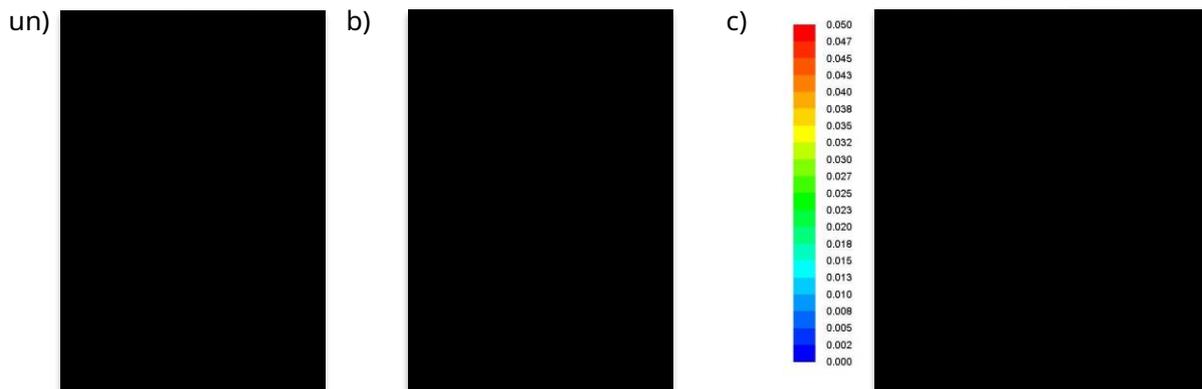
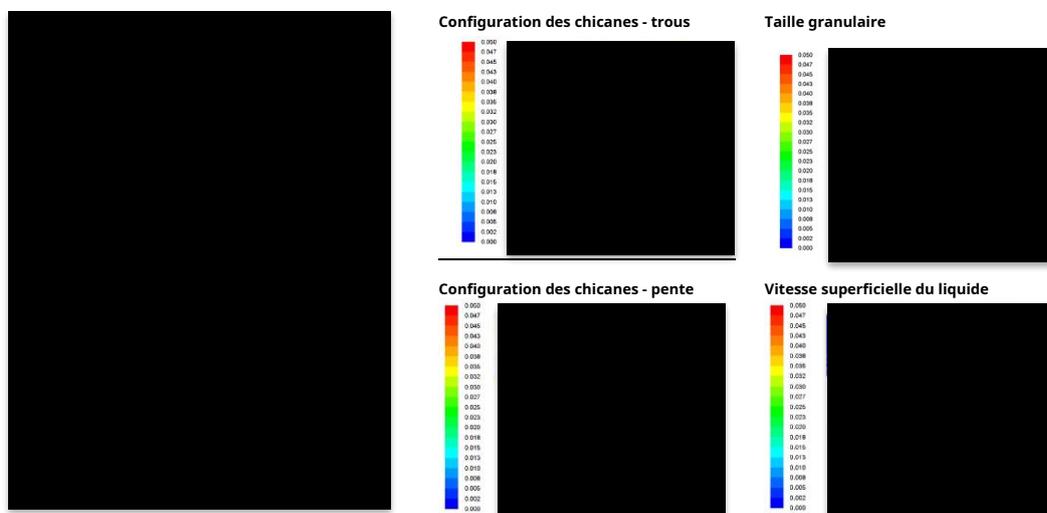
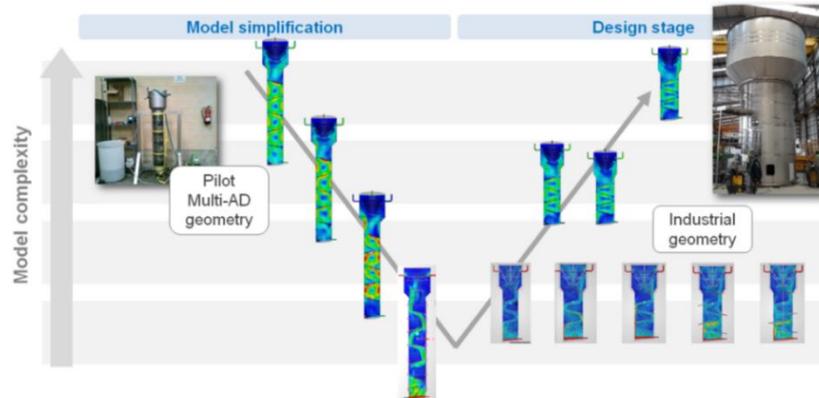


Figure 8. Composants du réacteur multi-AD étudiés lors de la simulation CFD : (a) tuyauterie de distribution d'alimentation, (b) chicanes de chambre, (c) séparateur triphasé.



Graphique 9. Dessin du réacteur Multi-AD et résultats de différentes simulations CFD jusqu'à la proposition de conception finale.

Le dernier paramètre qui influence fortement le fonctionnement du réacteur est le degré de mélange qui rend le flux liquide capable de maintenir les particules solides en suspension. Ce paramètre était particulièrement important après l'élimination de la circulation externe du biogaz pour diminuer les coûts d'investissement et d'exploitation, ainsi que pour réduire le risque d'explosion et éviter la définition de zones ATEX, ce qui simplifie les critères de sécurité. Les critères de mise à l'échelle pour concevoir un réacteur Multi-AD industriel doivent donc viser à atteindre une distribution de vitesse du liquide au sein du nouveau réacteur capable de reproduire, dans la mesure du possible, la dynamique des fluides du réacteur Multi-AD pilote.



Graphique 10. Résumé graphique de l'action B. Analyse dynamique des fluides.

**Proposition finale pour le 100 m<sup>3</sup>digesteur :** Une analyse des différentes simulations numériques a été réalisée en appliquant les critères de mise à l'échelle sélectionnés mentionnés ci-dessus. Les mêmes conclusions ont été obtenues à partir de l'analyse de la quantité de mouvement du liquide et des solides. Les principales conclusions étaient les suivantes :

- L'apport externe de gaz a une influence significative sur le comportement du liquide, car le gaz participe au mélange des phases.
- La suppression de la recirculation externe du biogaz nécessite un panneau augmentation significative de le débit du liquide afin de maintenir des turbulences et un mélange adéquat : de 9 à 45 m<sup>3</sup>/h .
- La vitesse superficielle du liquide dans le réacteur Multi-AD doit être 2 m/h cependant, la valeur optimale déterminée au cours de l'opération de démonstration, entre 1 à 5 m/h.
- Le cœur d'un réacteur Multi-AD devrait être composé de 4 chambres, où la chambre 0&1 a deux fois le volume du reste des chambres .
- Le sou La nsion du réacteur Multi-AD doit être D/h = , 3 le plus court et le plus large possible (le plus haut rapport D/h) afin de parvenir à une solution technologique rentable.
- L'augmentation du débit d'influent du réacteur Multi-AD entraînerait également une réduction significative du temps de séjour et augmenterait le risque of particules entraînées par le liquide couler.
- La conception du séparateur triphasé doit être installé dans des blocs de lamelles afin de conduire à rétention d'une boue plus grosse comme s, c'est à dire, le temps de rétention des solides est augmenté.
- La configuration du baffle à -15° sign améliore considérablement la répartition des solides dans chaque chambre ; au contraire, la présence de trous montre une légère influence sur la phase solide.
- La tuyauterie de distribution d'alimentation développée (système d'influent du réacteur Multi-AD) fournit des résultats prometteurs, assurant une distribution optimale.

**Jalon M2** "Proposition de conception d'un nouveau 100 m<sup>3</sup>digesteur » a été réalisé avec le développement de cette tâche.

#### 6.1.2. Action B.2 : Développement du système de contrôle

Bénéficiaire responsable		Statut
SIS		Fini
Horaire	Date de début	Fin
10 mois	mai 2019	Février 2020
Calendrier en temps réel	Date de début	Fin
30 mois	mai 2019	octobre 2021

L'objectif principal de cette action était de concevoir et de développer un système de contrôle avancé qui optimisera le fonctionnement du Multi-AD en ajustant les variables des sorties contrôlables.

#### **Action TB2.1 : Conception du système de contrôle**

**Paramètres surveillés** :Caractéristiques physico-chimiques des eaux usées (*c'est à dire*, pH, MES ou DCO) et le biogaz (*c'est à dire*, CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S), le débit d'eau et de gaz, ainsi que les paramètres opérationnels AD (*c'est à dire*, TRH, vitesse linéaire superficielle, température, pression du gaz ou ORP) ont été sélectionnés comme paramètres surveillés qui doivent être mesurés sous le contrôle de la technologie LIFE Multi-AD. Le suivi des paramètres a été effectué en ligne, en continu et automatiquement au moyen d'appareils commerciaux (*par exemple*, SCAN, Hach-Lange, Endress Hauser ou Siemens).

**Système de contrôle avancé** :La solution technologique P&ID de LIFE Multi-AD a été développée à partir de l'analyse CFD de l'Action B1 « Fluid Analysis Dynamics » et de la caractérisation physico-chimique des eaux usées brutes de cave. Comme le montre la figure 11, le P&ID peut être divisé en quatre sections principales : le processus de prétraitement ou de conditionnement, le processus anaérobie, la conduite de biogaz et la STEP existante de l'établissement vinicole (*c'est à dire*, processus aérobie).



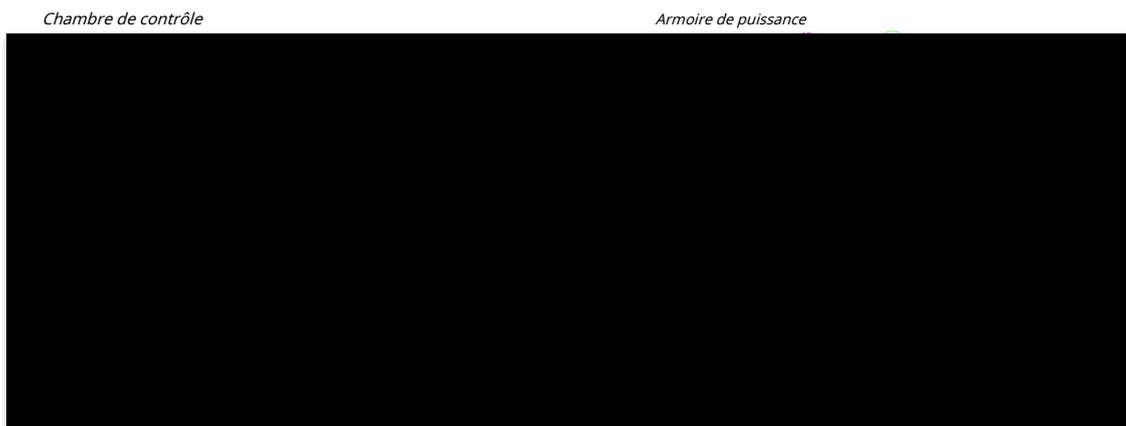
**Graphique 11.**Schéma de processus et d'instrumentation (P&ID) de LIFE Multi-AD.

#### **Action TB2.2 : Développement de systèmes de contrôle**

La stratégie du système de contrôle a été développée sur la base des paramètres de surveillance et de contrôle opérationnel, ainsi que du P&ID de la solution technologique LIFE Multi-AD. Ces spécifications techniques, définies dans le Livrable D3 "Spécification du système de contrôle", a permis la conception des tableaux électriques (*c'est à dire*, contrôle et automatisation et alimentation) qui facilitent le fonctionnement physique du système de contrôle du prototype de démonstration (Figure 12).

La logique de contrôle développée était chargée de la supervision et du contrôle des trois volets principaux de la solution technologique LIFE Multi-AD :

- *prétraitement du processus anaérobie*, homogénéisation (débit et charge organique) des effluents industriels, décantation, conditionnement des eaux usées (pH, macro et micronutriments et augmentation de la température jusqu'à valeur process).
- *processus anaérobie*, le mélange des effluents prétraités et recirculés, le réglage fin du pH et de la température au point de consigne du procédé, ainsi que le traitement biologique des eaux usées.
- *conduite de biogaz*, le nettoyage de l'hydrogène sulfuré, l'homogénéisation du biogaz (débit et teneur en méthane), ainsi que la valorisation de l'énergie thermique dans une chaudière.



**Graphique 12.** Représentation graphique des tableaux électriques conçus pour le contrôle et le fonctionnement du prototype LIFE Multi-AD.

Dans cette section, la logique de contrôle a été développée selon une approche « cause-effet » au moyen de TIA Portal V16, qui est structuré en blocs de processus en supposant les hypothèses suivantes :

- chaque bloc fonctionnel (FB) de la logique de l'automate programmable (automate programmable) a été décrit par un schéma, en gardant le même nom pour une référence plus facile.
- les entrées physiques étaient marquées en rouge dans la logique et les sorties physiques en vert.
- pour les capteurs de niveau, on a considéré 1, la valeur lorsque le liquide atteint la limite et 0, la valeur lorsque le liquide est sous le capteur.
- les valeurs des limites, des constantes et des points de consigne sont fournies sous forme de valeurs de type réel dans l'IHM (interface homme-machine) et ont été marquées en bleu dans la logique. Les valeurs des minuteriers étaient fournies en secondes dans l'IHM et étaient marquées en jaune dans la logique.

La structure de la logique mise en œuvre pour chaque élément d'actionnement comportait trois réseaux (Figure 13) : la solution technologique LIFE Multi-AD :

- *verrouillages*, en assurant toutes les conditions de sécurité requises pour l'équipement ou *article* commencer.
- *minuterie automatique*, gérant les actions ON/OFF automatiques en fonction des valeurs de minuterie présentes dans l'IHM
- *commande*, gérant le passage entre le mode manuel et automatique, ainsi que l'envoi de la valeur appropriée à la sortie physique.

Il est à noter que tout actionnement *articles* (par exemple, pompes, électrovannes ou soufflantes) peuvent fonctionner en mode manuel ou automatique. A titre d'exemple, la logique décrite dans les schémas de la figure 14 correspond au mode automatique. Le fonctionnement du mode manuel ou automatique a été décrit en détail dans le Livable **D4** «Logique de contrôle PLC et armoire de commande». Des procédures de simulation et de tests ont été réalisées à l'aide des extensions PLCsim, pour garantir le bon fonctionnement de la logique de contrôle. Les résultats ont été présentés dans le livable **J5** «Résultats des tests du système de contrôle ».

### **Action TB2.3 : Opérations à distance SCADA avancées**

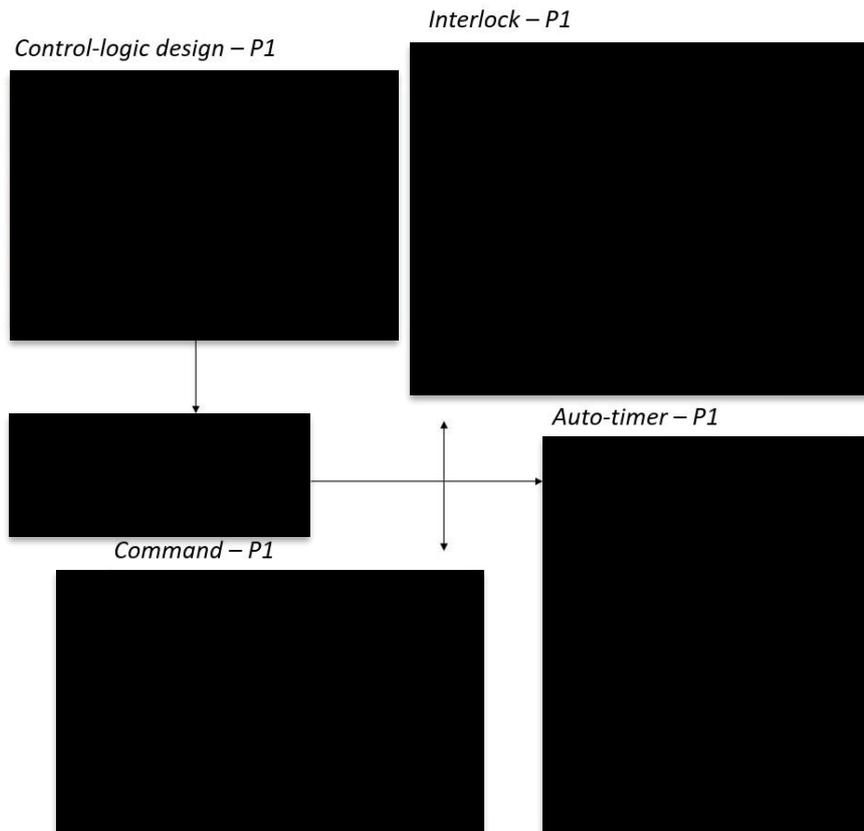
Une architecture pour la surveillance et le contrôle de la solution technologique a été développée dans le but que le dispositif Multi-AD ait un fonctionnement sans surveillance et entièrement automatisé (Figure 15). Ainsi, tous les équipements et instruments ont été connectés à l'alimentation et à l'armoire de commande. L'armoire de commande, qui intégrait l'automate et l'IHM, était à son tour connectée au panneau d'alimentation et au centre de contrôle à distance de SIS. AEMA, en tant que société chargée de l'exploitation du prototype Multi-AD, disposait d'un accès à distance à l'usine via le centre susmentionné.

Il est important de noter que l'exploitation et le contrôle des solutions technologiques LIFE Multi-AD ont été réalisés sur site, via l'IHM, et à distance, grâce à une application informatique où est développé le SCADA.

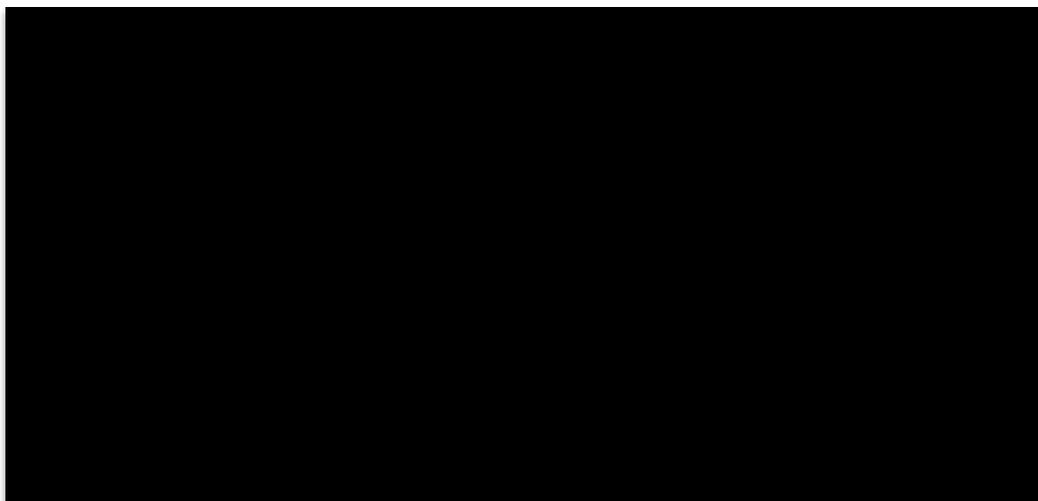
D'une part, l'IHM, en tant qu'interface physique, est le principal outil utilisé par les spécialistes techniques d'AEMA pour contrôler et exploiter les processus en cours dans l'usine. Comme le montre la figure 16, à l'aide du

Le logiciel WinCC Siemens, une représentation graphique de la solution technologique LIFE Multi-AD, a été développé pour convertir les variables du processus anaérobie en informations utiles et exploitables. L'IHM permet le changement de points de consigne, l'activation et la désactivation d'équipements ou le suivi des valeurs des paramètres d'un processus donné. Des informations détaillées sur l'IHM peuvent être trouvées dans le manuel d'utilisation, annexé au livrable.D8"Manuel d'utilisation pour le contrôle du système de processus ».

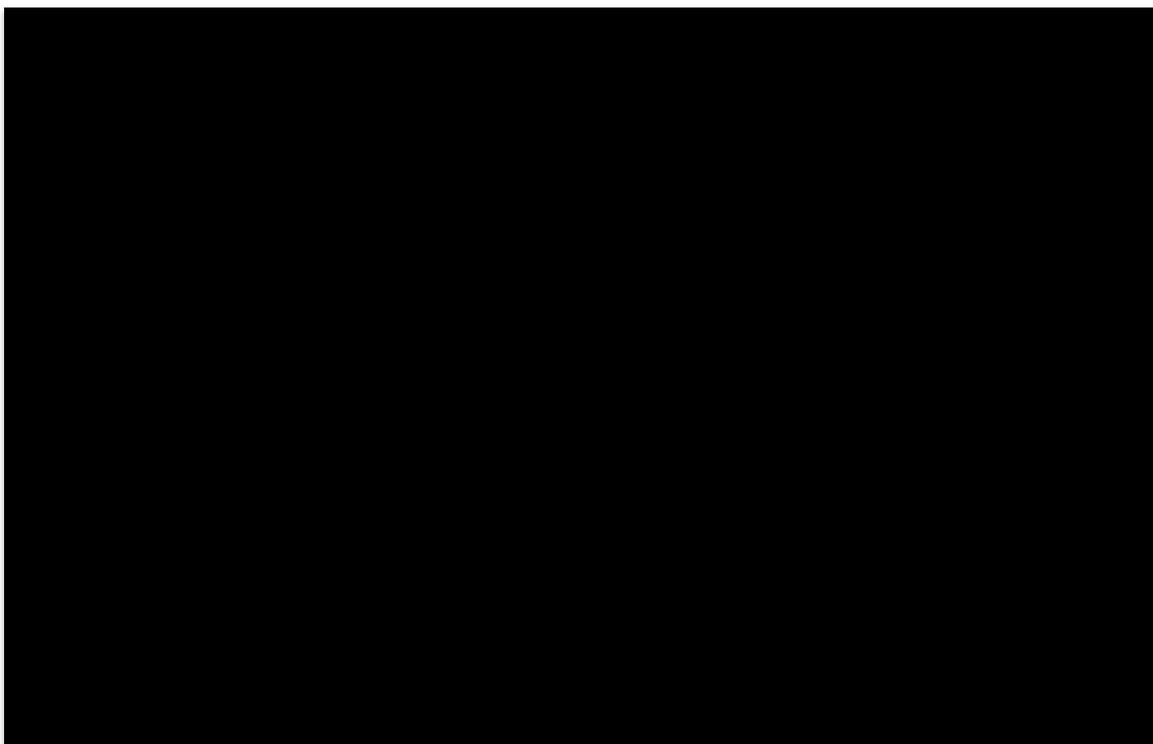
D'autre part, le contrôle et le fonctionnement à distance ont été effectués au moyen d'un logiciel SCADA. Cet outil, développé à l'aide du logiciel PcVue, était une réplique de WinCC mais avec une apparence plus conviviale, ainsi que la capacité de contrôler et de superviser le processus LIFE Multi-AD à distance. L'outil logiciel facilite le retour d'information en temps réel avec les appareils de l'usine et contrôle automatiquement le processus. De plus, il a fourni toutes les informations générées lors du fonctionnement du prototype (*par exemple*, données, graphiques ou alarmes), ainsi que permis sa gestion et son intervention.



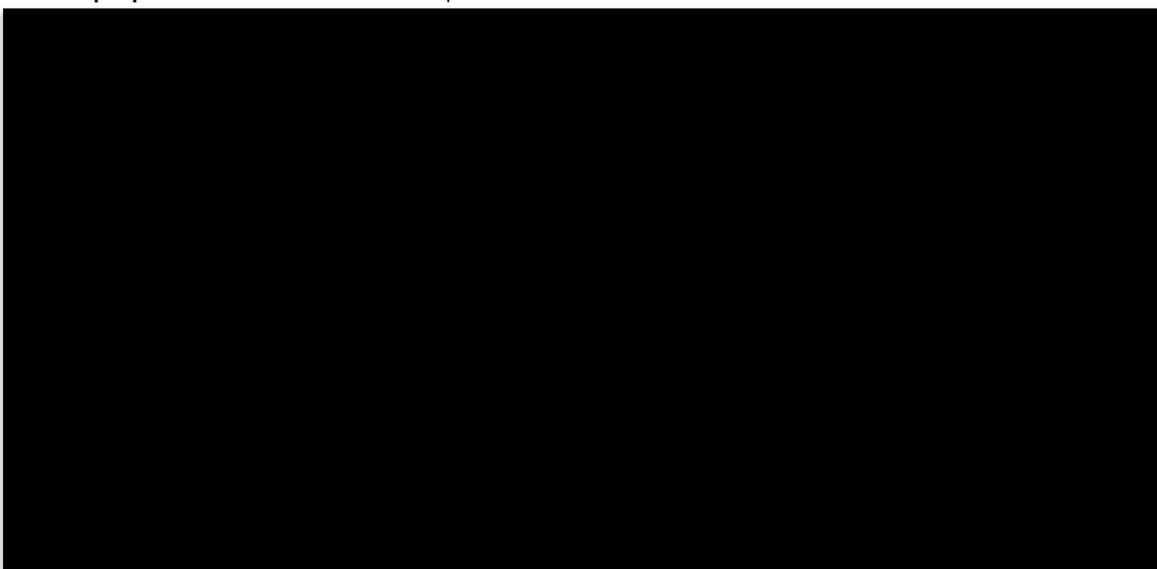
**Graphique 13.**Structure de la logique de contrôle de la pompe P-1 de la solution technologique LIFE Multi-AD.



**Graphique 14.**Architecture du système de contrôle de la solution technologique LIFE Multi-AD.



**Graphique 15.**Écran IHM installé dans le panneau de contrôle et d'automatisation de l'usine LIFE Multi-AD.



**Graphique 16.**Écran SCADA du système de contrôle et d'exploitation de l'usine LIFE Multi-AD.

**Jalon M3**"Système SCADA fonctionnel pour les unités industrielles Multi-AD » a été réalisé avec le développement de cette tâche.

#### 6.1.3. Action B.3 : Conception et construction du 100 m<sup>3</sup>Unité de démonstration multi-AD

Bénéficiaire responsable		Statut	
AEMA		Fini	
Horaire	Date de début	Fin	
8 mois	juillet 2019	Février 2020	
Calendrier en temps réel	Date de début	Fin	
28 mois	juillet 2019	octobre 2021	

Le but de cette action était de construire le premier appareil Multi-AD à l'échelle industrielle avec 100 m<sup>3</sup>de capacité.

**Action TB3.1 : Mise à l'échelle du réacteur et diagramme de flux de processus**

La configuration de la première centrale LIFE Multi-AD a été profondément développée conformément à la conception validée dans l'action B1 précédente et aux exigences particulières nts de la STEP industrielle de AGE Winery. Par ailleurs, plusieurs réunions techniques avec le fournisseurs (par exemple, INTRANOX en juin, novembre et décembre 2020 ou SOGECAL en septembre 2020 ) et AGE Winery (en mai, juin et septembre 2020), ainsi que des visites techniques d'usines de traitement anaérobie industrielles (par exemple, Plan AD déchets Cabanillas t en juillet 2020, usine de lisier AD d'Almazán en août 2020 ou STEP de La Zaragoza en février 2020 ) ont été réalisés afin d'augmenter les connaissances du consortium et, de cette manière, parvenir à la solution technologique la plus appropriée (Figure 17).

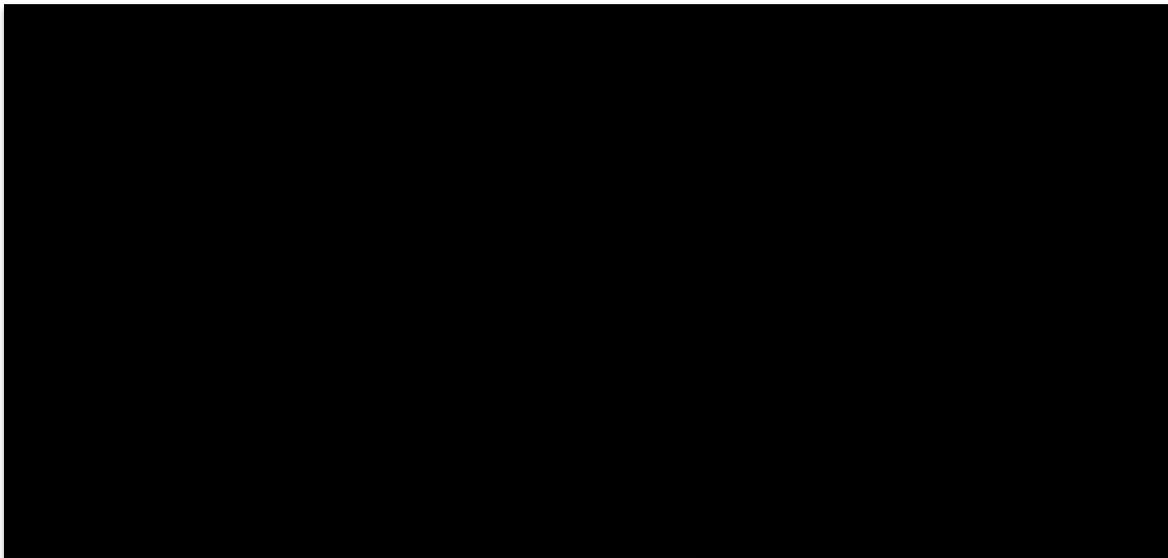


**Graphique 17.** Réunion technique avec le fournisseur ( INTRANOX ), AGE Winery et visite des usines AD.

Ainsi, la configuration de la solution technologique LIFE Multi-AD comprenait :

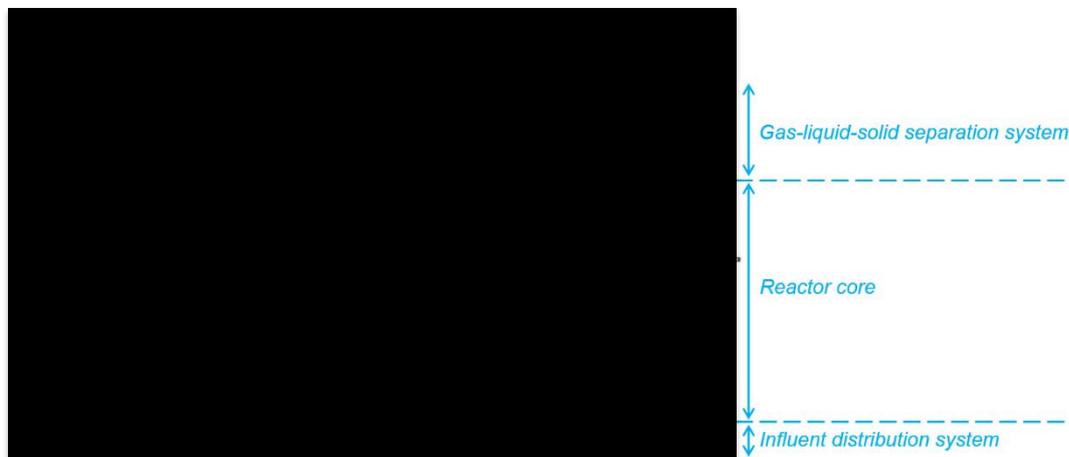
- prétraitement pr accès: tamis rotatif, réservoir d'égalisation, décanteur, réservoir de conditionnement et deux échangeurs de chaleur.
- processus anaérobie: c [REDACTED]
- conduite de biogaz [REDACTED]
- conteneur marin [REDACTED]
- passerelle: Gaz (biogaz et effluents gazeux), eau (eau du robinet, eaux usées brutes et traitées) et boues.

La conception de l'agencement du prototype LIFE Multi-AD a été réalisée en tenant compte de deux aspects principaux : une faible empreinte (*c'est à dire*, 250 m<sup>2</sup>) et classement de zonage ATEX. La figure 18 montre le tracé en 2 et 3D. Pour cette dernière, le logiciel SolidWorks a été utilisé.



**Graphique 18.** Plans de construction en 2 et 3D de la solution technologique LIFE Multi-AD.

Une conception réalisable du réacteur Multi-AD a été réalisée sur la base des résultats de l'action B1 et des eaux usées brutes de AGE Winery (Figure 19). Ainsi, le réacteur de démonstration Multi-AD à l'échelle industrielle 1:1, d'un volume de 111 m<sup>3</sup> (9 m de hauteur et 8,5 m de diamètre au fond), avait une charge organique maximale de 2 000 kg DCO/j et était capable de traiter jusqu'à 200 m<sup>3</sup>/jour d'eaux usées. Réacteur multi-AD composé d'un système de distribution d'influent, d'un cœur de réacteur anaérobie ( 4 chambres séparées par 3 chicanes ) et gaz-système de séparation liquide-solide.



Graphique 19. Dessin du réacteur LIFE Multi-AD.

Livrable D6 "Dessins et composants de 100 m<sup>3</sup>L'unité de démonstration Multi-AD » a montré des dessins détaillés de l'équipement, ainsi que des fiches techniques Abismo.net de chaque composant de la solution technologique LIFE. Jalon M4 "Une conception réalisable du réacteur » a été réalisée grâce au développement de cette tâche.

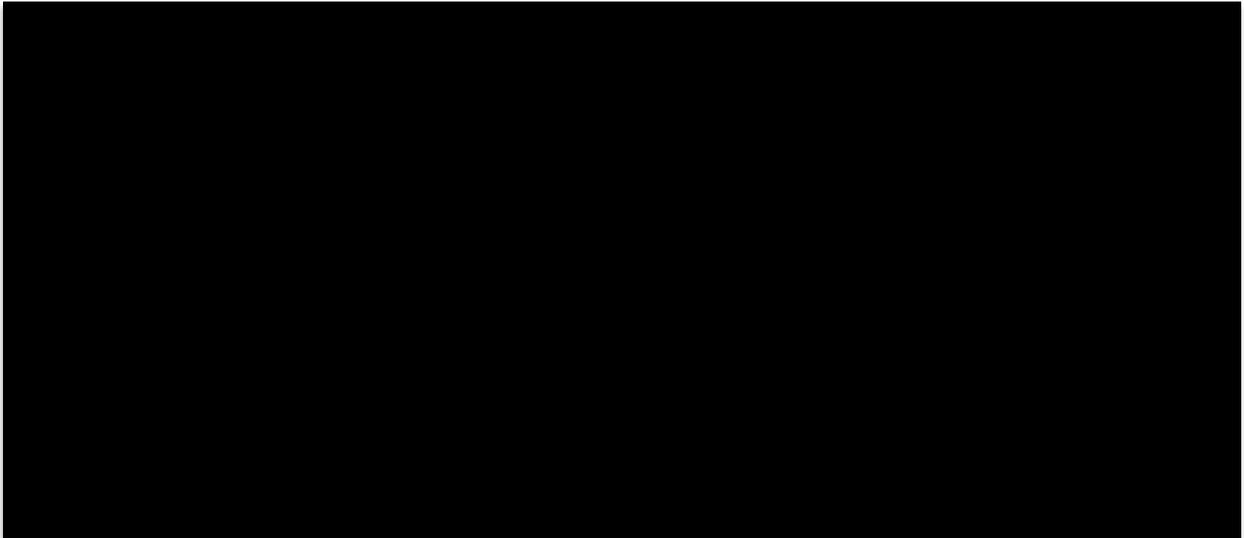
Il est à noter que plusieurs modifications doivent être apportées à la solution technologique LIFE Multi-AD par rapport à la proposition afin de s'adapter à la nouvelle localisation du site, c'est à dire, Cave AGE. Les objectifs du projet LIFE n'ont pas été affectés par les modifications suivantes :

- Réacteur multi-AD: [redacted] matériau (acier inoxydable au lieu de plastique renforcé de verre (GRP)) et séparateur triphasé qui [redacted]
- conduite d'eau: [redacted]
- conduite de gaz: [redacted] eaux usées pendant la phase de démarrage) et suppression de la pompe à biogaz en raison de la non-inclusion de la circulation du biogaz double.
- conteneur maritime: [redacted] panneau), magasin de produits chimiques (c'est à dire, réactif acido-basique et nutritif) et chaufferie (c'est à dire, chaleur échangeur et chaudière).

#### Mesure TB3.2 Fabrication de 100 m<sup>3</sup>: Implémentation de l'unité de démonstration Multi-AD et du système de contrôle

La fabrication de la solution technologique LIFE Multi-AD a été réalisée en se concentrant simultanément sur trois éléments différents, fabriqués dans des lieux différents :

- Réacteur multi-AD: le [redacted] 316 acier inoxydable afin d'obtenir un H élevé. Résistant à la corrosion. GRP a été licencié en raison de [redacted].
- conteneur maritime [redacted] tous les matériaux et équipements sont livrés (Figure 21).
- travaux de génie civil, installation d'équipements, ainsi que montage mécanique et électrique: [redacted] l'assemblage mécanique et électrique a été réalisé par le personnel de l'AEMA (Figure 22).



**Graphique 20.**Réacteur LIFE Multi-AD sur le site de INTRANOX (Logroño, ESPAGNE).



**Graphique 21.**Conteneur maritime, qui accueille une chaufferie, dans l'atelier AEMA (Alfaro, ESPAGNE).



**Figure 22.**Installation d'équipements de génie civil, ainsi que montage mécanique et électrique dans la cave AGE (Fuenmayor, ESPAGNE) pour construire l'unité de démonstration LIFE Multi-AD.

De manière générale, le prototype LIFE Multi-AD se compose de :

- *prétraitement*: un ensemble d'éléments destinés à chaque déterminer les caractéristiques physico-chimiques des eaux usées adaptées à leur utilisation le processus anaérobie (tamis rotatif, homogénéisateur, décanteur, conditionnement réservoir et échangeur de chaleur ) .

- processus anaérobie: unités dont l'objectif du groupe était d'atteindre le pa opérationnel paramètres pour l'épuration des eaux usées, ainsi que la valorisation des matières organiques en biogaz ( cuve de mélange, échangeur, mélangeur statique, réacteur anaérobie Multi-AD et réservoir d'effluents )
- conduite de biogaz: définir of éléments ayant pour objectif commun le traitement du biogaz pour valorisation thermique dans le p se lancer lui-même (composé d'une tour de désulfuration, d'un gazomètre, de pots de condensats, d'une soufflante et d'un Chaudière).

Dans ces trois sections principales, un ensemble d'éléments ont été installés qui permettent de contrôler, d'exploiter et de surveiller la solution technologique en toute sécurité (Figure 23) :

- instrumentation: groupe d'éléments pour mesurer, transmettre, contrôler et/ou enregistrer les variables du processus (capteurs de température, pression, DCO, pH, Redox et matières en suspension, contrôleurs, câblage et tableau d'alimentation électrique) .
- santé et sécurité: unités qui visent à assurer l'exploitation sécuritaire de l'usine Multi-AD (vannes, coupe-flammes, douche avec lave-yeux, bassin de rétention de liquide, extracteurs de vapeur, incendie extincteurs) .
- étiquetage: groupe d'éléments utilisés pour l'identification rapide et claire de chacun des les unités prototypes, ainsi que pour faciliter la e explication et compréhension de la technologie ( identification et panneaux explicatifs, flèches ) .

Un plus grand degré de détail sur chacun des composants physiques de l'usine de démonstration LIFE Multi-AD a été présenté dans le livrable **D7** « Rapport sur la construction du 100 m<sup>3</sup>Unité de démonstration Multi-AD ».

Enfin, le manuel d'exploitation du système de contrôle de procédé de la solution technologique LIFE Multi-AD a été décrit dans le Livrable **D8** "Manuel de dessin et d'utilisation du système de contrôle de processus », qui gère tous les équipements contrôlés par le PLC. Les verrouillages, les alarmes et les conditions automatiques ont été traités dans ce manuel, ainsi que tous les numéros d'étiquette du réservoir, de l'équipement, de la vanne et de l'instrument se réfèrent au P&ID LIFE Multi-AD. Le manuel décrivait d'abord comment la partie spécifique du processus devait fonctionner et, ensuite, tous les équipements étaient décrits en détail.

Jalon **M5** "Construction du 100 m<sup>3</sup>Unité de démonstration Multi-AD » et **M6** "FAT pour le contrôle des processus » ont été réalisés avec le développement de cette tâche.

#### 6.1.4. Action B.5 : Expérience de démonstration en environnement réel

Bénéficiaire responsable		Statut	
AEMA		Fini	
Horaire	Date de début	Fin	
26 mois	janvier 2020	Février 2022	
Calendrier en temps réel	Date de début	Fin	
20 mois	novembre 2021	juin 2023	

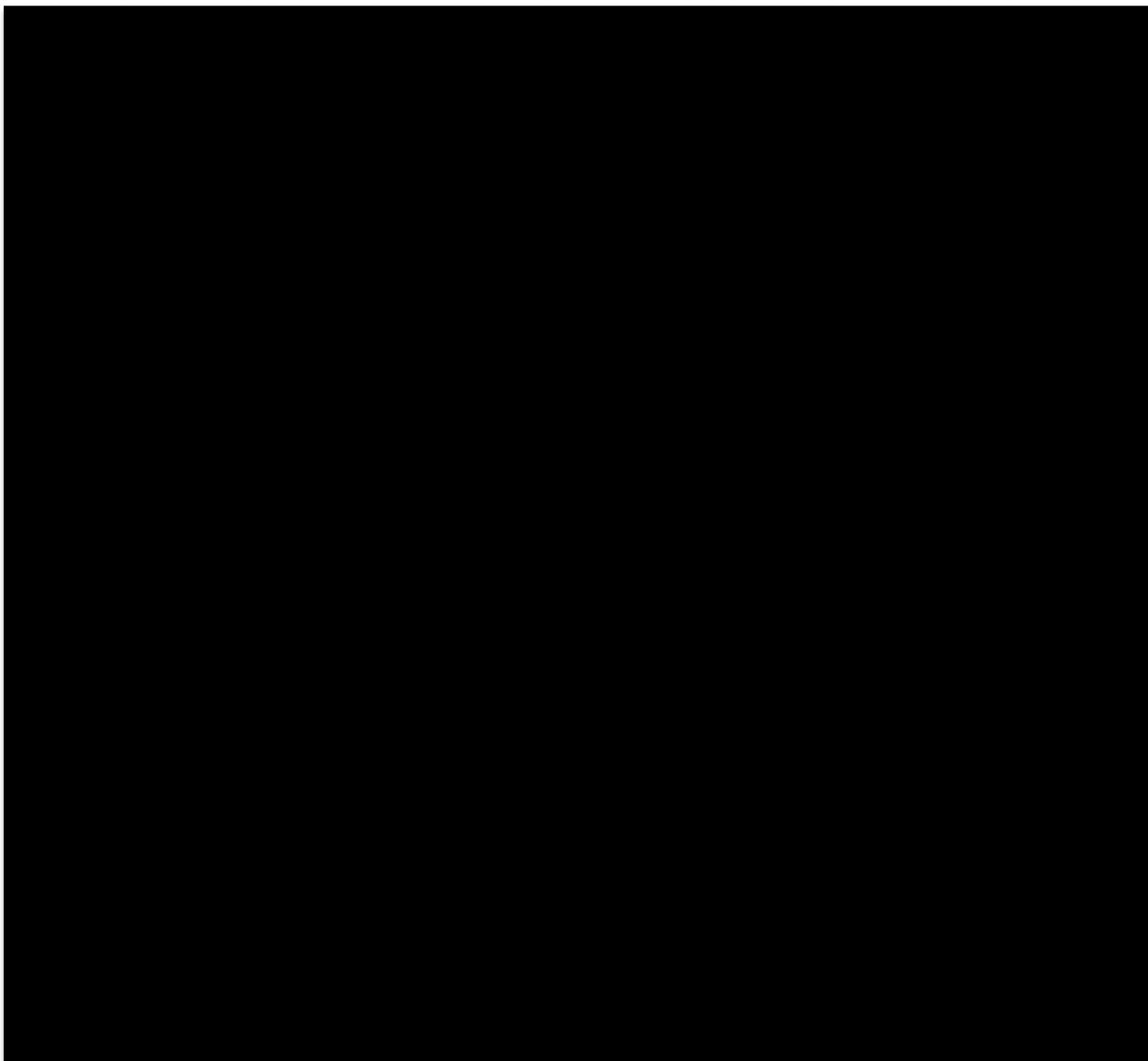
Le but de cette action était de valider en environnement industriel réel les 100 m<sup>3</sup>Unité de démonstration multi-AD intégrée à l'action B3.

#### **Mesure TB4.1 : Démarrage et test du 100 m<sup>3</sup>unité de démonstration à la cave**

Le processus de mise en service a été réalisé en utilisant une approche méthodique pour garantir que tous les composants opérationnels de la solution technologique Multi-AD fonctionnaient comme prévu. Dans un premier temps, un protocole spécifique au démarrage des solutions technologiques Multi-AD a été créé. Ce manuel décrit de manière procédurale les différentes étapes à réaliser pour réaliser une mise en service, une régulation et un équilibrage planifiés des équipements et des systèmes. Ainsi, le démarrage s'est effectué en trois phases consécutives : pneumatique et hydraulique, électromécanique et biologique.

**Phase pneumatique et hydraulique** : Cette phase a été réalisée en réalisant les tests d'étanchéité des équipements et des réservoirs qui composent les conduites d'eau et de gaz conformément à un protocole spécifiquement généré par l'AEMA. Afin de garantir la sécurité de l'exploitation de l'usine, une attention particulière a été portée à la

bon fonctionnement des soupapes de sécurité installées dans la conduite de biogaz et des tubes plongeurs intégrés dans la tête du réacteur anaérobie.



**Graphique 23.**Détails de l'instrumentation LIFE Multi-AD, des éléments de santé et de sécurité et d'étiquetage.

La figure 24 montre l'évolution de la hauteur et de la pression du film d'eau du réacteur Multi-AD, ainsi que de la température ambiante lors d'un  $t_{ig,h}$  test de résistance. Comme on peut le constater sur le graphique, la chute de pression à l'intérieur du réacteur après 48 heures était inférieure à  $m\bar{b}$ , ce qui permet de conclure que, selon le protocole de démarrage, le réacteur présentait une étanchéité appropriée.

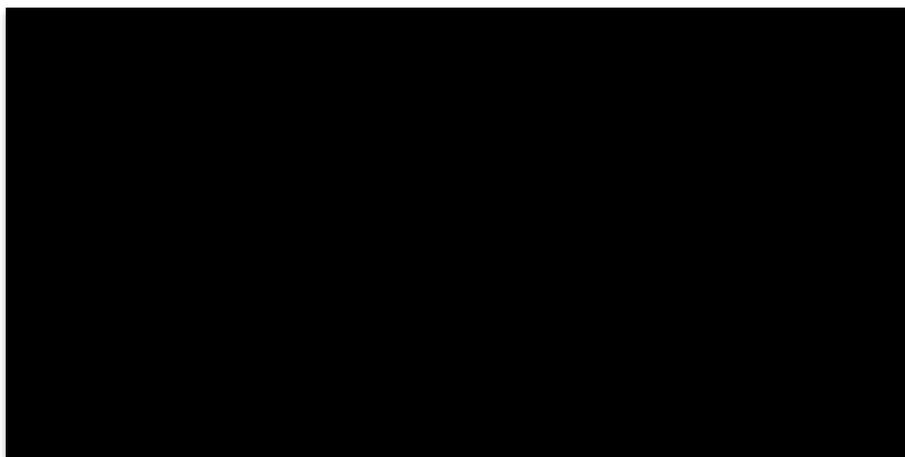


Figure 24. Pression et hauteur du film d'eau du réacteur Multi-AD et température ambiante lors du test d'étanchéité.

**Phase électromécanique :** Cette phase a été réalisée selon la procédure spécialement créée pour cette phase. Ainsi, il a été réalisé un suivi exhaustif de la solution technologique LIFE Multi-AD, vérifiant l'état des matériaux, des équipements, de l'instrumentation, ainsi que la documentation associée. Par la suite, des tests électromécaniques en direct ont été réalisés, vérifiant séquentiellement la mise sous tension de tous les équipements et leur bon fonctionnement. De plus, les différents étalonnages et vérifications nécessaires de l'instrumentation de l'usine ont été effectués.

Enfin, AEMA a supervisé le bon fonctionnement du système d'automatisation et de contrôle de chacun des processus qui composent la solution technologique Multi-AD. Plus précisément, les paramètres de configuration et d'alarme ont été vérifiés en détail, ainsi que le fonctionnement humide de chacun des équipements. À la suite de la phase électromécanique, une liste de contrôle a été générée pour chacun des équipements qui composent la solution technologique LIFE Multi-AD.

**Phase biologique :** Biologie la phase ique a commencé avec le seedi ng de boues granulaires (c'est à dire, 2 000 kg SV ) depuis (le réacteur anaérobie de Bodegas JGC (Daimiel, ESPAGNE) afin d'augmenter la rapidité et la robustesse du démarrage (Figure 25). Ce fait est particulièrement pertinent dans un réacteur anaérobie à charge élevée tel que Multi-AD, principalement en raison des faibles taux de croissance et de granulation de la biomasse anaérobie.

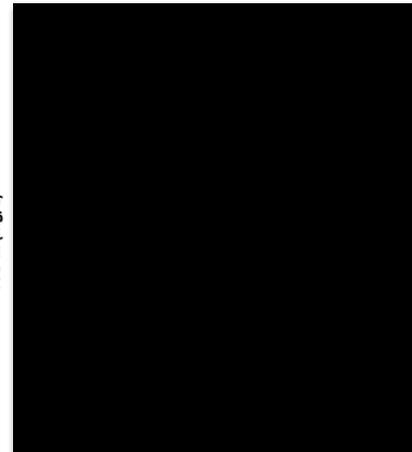
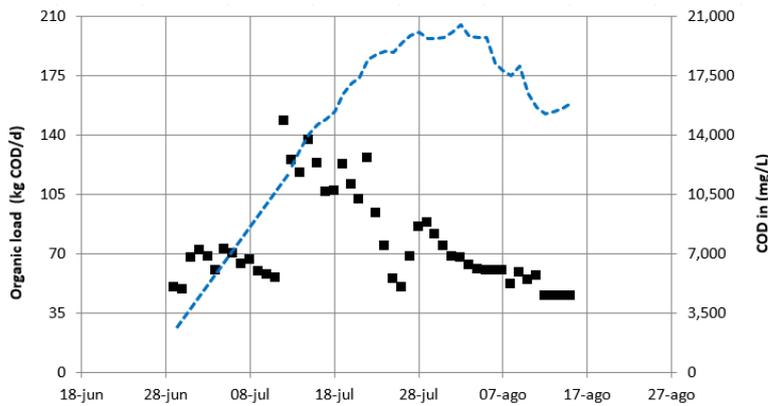


Graphique 25. Images du processus d'ensemencement du réacteur Multi-AD.

Une fois la biomasseensemencée, la charge hydraulique et organique du réacteur Multi-AD a été augmentée afin d'obtenir une adaptation rapide des boues granulaires anaérobies aux eaux usées à traiter (Figure 26). Il est important de noter que, durant cette période, le prototype a été soigneusement surveillé pour assurer une charge spécifique dans l'eau à traiter. AEMA a accordé une attention particulière aux caractéristiques physico-chimiques de l'effluent, ainsi qu'aux paramètres du processus de digestion anaérobie.

Concrètement, la solution technologique a été alimentée avec des charges allant jusqu'à 10 % des valeurs de conception : 200 kg DCO/j. La charge a été augmentée une fois que le Multi-AD a atteint un état stable pendant plusieurs cycles hydrauliques.

les temps de rétention, c'est à dire, les paramètres de procédé sélectionnés ont atteint une valeur constante (dégradation de la DCO >80 % et AGV <200 mg/L). Des informations plus détaillées sur la phase de démarrage ont été décrites par LivrableD9 « Démarrage sur l'unité de démonstration installée ».



**Figure 26.** Evolution de la charge organique (ligne pointillée bleue) et de la DCO dans l'affluent (cercle noir) tout au long du processus de démarrage, ainsi que des images des eaux usées de la cave.

Par ailleurs, pendant la période de démarrage, une formation a été dispensée au personnel qui exploitait et contrôlait l'usine. De cette manière, des actions de formation et d'information ont été réalisées sur la santé et la sécurité des installations de biogaz (ATEX UNE 60079-14+UNE 60079-17), le fonctionnement et l'entretien des conduites de biogaz, les principes fondamentaux des processus anaérobies, ainsi que le contrôle et exploitation de l'usine LIFE Multi-AD (Figure 27).



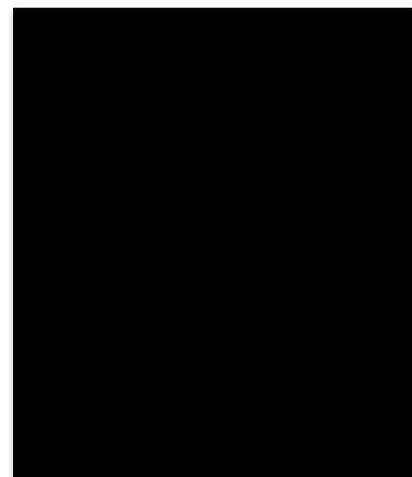
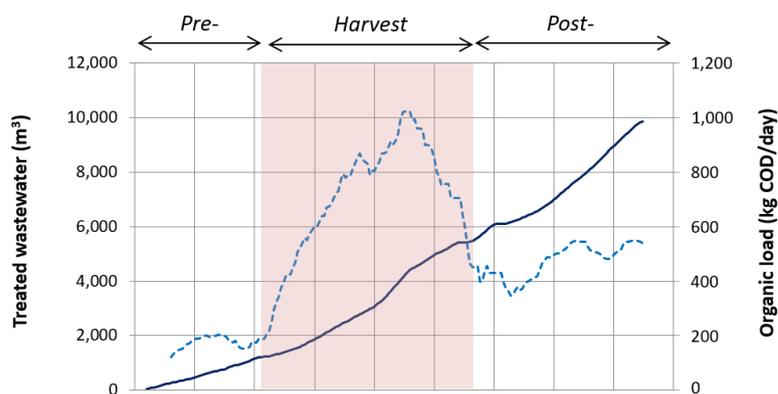
**Graphique 27.** Photos des actions de formation et d'information du personnel opérationnel du LIFE Multi-AD.

JalonM7"«L'adaptation des boues granulaires et la réaction anaérobie stable » ont été réalisées avec le développement de cette tâche.

**Mesure TB4.2 : Exécution des procédures de tests et Mesure TB4.4. Validation de la conception finale**

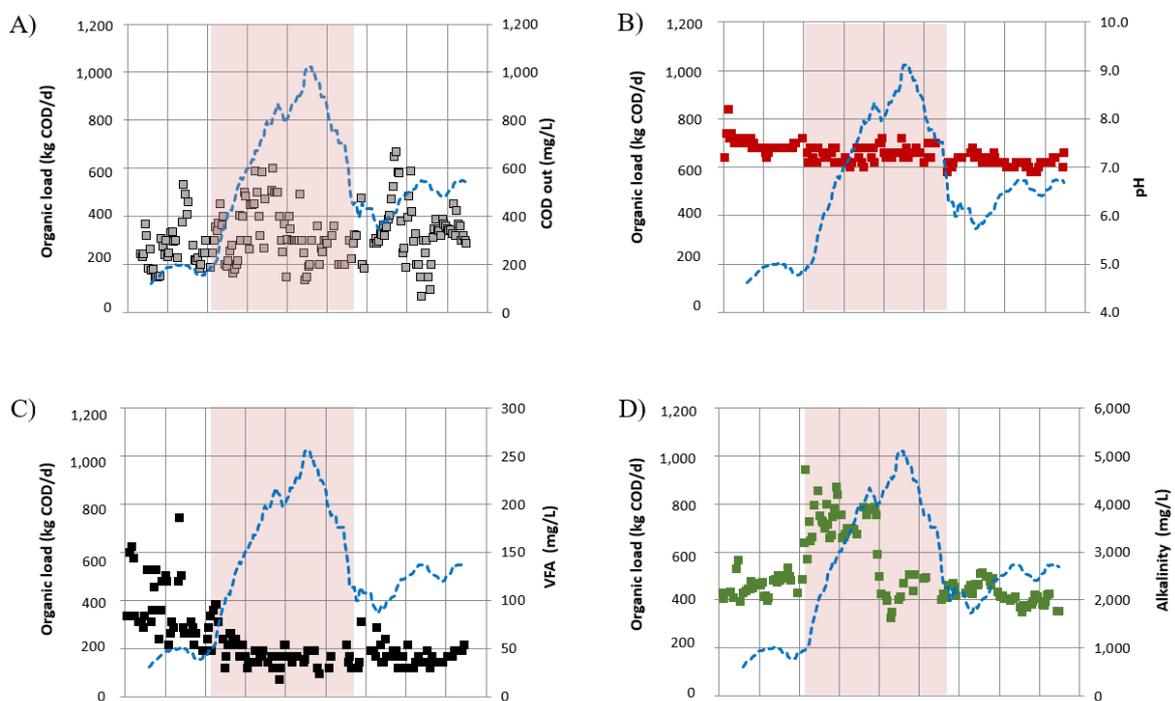
La solution technologique Multi-AD a fonctionné en mode continu (24 heures sur 24, 7 jours sur 7) pendant douze mois : période de pré-récolte, de récolte et de post-récolte. Durant cette phase de démonstration, le réacteur anaérobie a traité 10 088 m<sup>3</sup> d'eaux usées de cave avec 112 214 kg de DCO.

**Évaluation technique du procédé anaérobie :** Malgré la variabilité des influents, la quantité de matière organique a été progressivement augmentée de 200 à 1 000 kg de DCO/jour grâce à une stratégie de contrôle basée sur la DCO, qui faisait fonctionner automatiquement la solution technologique Multi-AD à charge organique constante au moyen d'un bilan de masse sur le réacteur anaérobie (Figure 28).



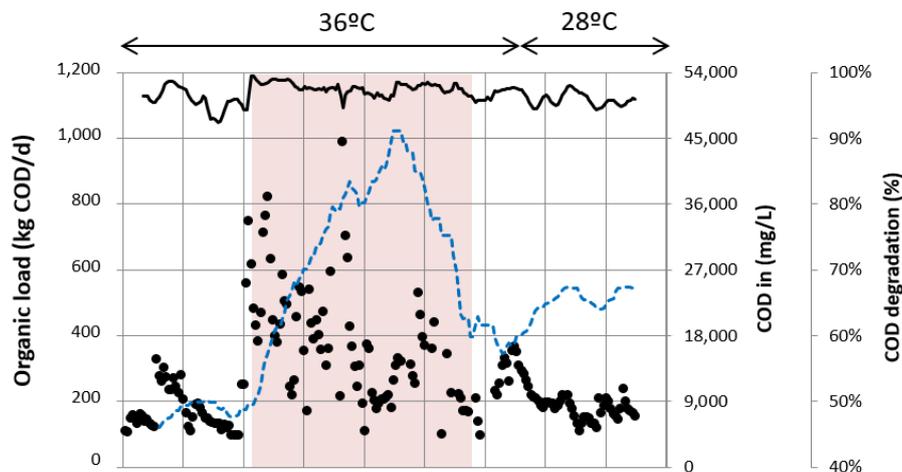
**Graphique 28.** Evolution des eaux usées traitées (ligne bleu foncé) avec la charge organique (ligne pointillée bleue) tout au long du temps de fonctionnement continu dans la solution technologique Multi-AD. Image

L'augmentation prévue de la charge organique a eu lieu une fois que le réacteur anaérobie a atteint l'état d'équilibre. Ainsi, les valeurs des paramètres de procédé suivants ont été évaluées : pH (6,8-7,2), alcalinité (>1 000 mg CaCO<sub>3</sub>/L), AGV (<200 mg/L) et DCO (<800 mg/L). La figure 29 montre que le pH, l'alcalinité et les AGV avaient des valeurs optimales pour le processus de digestion anaérobie, ce qui montre que le dispositif Multi-AD n'a connu aucun épisode de déstabilisation ou de surcharge.



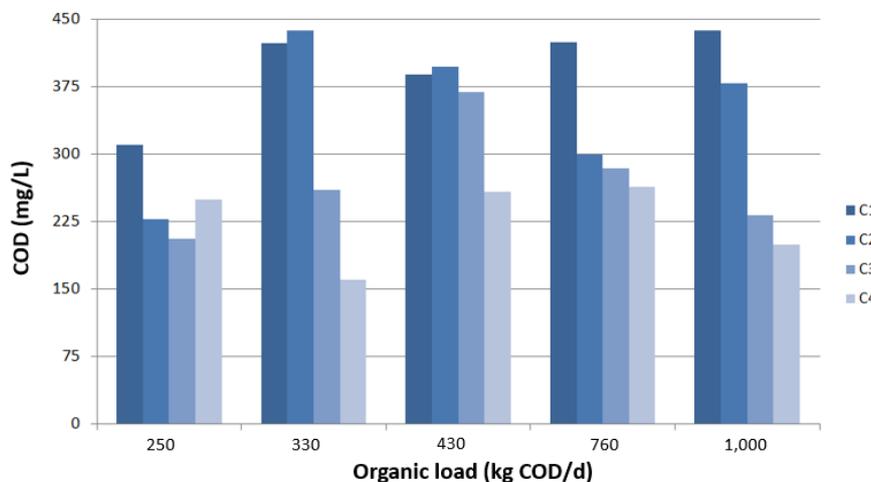
**Graphique 29.** Evolution de la DCO (carré gris), du pH (carré rouge), du VFA (carré foncé) et de l'alcalinité (carré vert) avec la charge organique (ligne pointillée bleue) tout au long du temps de fonctionnement continu dans la technologie Multi-AD.

Il est important de noter que la concentration en DCO des effluents a toujours été inférieure à 700 mg/L pendant la période de validation, quelles que soient les températures de fonctionnement (*c'est à dire*, 36 ou 28°C). Ce fait, compte tenu de la concentration de DCO dans l'influent, a entraîné une efficacité de dégradation moyenne supérieure à 95 % (Figure 30). Ces résultats sont en ligne avec les études antérieures sur ce type d'eaux usées.



**Graphique 30.** Evolution de la DCO dans l'affluent (cercle noir) et dégradation de la DCO (ligne sombre) tout au long du temps de fonctionnement continu dans la solution technologique Multi-AD.

La figure 31 montre qu'il y a eu une diminution de la matière organique soluble dans les chambres du réacteur Multi-AD. On peut donc constater qu'il y a eu une conversion progressive, chambre par chambre, conformément à l'objectif de conception d'un réacteur à plusieurs étages, où chaque chambre se comportait comme un réacteur à cuve agitée continue (CSTR). Ce fait peut indiquer qu'un réacteur Multi-AD était capable d'atteindre de meilleurs taux de dégradation pour le même volume qu'un réacteur anaérobie conventionnel tel que l'UASB.

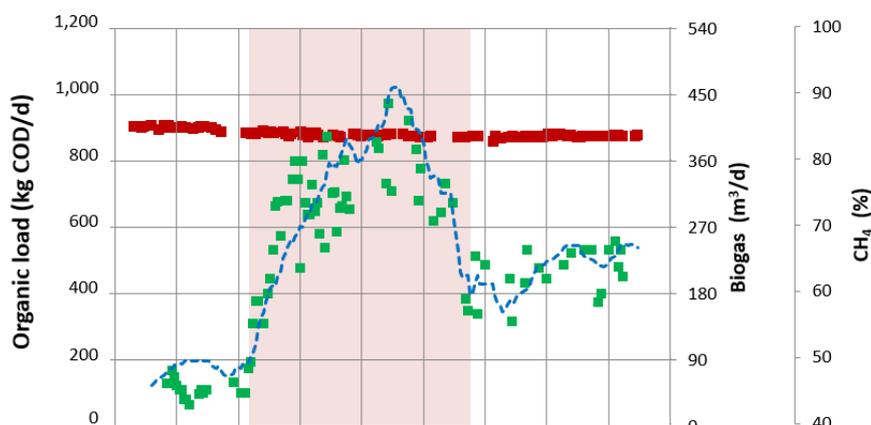


**Graphique 31.** Evolution de la DCO soluble des eaux usées dans l'ensemble du réacteur Multi-AD (*c'est à dire*, chambres) à différentes charges organiques.

Le procédé de digestion anaérobie réalise une valorisation de la matière organique aboutissant à la production de biogaz. La figure 32 montre le débit et la composition du biogaz selon différentes charges organiques. L'augmentation de la charge organique a produit une augmentation notable du débit de biogaz, qui a atteint des valeurs maximales de 450 m<sup>3</sup>/jour. En fait, la dégradation Multi-AD des eaux usées des caves a généré une conversion de biogaz de 0,36 m<sup>3</sup>/kg DCO éliminée, avec une production de biogaz de 3,3 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>-jour à la charge organique étudiée la plus élevée (*c'est à dire*, 1 000 kg/j).

Le gaz combustible généré après la technologie Multi-AD était caractérisé par une valeur moyenne de méthane de 84 %. Il est à noter que l'augmentation de la charge organique n'a pas produit de variations notables dans la composition du biogaz, dont la teneur moyenne en méthane était supérieure à 80 %. Forte concentration en sulfure d'hydrogène jusqu'à 3 000 ppm, polluant du biogaz qui a été éliminé par le bioépurateur. Plus précisément, le

La tour de désulfuration a obtenu un rendement d'élimination supérieur à 99 % et, par la suite, une concentration de sulfure d'hydrogène dans le biogaz traité inférieure à 10 ppm.



**Figure 32.** Evolution de la DCO dans l'affluent (cercle noir) et dégradation de la DCO (ligne sombre) tout au long du temps de fonctionnement continu dans la solution technologique Multi-AD.

Enfin, il est important de souligner qu'un suivi physico-chimique a été effectué au niveau de l'usine de démonstration ainsi que des tests en laboratoire par AGUAS RIOJA, LABORATORIOS ALFARO (laboratoire accrédité) et AGE Winery. Ce fait met en évidence la robustesse des données obtenues.

**Évaluation économique du procédé anaérobie :** Tout au long de l'exploitation continue de l'usine Multi-AD, la consommation de produits chimiques ainsi que d'autres ressources liées à l'énergie, telles que le diesel et l'électricité, ont été enregistrées (tableau 1).

**Tableau 1.** Consommation de composés chimiques et d'autres ressources pendant le processus de fonctionnement continu. On a considéré : 10 088 m<sup>3</sup>d'eaux usées traitées et 121 tn de DCO.

Composants chimiques	Montant total	Montant relatif	
		Volume	Charge organique
Sosa	<u>15 772 kg</u>	<u>1 563 kg/m<sup>3</sup></u>	<u>140,55 kg/tonne</u>
Acide hydrochlorique	<u>28 kg</u>	<u>0,003 kg/m<sup>3</sup></u>	<u>0,22 kg/tonne</u>
Urée	<u>840 kg</u>	<u>0,083 kg/m<sup>3</sup></u>	<u>7,48 kg/tonne</u>
Acide phosphorique	<u>212 kg</u>	<u>0,021 kg/m<sup>3</sup></u>	<u>1,89 kg/tonne</u>
Chlorure ferrique	<u>3 kg</u>	<u>&lt;0,001 kg/m<sup>3</sup></u>	<u>0,03 kg/tonne</u>
Micronutriments (TE-310)	<u>20 kg</u>	<u>0,002 kg/m<sup>3</sup></u>	<u>0,18 kg/tonne</u>
Autres ressources		Volume	Charge organique
Diesel	<u>1 775 litres</u>	<u>0,176 L/m<sup>3</sup></u>	<u>15,82 L/tonne</u>
Énergie électrique	<u>33 290 kWh</u>	<u>3,30 kWh/m<sup>3</sup></u>	<u>339 kWh/tonne</u>

Parmi les composés chimiques, la soude est le principal réactif utilisé comme contreéqui en raison du faible pH des effluents provenant de la cave. La technologie Multi-AD avait des exigences de 1.563 kg/m<sup>3</sup> de w traités après. Ailette En outre, il est à noter que la centrale a eu une consommation électrique constante au cours de la période. euh ange 150-170 kWh/jour indépendant du débit d'eau traitée. Ce fait a entraîné des consommations de kWh/m<sup>3</sup>.

Des informations plus détaillées sur le test en cours ont été décrites dans le Livrable **J10** « Rapport avec les conclusions du test du 100 m<sup>3</sup> unité de démonstration ». Les conclusions obtenues pendant la période de validation ont permis d'atteindre Milestone **M8** « Le 100 m<sup>3</sup>L'unité de démonstration installée atteint les résultats attendus » de cette tâche.

#### **Mesure TB4.3 : Refonte et optimisation du passage à l'échelle**

Les résultats obtenus tout au long du fonctionnement continu de l'unité de démonstration ont été constamment analysés par le consortium afin de mener un processus d'amélioration continue de la solution technologique Multi-AD.

Cette évaluation a permis de détecter 26 challenges, qui ont été étudiés en détail afin d'identifier la solution à mettre en œuvre pour améliorer Multi-AD (Tableau 2). En effet, 42% des problèmes ont eu lieu dans la filière biogaz, ce qui met en évidence le niveau amélioré de connaissance du consortium dans le développement industriel de technologies basées sur des processus anaérobies. Il est également important de noter que neuf défis étaient liés aux aspects de sécurité et de santé (deux directement et sept indirectement), qui devraient être considérés comme des enjeux prioritaires pour les futures centrales Multi-AD.

D'autre part, la conception technique était la principale tâche à améliorer puisque plus de 70 % des défis étaient une conséquence de son activité. Le reste des tâches (*c'est à dire* conception des équipements, assemblage mécanique et programmation) ne totalisent que cinq problématiques.

**Tableau 2.**Liste des problèmes de la technologie Multi-AD, identifiés au cours de la phase de démonstration.

Code	Problème	Indiquer	Tâche
# 1	<u>Captage du pompage des eaux usées</u>	<u>Ligne d'eau</u>	<u>Conception technique</u>
#2	<u>Pompage à double régulation</u>	<u>Ligne d'eau</u>	<u>Conception technique</u>
#3	<u>Nettoyage COD-1</u>	<u>Ligne d'eau</u>	<u>Conception d'équipement</u>
#4	<u>Stockage de l'acide chlorhydrique</u>	<u>Sécurité et santé</u>	<u>Conception technique</u>
#5	<u>Homogénéisation en cuve de conditionnement</u>	<u>Ligne d'eau</u>	<u>Conception technique</u>
#6	<u>Coup de bélier avec fermeture FCV-3</u>	<u>Système de contrôle</u>	<u>La programmation</u>
# 7	<u>Fonctionnement continu/discontinu</u>	<u>Système de contrôle</u>	<u>La programmation</u>
#8	<u>Défaut dans le transmetteur de pression de niveaux</u>	<u>Électrique</u> <i>article</i>	<u>Conception d'équipement</u>
#9	<u>Chutes de pression du mélangeur statique</u>	<u>Ligne d'eau</u>	<u>Conception technique</u>
# dix	<u>Assemblage de réacteur multi-AD</u>	<u>Ligne d'eau</u>	<u>Assemblage mécanique</u>
#11	<u>Zone d'inspection du séparateur triphasé</u>	<u>Ligne d'eau</u>	<u>Conception technique</u>
#12	<u>Mauvaise conception du point de support rétractable</u>	<u>Sécurité et santé</u>	<u>Conception technique</u>
#13	<u>Réglage erroné de la pression dans les tubes plongeurs</u>	<u>Ligne bioqaz</u>	<u>Conception technique</u>
#14	<u>Souffleur d'air à micro-aération</u>	<u>Ligne bioqaz</u>	<u>Conception technique</u>
#15	<u>Trous d'épingle de soudage de conduites de bioqaz</u>	<u>Ligne bioqaz</u>	<u>Assemblage mécanique</u>
#16	<u>Blocage de la tour de désulfuration</u>	<u>Ligne bioqaz</u>	<u>Conception technique</u>
#17	<u>Conception CIP</u>	<u>Ligne bioqaz</u>	<u>Conception technique</u>
#18	<u>Purge automatique pour éliminer les condensats</u>	<u>Ligne bioqaz</u>	<u>Conception technique</u>
#19	<u>Soufflage double qazomètre</u>	<u>Ligne bioqaz</u>	<u>Conception technique</u>
#20	<u>Intégration d'un réservoir de gaz dans une conduite de bioqaz</u>	<u>Ligne bioqaz</u>	<u>Conception technique</u>
#21	<u>Point d'installation erroné du débitmètre</u>	<u>Ligne bioqaz</u>	<u>Conception technique</u>
#22	<u>Soufflante d'étanchéité de chaudière</u>	<u>Ligne bioqaz</u>	<u>Conception technique</u>
#23	<u>Enregistrement du temps de fonctionnement de la chaudière/torche</u>	<u>Système de contrôle</u>	<u>La programmation</u>
#24	<u>Dimensionnement des fusées</u>	<u>Ligne bioqaz</u>	<u>Conception technique</u>
#25	<u>Conception d'armoire de puissance</u>	<u>Électrique</u> <i>article</i>	<u>Conception technique</u>
#26	<u>Armoire de climatisation</u>	<u>Électrique</u> <i>article</i>	<u>Conception technique</u>

Livrable **J11** "Le rapport sur l'optimisation du système de conception et de contrôle Multi-AD » contenait une fiche technique de chacun des problèmes, identifiant son emplacement dans le P&ID, ainsi que décrivant l'incident et l'action requise pour le résoudre.

#### 6.1.4. Action B.5 : Outil de conception de réacteur anaérobie

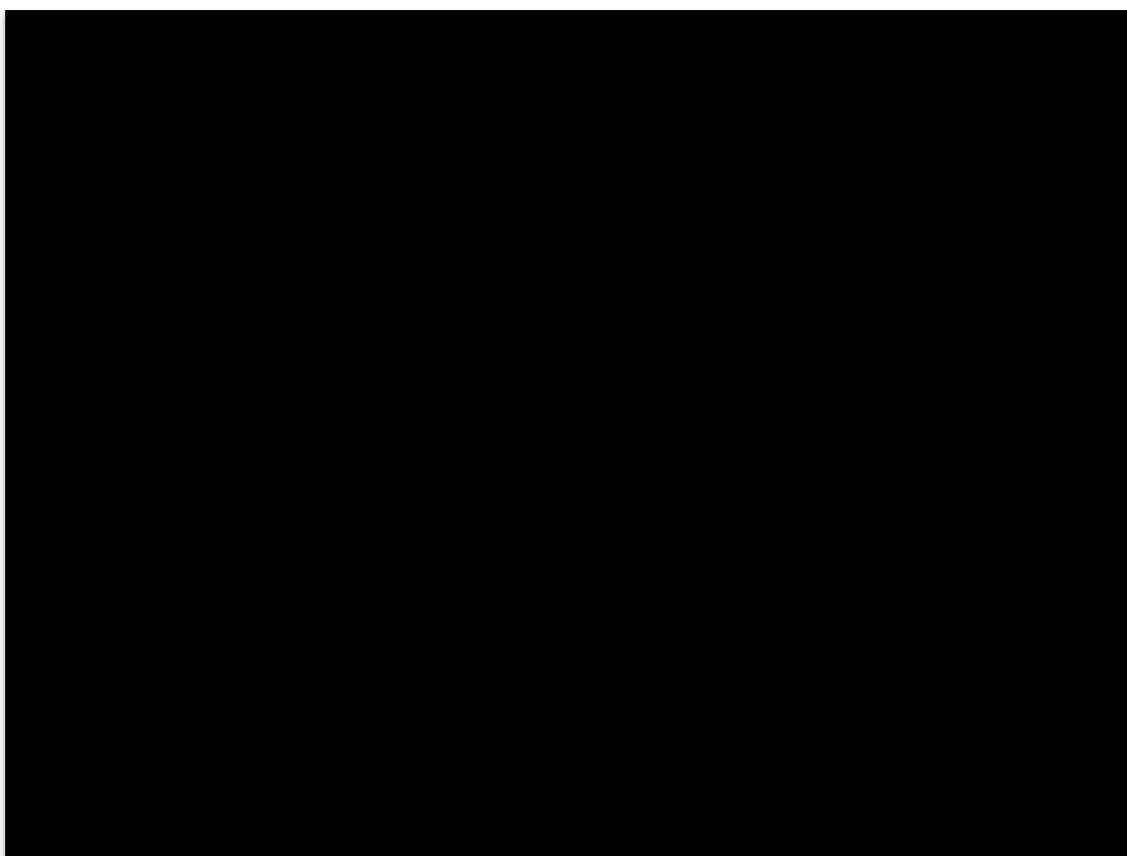
Bénéficiaire responsable		Statut	
ITAINNOVA		Fini	
Horaire	Date de début	Fin	
26 mois	janvier 2020	Février 2022	
Calendrier en temps réel	Date de début	Fin	
48 mois	janvier 2020	juin 2023	

L'objectif de cette action était de développer un outil de conception pouvant être utilisé pour pré-concevoir et optimiser de nouveaux dispositifs Multi-AD, en tenant compte de tous les paramètres pertinents.

#### **Mesure TB5.1 : Analyse des besoins des utilisateurs**

Plusieurs modèles de solutions technologiques sont inclus dans la boîte à outils puisque l'usine conçue doit être adaptée à l'industrie F&D (*c'est à dire*, débit et caractéristiques des eaux usées), ainsi qu'aux exigences de la destination finale du rejet (*c'est à dire*, collecteur, où les eaux usées seront finalement traitées dans une STEP municipale ou dans un plan d'eau naturel tel qu'une rivière ou un lac).

La combinaison de deux géométries de réacteur Multi-AD (*c'est à dire* [redacted] èmes différents pour le traitement du biogaz (*c'est à dire* [redacted] configurations de post-traitement (*c'est à dire*, en fonction du COD:N:P quittant le système Multi-AD) ont été présentés dans cette action. Tous ces éléments peuvent être combinés pour développer la conception d'usine la plus adéquate. Jusqu'à 48 configurations d'usine différentes ont pu être obtenues en combinant les possibilités concernant le traitement des eaux usées, les géométries des réacteurs Multi-AD et les traitements du biogaz évalués dans l'outil de conception (Figure 33).

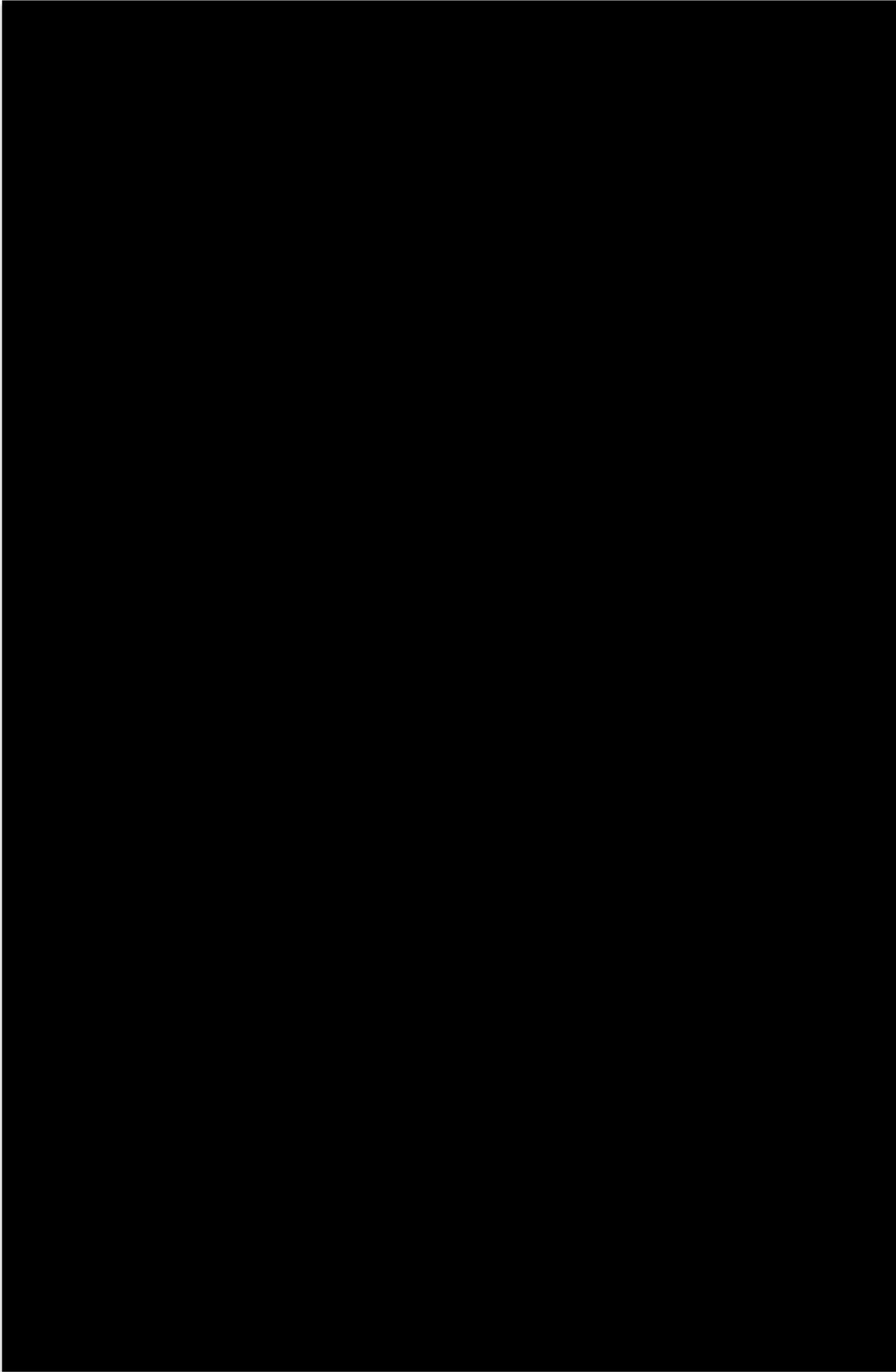


**Figure 33.** Différentes configurations de la solution technologique LIFE Multi-AD sont définies.

Une méthodologie et un logiciel de modélisation sont configurés (*c'est à dire*, Python pour la modélisation, données importées/exportées vers fichiers .csv ou excel et modèle modulaire) afin de définir toutes les entrées et sorties nécessaires à la conception de nouvelles solutions technologiques (layout, paramètres de procédé, bilans de masse et d'énergie ou restriction d'instrumentation).

#### **Mesure TB5.2 : Simulation et analyse de données**

Les modèles des sous-systèmes qui composent la solution technologique LIFE Multi-AD sont définis et créés (Figure 34). Entre autres, le modèle de réacteur Multi-AD doit être souligné en raison de sa nouveauté. Il a intégré le modèle biochimique ADM1 (Anaerobic Digestion Model No.1) avec le modèle hydrodynamique en temps réel (Reduced Order Model, ROM). Ce modèle sera amélioré en utilisant les données obtenues lors de la campagne expérimentale avec laquelle le modèle amélioré piloté par les données (DDIM) pour le mélange et l'élutriation sera développé.

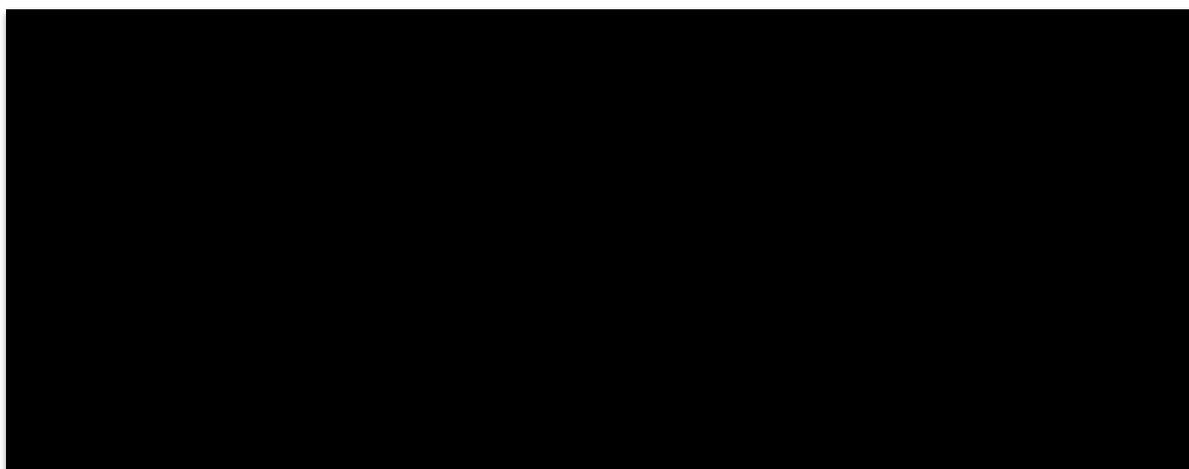


**Figure 34.** Equations de chacun des modules qui composent la solution technologique LIFE Multi-AD.

**Modèle hydrodynamique en temps réel :** Une ROM en temps réel a été développée pour introduire la simulation CFD dans le module réacteur. Cette ROM a été construite en suivant ces étapes :

- *définition du plan d'expériences virtuel (DOE).* L'outil de génération de DOE était basé sur une bibliothèque précédemment développée par ITAINNOVA visant à fournir des DOE optimaux en fonction des caractéristiques du modèle.
- *création de flux de travail.* Un workflow a été créé pour lancer les lots de simulations CFD dans une infrastructure HPC.
- *développement du ROM.* Une fois les résultats CFD obtenus, un outil d'analyse de données haute performance (HPA) développé par ITAINNOVA a été utilisé et adapté pour analyser les données des simulations. L'outil HPA est basé sur des techniques de factorisation tensorielle.

**Modèle biochimique :** ADM1, largement utilisé pour la modélisation des installations de production de biogaz, a été implémenté dans l'outil développé suite à une simplification récemment publiée (Figure 35).



**Figure 35.** Procédure systématique de simplification du modèle ADM1 (Weinrich et Nelles, 2021).

Il est important de noter que ce modèle a été amélioré en l'intégrant à la fois aux résultats de mélange du modèle hydrodynamique et aux données expérimentales. Dans cette optique, ce modèle amélioré basé sur les données (DDIM) des phénomènes biochimiques et hydrodynamiques intégrés a permis un meilleur calcul de la composition de l'eau traitée, ainsi que du débit et de la composition du biogaz.

Livrable J12 "Modèles de systèmes de modèles d'usine définis conjointement par AEMA et ITAINNOVA" ont expliqué en détail toutes les informations décrites ci-dessus. Toutes ces connaissances générées permettent de franchir le cap M9 "Réduire le modèle de commande (ROM)".

#### **Mesure TB5.3 : Collecte de données à partir d'expériences de démonstration de prototypes de 100 L**

Le prototype 100 L a été modifié afin d'obtenir une similitude de conception avec 100 m<sup>3</sup> unité de démonstration installée dans AGE Winery (*c'est à dire*, réacteur et ligne de traitement de l'eau) dans le but d'évaluer la capacité du réacteur Multi-AD à traiter les eaux usées des industries de transformation des légumes (Figure 35). La collecte de données a été effectuée afin de valider le modèle, ainsi que de générer une base de données pour alimenter le logiciel « Outil de conception de réacteur anaérobie ».

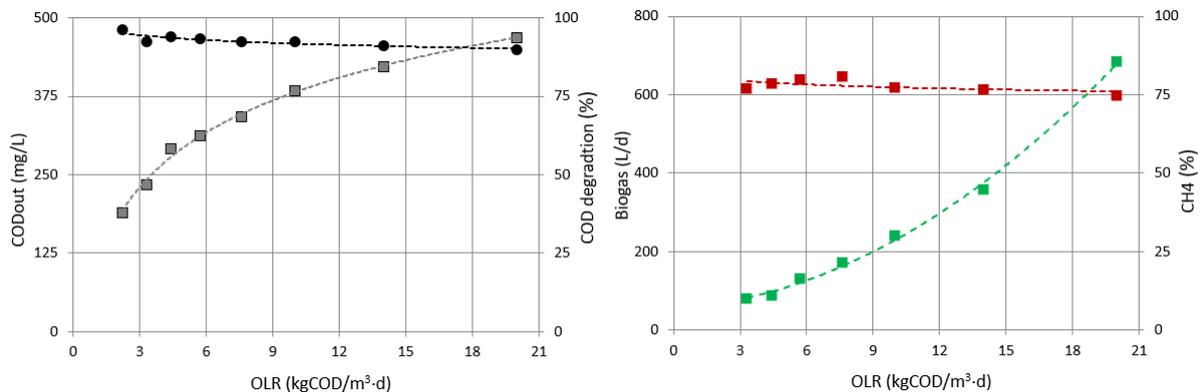
**Évaluation technique du procédé anaérobie :** Le prototype a fonctionné en mode continu, 24 heures par jour et 7 jours par semaine. Pendant la phase de démonstration, le taux de charge organique (ORL) a été progressivement augmenté de 2 à 20 kg DCO/m<sup>3</sup>·d (*c'est à dire*, 200 à 2 000 g DCO/jour). L'augmentation prévue de l'OLR a eu lieu une fois que le réacteur anaérobie a atteint l'état stable en fonction des paramètres du procédé tels que le pH, l'alcalinité, les VFA et la DCO.

Le réacteur Multi-AD a montré des performances de dégradation de la matière organique très élevées. En particulier, comme le montre la figure 36, des taux d'élimination supérieurs à 90 % ont été démontrés. Ainsi, bien qu'une augmentation de la DCO de l'effluent anaérobie ait été observée avec l'augmentation de l'ORL, ce fait n'est pas provoqué par une diminution notable de la capacité de dégradation du réacteur mais par l'augmentation notable de la charge organique à traiter.

Le réacteur anaérobie a réalisé une valorisation de matière organique aboutissant à la production de biogaz : 0,33 m<sup>3</sup>/COD supprimé. La figure 37 montre le débit de biogaz et la composition du méthane avec l'ORL augmentant. L'augmentation de l'ORL a entraîné une augmentation du flux de biogaz généré. Il est à noter que cette augmentation de la charge volumétrique n'a pas produit de variations notables dans la composition du biogaz, qui avait une teneur minimale en méthane de 75 %.

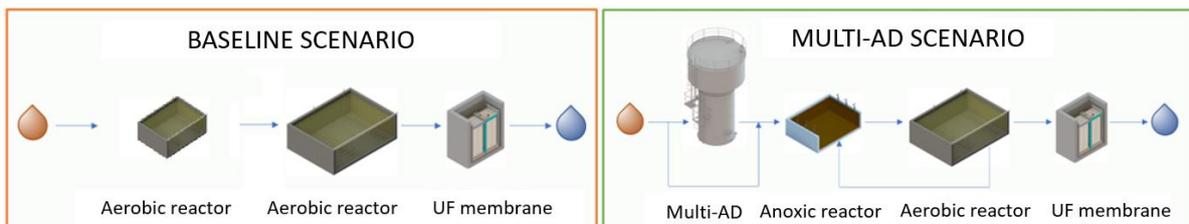


**Figure 36.** Solution technologique 100 L LIFE Multi-AD installée chez AEMA (Alfaro) et dimension réacteur anaérobie.



**Figure 37.** Evolution de la DCO dans l'effluent (carré gris), dégradation de la DCO (cercle noir), débit de biogaz (carré gris) et pourcentage de méthane (carré rouge) tout au long du taux de charge organique (ORL).

**Évaluation du scénario :** Les résultats obtenus dans la phase expérimentale ont permis d'évaluer la faisabilité technique de l'intégration de la solution Multi-AD dans les STEP de l'industrie de transformation de légumes, dans laquelle la dégradation de la matière organique est réalisée au moyen d'un processus biologique aérobie (*c'est à dire*, scénario base-aérobie) (Figure 38).



**Figure 38.** Résumé graphique des deux scénarios analysés : scénario de base et Multi-AD.

Le scénario Multi-AD consiste en une ligne de process modifiant la STEP actuelle, intégrant, en aval de l'homogénéisateur, une canalisation de 450 m<sup>3</sup> réacteur anaérobie. Le réacteur anaérobie, conçu pour les charges volumétriques

de 20 kg/m<sup>3</sup>.d et débits journaliers maximaux de 1 250 m<sup>3</sup>, permet de traiter durablement des charges organiques allant jusqu'à 9 000 kg DCO/j avec un TRH minimum de 9 h. Il est important de noter que la chaîne de procédé n'a pas pris en compte qu'un réacteur Multi-AD traitait le flux d'eaux usées car, du fait de ses performances de dégradation : DCO élevée et faible teneur en azote. Dans cette ligne, l'intégration du paquet technologique Multi-AD dans la STEP à l'étude a nécessité l'intégration d'un processus anoxique-aérobie afin de réaliser l'élimination de l'azote jusqu'à des concentrations permettant de respecter les limites de rejet dans les cours d'eau.

La comparaison théorique des scénarios, basés sur les procédés aérobies et Multi-AD, a montré que l'intégration du système anaérobie réduit la consommation énergétique de la STEP industrielle de 60 %, ainsi que la production de boues de 71 % (Tableau 3).

**Tableau 3.** Scénario de référence de consommation d'énergie et de production de déchets (aérobie) et Multi-AD (anaérobie).

Consommation	Scénario					Variation
	Base		Multi-AD		Total	
	Aérobique	Anaérobie	Anoxique	Aérobique		
Énergie électrique (kWh/kg DCO)	1,0	0,1		1,0		
Énergie électrique (kWh/kg N)			2,8			
Énergie électrique totale (kWh/j)		913	737	2 738		
Énergie électrique (kWh/m <sup>3</sup> )						60%
Boues (kgDCOboues/kgDCO)		0,05				
Boues (kgVS/kgDCO)	0,70			0,70		
Boues (kgVS/kgN)			1,0			
Boues (kgVS/kgTS)						
Boues (kgTS/j)		762	310	2 058		
Boues (kgTS/m <sup>3</sup> )						71%

#### Mesure TB5.4 : Développement d'interface graphique et de services Cloud

Les modèles de simulation susmentionnés ont été intégrés dans l'outil de conception, ce qui a abouti à une interface logicielle robuste et conviviale pour évaluer la faisabilité et optimiser la conception des réacteurs Multi-AD. Ce nouvel outil logiciel permet aux utilisateurs de simuler et d'évaluer plusieurs configurations de réacteurs, paramètres de processus et caractéristiques des eaux usées pour trouver la solution la plus efficace.

Les principales fonctionnalités de l'outil de conception incluent :

- *caractérisation des eaux usées*: les paramètres des eaux usées pertinents sont des entrées de l'outil ; ainsi, les utilisateurs peuvent évaluer l'efficacité du réacteur Multi-AD pour leur contexte agro-industriel spécifique.
- *configuration du réacteur*: l'outil a permis aux utilisateurs d'explorer les réacteurs Multi-AD pour trois rapports diamètre-hauteur différents et de comparer les résultats correspondants en termes de paramètres géométriques et de procédé.
- *production de biogaz*: l'ADM implémenté dans l'outil de conception permet d'évaluer le potentiel de production de biogaz, en estimant la quantité et la qualité du biogaz généré à partir des propriétés déclarées des eaux usées.

La création de l'outil de conception a impliqué un processus de développement logiciel dont le but était d'obtenir un outil robuste et utilisable pouvant être facilement intégré aux systèmes productifs de l'AEMA. Ainsi, le logiciel Design Tool était constitué d'un fichier Excel au format .xlsm lié à un script Python. Le fichier Excel a servi d'interface utilisateur (Figure 39), fournissant une plate-forme populaire permettant aux utilisateurs de saisir les données et de configurer les paramètres pour une analyse rapide des scénarios.

De plus, le format .xlsm prenait en charge les macros requises pour lier Python et Excel. Connectées au fichier Excel, les fonctions du script Python représentaient le moteur de calcul. Les bibliothèques robustes de Python lui ont permis de traiter les données d'entrée, d'effectuer des calculs itératifs complexes et de fournir des résultats précis. Pour cette raison, Python était un outil approprié pour la mise en œuvre efficace du modèle de conception de réacteur anaérobie. La figure 40 montre un organigramme de Design Tool pour un rapport D/h donné à titre d'exemple.

Cet outil étant destiné à être utilisé dans un contexte industriel, les fonctionnalités suivantes pour la conception de ce logiciel doivent être prises en compte :

- *facile à utiliser*: tous les utilisateurs cibles de l'outil de conception de réacteurs anaérobies, tels que les ingénieurs, les chercheurs et les praticiens impliqués dans le traitement des eaux usées agro-industrielles, avec différents niveaux d'expertise, doivent être capables de travailler avec le logiciel.
- *interchangeabilité*: de nombreuses industries s'appuient déjà sur Excel comme outil largement utilisé pour l'analyse des données et le reporting. Par conséquent, l'outil de conception est devenu compatible avec les flux de travail existants et a facilité l'inclusion de l'outil dans leurs processus.
- *précis*: l'objectif principal de l'outil était d'évaluer les performances des conceptions de réacteurs anaérobies pour le traitement des eaux usées qui permettaient aux utilisateurs de prendre des décisions éclairées concernant la conception, l'exploitation et l'optimisation des réacteurs Multi-AD.

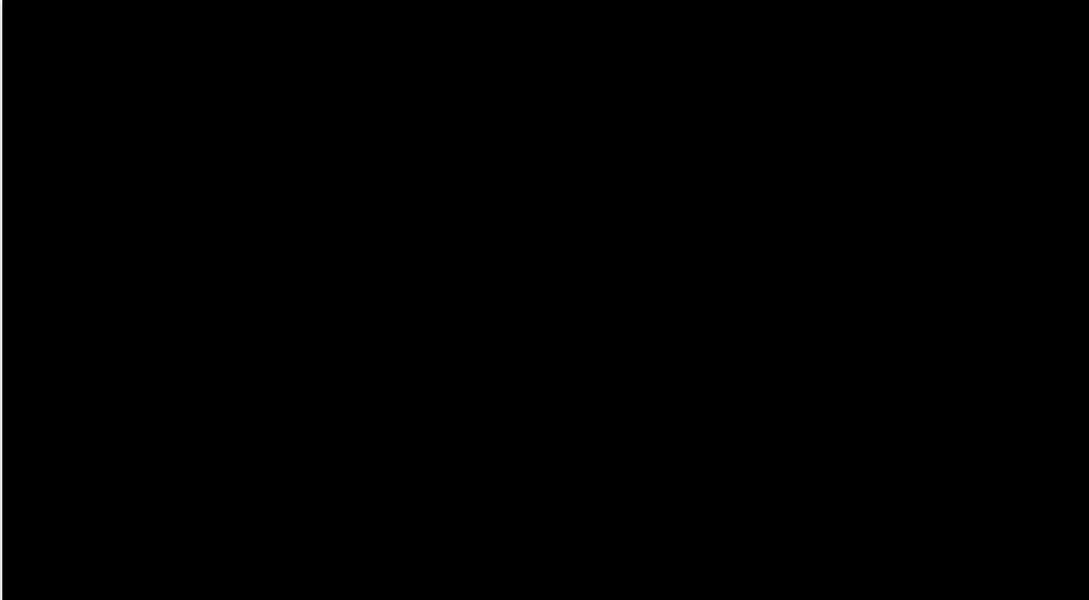
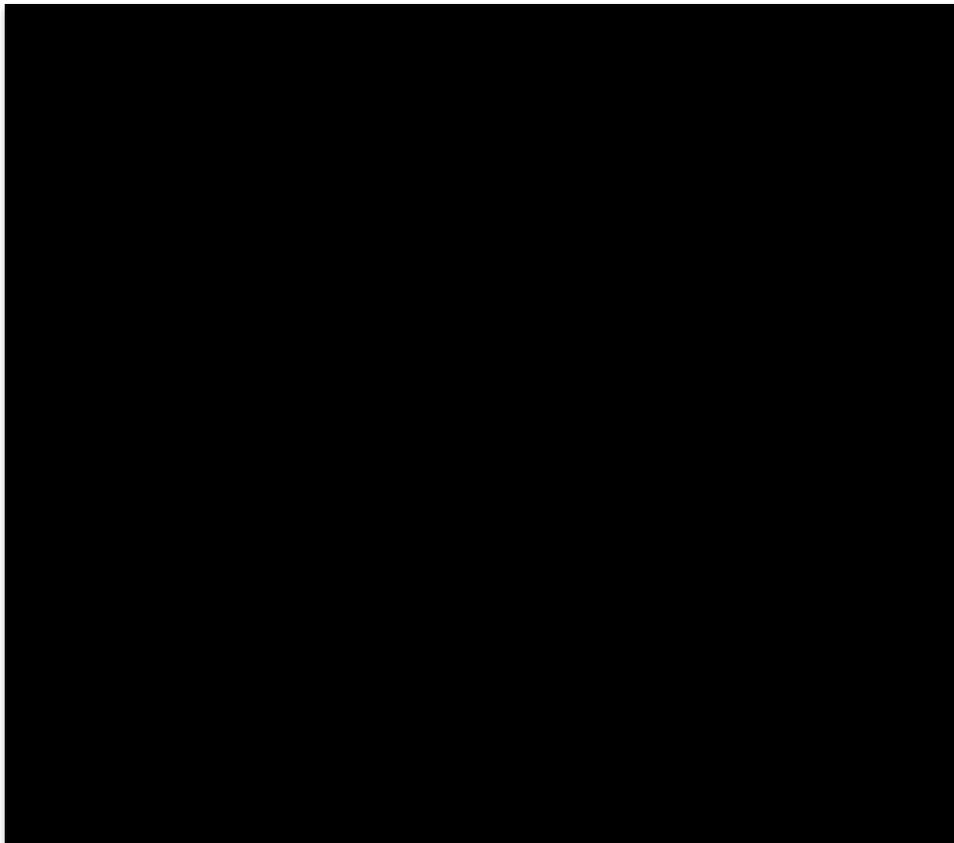


Figure 39. Interface de l'outil de conception.



Graphique 40. Organigramme de l'outil de conception pour un rapport D/h donné

Livrable J13 "Application basée sur le Web et interface graphique » a expliqué en détail toutes les informations décrites ci-dessus. Les connaissances générées dans cette activité lui ont permis de franchir le cap M10 "Outil de conception de réacteur anaérobie ».

#### 6.1.5. Action B.6 : Préparation du lancement sur le marché

Bénéficiaire responsable		Statut	
AEMA		Fini	
Horaire	Date de début	Fin	
20 mois	juillet 2020	Février 2022	
Calendrier en temps réel	Date de début	Fin	
40 mois	juillet 2020	juin 2023	

L'objectif était de développer une stratégie commerciale nationale et internationale et de prendre en charge les tâches de réglementation et de protection des connaissances afin de garantir que la technologie Multi-AD soit conforme à la réglementation et aux normes de sécurité correspondantes de l'UE et qu'elle puisse être exploitée.

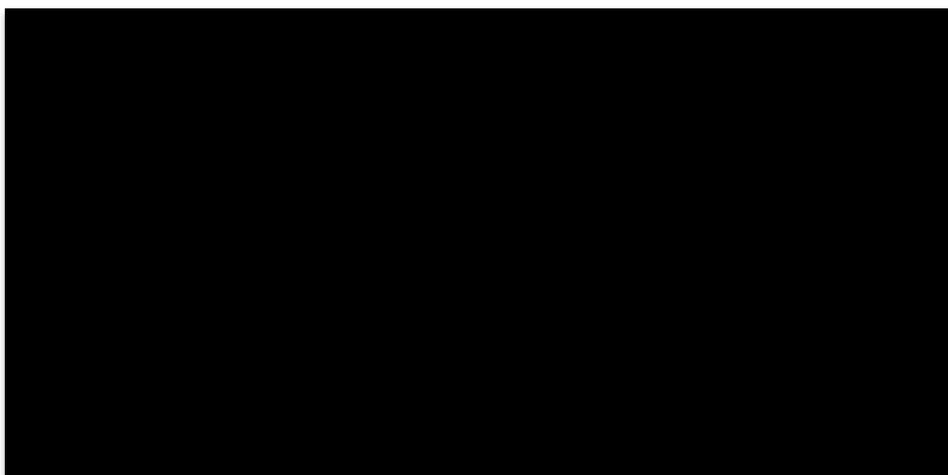
#### Mesure TB6.1 : Stratégie de commercialisation et étapes préparatoires à la commercialisation

**Analyse du retour sur investissement (ROI) :** Parmi tous les clients d'AEMA (>600 références dans le secteur F&D), sept représentants ont été sélectionnés et analysés et intégrés à la technologie Multi-AD dans leur établissement : Uvésa (abattoir de viande), Monteverde (laiterie), Bodegas AGE, Viñedos de Aldeanueva et la grotte de Bodegas (boisson - cave), Cortès et Ferba (légumes en conserve).

Le groupe de sociétés sélectionné se caractérise par :

- représentant chaque sous-secteur de l'industrie F&D.
- étant de préférence des PME, qu'elles appartiennent ou non à un groupe d'entreprises.
- avoir un défi environnemental qui peut être surmonté avec l'intégration de Multi-AD.
- rejeter les eaux traitées soit vers les égouts municipaux, soit vers le plan d'eau public.
- se localiser le plus près possible du siège d'AEMA afin de réduire les OPEX et les CAPEX
- avoir la capacité financière de réaliser un investissement de solutions technologiques Multi-AD.

Le retour sur investissement a été utilisé pour évaluer l'efficacité ou la rentabilité de l'investissement Multi-AD pour un client potentiel sélectionné. Les valeurs ont montré une forte variabilité due aux caractéristiques spécifiques de chaque étude de cas, cependant il est possible d'identifier une tendance selon le sous-secteur étudié (Figure 41).



**Graphique 41.** Retour sur investissement (ROI) pour les clients potentiels Multi-AD sur 10 ans par secteur de l'alimentation et des boissons : boissons (rouge), conserves (vert), abattoir de viande (jaune) et produits laitiers (bleu).

L'investissement dans Multi-AD pourrait être rapidement amorti par les deux entreprises du secteur des légumes en conserve. Valeurs du retour sur investissement close à 400% et des périodes de retour d'environ deux ans ont été atteintes sur l'étude de cas de Ferba et Cortès. Les deux sociétés se caractérisent par des coûts opérationnels élevés associés à

réactif consommé (c'est-à-dire, oxygène liquide) et gestion des boues, principalement associées à la saison des pêches (Ferba) et pois (Cortès).

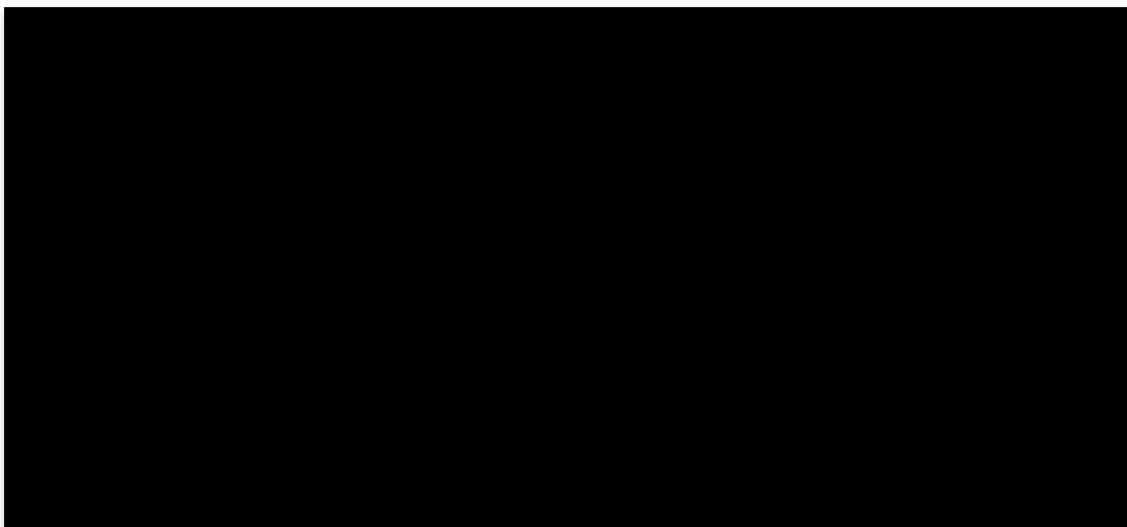
En revanche, dans le sous-secteur des boissons, les établissements vinicoles (AGE, Viñedos et Cave) ont un retour sur investissement compris entre 8 et 56% avec un retour sur investissement gilet en périodes bentre 6h et d 9 ans, alors que les entreprises liées à l'abattage (toisés) et à la laiterie (Monteverde) le sous-secteur avait un faible retour sur investissement et un retour sur investissement élevé investissement : <5%.

Livrable **J14** "ROI pour les clients de Multi-AD" décrit en détail les dépenses d'investissement et d'exploitation, ainsi que l'analyse du retour sur investissement.

**Plan d'affaires** : Tout d'abord, une analyse détaillée de l'aperçu du marché européen de la technologie des eaux usées anaérobies a été réalisée dans une perspective macro. Ce fait a permis d'identifier les moteurs, les contraintes, les opportunités, les tendances, la faisabilité des investissements sur le marché, les orbites d'opportunités, entre autres.

La figure 42 montre l'analyse PEST (politique, économique, sociale et technologique), une méthode de gestion qui examine l'effet que des événements ou des influences extérieures peuvent avoir sur les performances de notre « entreprise » LIFE Multi-AD. Focus sur l'impact technologique, que le consortium a influencé avec la solution technologique LIFE Multi-AD :

- *impact positif de technologies telles que Multi-AD*. Cela a un impact positif grâce au développement de nouvelles tendances et de technologies plus avancées. Une technologie qui devrait aboutir à une STEP plus efficace ainsi qu'à un réacteur plus réalisable.
- *l'impact négatif est surmonté grâce à Multi-AD*. Installation incorrecte ou inefficace opérée par une main d'œuvre non qualifiée pouvant affecter le fonctionnement de la STEP ou provoquer des nuisances. Cet impact devrait entraver la croissance du marché. Par conséquent, LIFE Multi-AD a généré des connaissances pour faciliter le bon fonctionnement de la solution technologique grâce à des manuels techniques et à une automatisation complète.



**Graphique 42.** Analyse PEST du traitement anaérobie des eaux usées.

De plus, une segmentation de ce secteur global a été réalisée en fonction du type de produit (c'est à dire, UASB, EGSB et IC), secteur vertical (c'est à dire, aliments et boissons, papier et chimie) et les pays (c'est à dire, Allemagne, France, Royaume-Uni, Russie, Italie, Espagne et reste de l'Europe).

D'autre part, une micro perspective a été réalisée. Plus précisément, l'analyse du marché a été réalisée en tenant compte t cibler le client (c'est à dire, PME F&D), taille du marché ( c'est à dire, 442 millions d'euros de chiffre d'affaires et 294 000 entreprises ), croissance (c'est à dire, en baisse lente), la segmentation du marché (aucun de tous les sous-secteurs F&D produire des eaux usées à traiter par Multi-AD) et la pénétration potentielle du marché (c'est à dire, 0,001% pour les micro, 0,02% pour les très petites, 0,22% pour les petites et 2,2% pour les moyennes entreprises).

Enfin, l'analyse des alternatives technologiques actuelles au Multi-AD a détecté une lacune du marché comblée pour les processus anaérobies appliqués au secteur de l'alimentation et des boissons. En effet, l'AEMA, en tant que responsable de

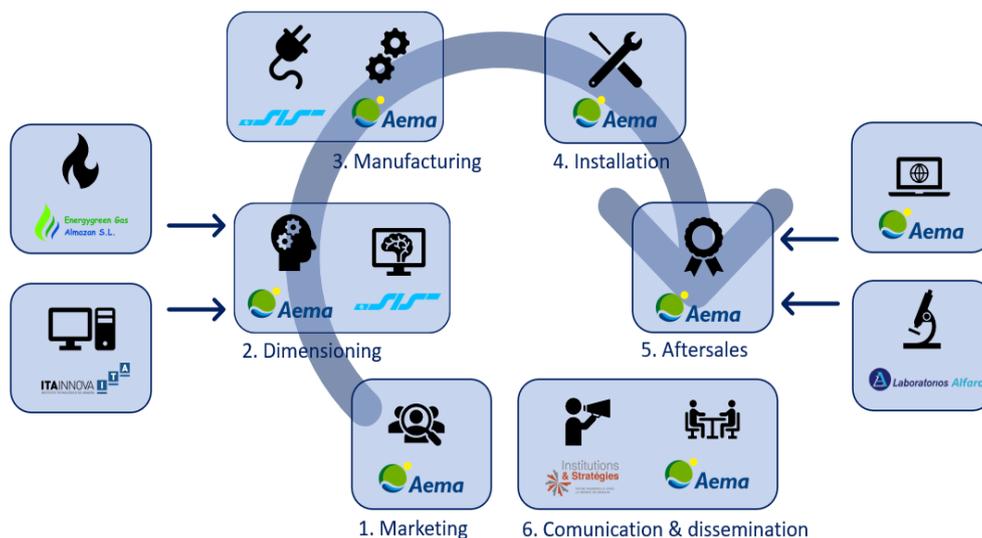
commercialisation de Multi-AD, a été la première entreprise à proposer une solution disruptive et rentable spécialement conçue pour les PME. En raison de la position actuelle de l'AEMA dans le secteur F&D, elle avait les moyens de la développer industriellement et de la commercialiser. De plus, le produit Multi-AD offre le meilleur rapport qualité/prix : 66 % moins cher en moyenne que la méthode actuelle (procédé aérobique) (Tableau 4).

**Tableau 4.** Comparaison de Multi-AD avec des alternatives de pointe.

	Traitement aérobique	Traitement anaérobie	Muti-AD
Volume du réacteur	<500 m <sup>3</sup>	Moyenne : 2 500 m <sup>3</sup>	De 25 à 1 000 m <sup>3</sup>
Temps de traitement	72-144 heures	3-25 heures	3-25 heures
Dégradation de la pollution	99%	80-90%	> 95%
Génération de boues	0,4 kg MS/kg DCO	0,01 kg MS/kg DCO	0,01 kg MS/kg DCO
Commodité d'utilisation	facile mais cher	facile et cher	son calibrage automatique
Impact environnemental	est transporté dans des camions	boues qu'aérobies processus	boues qu'aérobies processus
Cout d'opération	4-5 €/mois <sup>3</sup>	2-3 €/mois <sup>3</sup>	2-3 €/mois <sup>3</sup>
Prix d'achat			

Toutes ces connaissances ont été utilisées pour élaborer la procédure de mise sur le marché de la technologie Multi-AD, le calendrier de mise en œuvre, la stratégie commerciale et la rentabilité :

- *Procédure de mise sur le marché de Multi-AD.* Il a été défini en six étapes, chacune apportant son savoir-faire individuel. L'appareil Multi-AD qui sera commercialisé sera développé en collaboration avec d'autres partenaires intégrant le consortium, et pour ce faire, chacun d'eux apportera son savoir-faire individuel (Figure 43).



**Graphique 43.** Procédure de mise sur le marché des solutions technologiques Multi-AD.

- *Calendrier de mise en œuvre et stratégie commerciale.* Les solutions technologiques multi-AD doivent atteindre le marché de manière efficace afin d'avoir un large impact. Un calendrier préliminaire a été défini comportant six étapes de développement de la technologie (tableau 5).

**Tableau 5.** Calendrier de mise en œuvre de 2030 à 2040.

Year	Stage	Place	Potential market	Strategy

- *ventes*. Ils ont été prédits en fonction du marché vers lequel une solution technologique Multi-AD s'adresse (*c'est à dire* , taille de l'entreprise, année ou stade d'expansion) (tableau 6). 164 appareils Multi-AD pourraient potentiellement être utilisés par le marché européen dans les sept ans suivant le projet, générant un volume de ventes total de millions d'euros. Ce nombre de réacteurs 107 représente 0,06 % du nombre total de PME agroalimentaires en Europe. La plupart des réacteurs Multi-AD pourraient être installés dans des entreprises de taille moyenne (*c'est à dire*, 135 appareils), soit 2,21% des entreprises de cette taille.

**Tableau 6.** Prévisions de ventes de solutions technologiques Multi-AD de 2024 à 2030.

Sector	Micro SMEs <sup>1</sup>		Very small SMEs <sup>2</sup>		Small SMEs <sup>3</sup>		Medium SMEs <sup>4</sup>		SMEs	
	Units	€	Units	€	Units	€	Units	€	Units	€

- *rentabilité*. ROI de 1,125% coude devrait être atteint en 2030. Envisager un investissement du consortium dans le projet LIFE Multi-AD t de 875 757 € (c'est à dire, 2 177 143 € - coûts totaux éligibles - moins 1 301 386 € - contribution UE) La valeur du retour sur investissement serait inférieure à trois ans.

Des informations plus détaillées ont été décrites dans le Livrable **J15** "Plan d'affaires". Ce livrable nous a permis d'atteindre le Milestone **M11** "Plan d'affaires" de cette tâche.

**Plan de répliquabilité et de transférabilité :** Le consortium a élaboré un plan de répliquabilité et de transférabilité afin de faciliter le déploiement de Multi-AD à grande échelle, transfrontalier et transsectoriel. Cette action a été grandement facilitée par le fait que le projet a démontré que la solution technologique Multi-AD est un projet « proche du marché ».

À cette fin, le consortium a défini un calendrier dans lequel les trois premières étapes sont essentielles pour parvenir à la répliquabilité et à la transférabilité de la solution technologique Multi-AD :

- *Étape de lancement de AGE Winery*. L'objectif était de mener un processus d'amélioration continue de l'installation pour les futures usines Multi-AD. Les appareils Multi-AD traiteront toutes les eaux usées du chai, ainsi que les autres effluents des industries environnantes pendant les périodes hors saison afin de maximiser la capacité de traitement du système anaérobie. De plus, Multi-AD sera un pôle d'innovation pour les procédés anaérobies (*par exemple*, futures initiatives de R&D ou formations spécialisées)

ainsi que l'usine de démonstration en opération pourront être visitées par les futurs clients pour faciliter le processus de vente.

- **Expansion en Espagne.** Dans la première période, l'entrée sur le marché se fera avec des PME agroalimentaires de la vallée de l'Èbre, qui est le principal pôle de production alimentaire d'Espagne. La cible sont les PME du secteur agroalimentaire, c'est-à-dire les entreprises qui ne génèrent pas suffisamment de volumes d'eaux usées pour justifier l'investissement dans des réacteurs anaérobies à grande échelle. Les entreprises analysées dans le cadre de l'étude ROI se verront proposer la solution technologique. Dans une deuxième période, la pénétration se fera dans le reste du marché espagnol, en accordant une attention particulière aux PME F&B qui déchargent leurs déchets auprès des collecteurs municipaux et qui exigent la construction d'une nouvelle station d'épuration où les retours sur investissement seront plus favorables.
- **Passez à la scène Roumanie.** En 2026, Multi-AD pénétrera pour la première fois sur un marché en dehors de l'Espagne. La Roumanie, en plus d'être le marché local d'un partenaire du consortium, est l'un des plus grands producteurs de vin d'Europe. Un autre fait important est le potentiel de croissance qui s'établit sur ce territoire en raison de la nécessité de nouvelles installations de traitement dans les caves. En tenant compte de la stratégie internationale, AEMA construira un réseau de vente local intégré par un groupe d'entités collaboratrices. Elle sera coordonnée par une équipe de deux délégués commerciaux internationaux de l'AEMA. Les délégués commerciaux élargissent également le réseau de vente local.

Les enseignements tirés au cours du projet doivent être pris en compte afin de parvenir à une exécution satisfaisante de la transférabilité et de la répliquabilité du Multi-AD. Par ailleurs, plusieurs outils devraient également être utilisés pour atteindre l'objectif du plan tels que les actions de diffusion (*par exemple*, page Web, activités de formation, vidéo, médias sociaux, entre autres), pré-conceptions *in silico* (c'est à dire, à l'aide de « l'outil de conception de réacteur anaérobie »), test pilote de 100 L auprès de l'utilisateur final ou nouveau projet de R&D.

Des informations plus détaillées ont été trouvées dans le livrable **17** "Plan de répliquabilité et de transférabilité".

### Mesure TB6.2 : Gestion des DPI

La documentation requise pour obtenir la protection des droits de propriété intellectuelle (DPI) dans toute l'Europe a été réalisée sous le numéro de demande EP23382586.8 : Réacteur pour système anaérobie multi-étages haute performance (Figure 44). Le consortium comptait sur l'aide de la société espagnole PROTECTIA pour gérer la demande de DPI puisque cette société était chargée de remplir la demande de brevet ES-2541078-B1, à l'origine du projet.



**Graphique 44.** Capture d'écran du formulaire de demande de brevet et de l'accusé de réception de l'Office européen des brevets (OEB).

En outre, AEMA et ITAINNOVA travaillent sur la gestion des DPI de l'outil de conception de réacteur anaérobie par un enregistrement de propriété intellectuelle sur le [www.safecreative.org](http://www.safecreative.org) plate-forme.

Toute la documentation générée dans le processus de gestion des DPI faisait partie du livrable **J16** "Actions de gestion des DPI et certification ».

### **Mesure TB6.3 : Acquisition de la certification nécessaire au lancement sur le marché**

Les solutions technologiques Multi-AD ont obtenu la certification CE, ce qui signifie que le produit est conforme aux normes européennes en matière de santé, de sécurité et de protection de l'environnement. Le marquage CE est requis pour les produits vendus dans l'Espace économique européen (EEE), mais on le retrouve également sur les produits vendus ailleurs qui ont été fabriqués selon les normes de l'EEE. Le marquage CE indique que le produit peut être commercialisé librement dans n'importe quelle partie de l'EEE, quel que soit son pays d'origine.

La documentation requise pour obtenir la certification CE a été soigneusement détaillée afin d'obtenir le marquage de la solution technologique Multi-AD réalisée. Toute cette documentation est regroupée dans deux fichiers que vous pourrez retrouver en annexes :

- *Manuel d'instructions*: le document contient des instructions d'installation, d'utilisation et de maintenance des produits Multi-AD. Le manuel intègre la déclaration de conformité CE, qui contient toutes les informations pertinentes pour permettre l'identification des directives applicables, ainsi que les coordonnées du fabricant (*c'est à dire*, AEMA) et produit Multi-AD.
- *manuel du dossier technique*: le document destiné à fournir des informations sur la conception, la fabrication et le fonctionnement du produit. Le dossier technique doit être conservé au moins 10 ans à compter de la date de fabrication du produit.

La figure 45 montre différentes représentations du marquage CE installé dans l'unité de démonstration localisée chez AGE Winery.



**Graphique 45.** Imagine le marquage CE installé dans la solution technologique Multi-AD installée dans AGE Winery.

Livrable **J16** "Actions de gestion des DPI et certification » contenaient les documents générés pour obtenir le marquage CE.

### 6.1.6. Action C.1 : Surveillance

Bénéficiaire responsable		Statut	
SIS		Fini	
Horaire	Date de début	Fin	
42 mois	Octobre 2018	Février 2022	
Calendrier en temps réel	Date de début	Fin	
54 mois	Octobre 2018	juin 2023	

L'objectif de cette action était de veiller à contrôler régulièrement la conformité des évolutions en Multi-AD afin d'assurer un écart minimal possible par rapport aux valeurs visées.

### **Action TC1.1 : Évaluation de l'impact environnemental**

Douze indicateurs ont été définis afin d'évaluer l'impact environnemental des actions de mise en œuvre du projet, qui peuvent être classés en 4 groupes :

- Réduction/substitution de substance dangereuse
  - Liquide d'oxygène
  - Acide phosphorique
  - Urée
  - Flocculant

- Un soda
- La gestion des déchets
  - Génération de boues
  - Eaux usées traitées
  - DCO dans les effluents
- Énergie
  - Consommation d'énergie
  - Production d'énergie renouvelable
- GES
  - Empreinte carbone
  - Biogaz généré

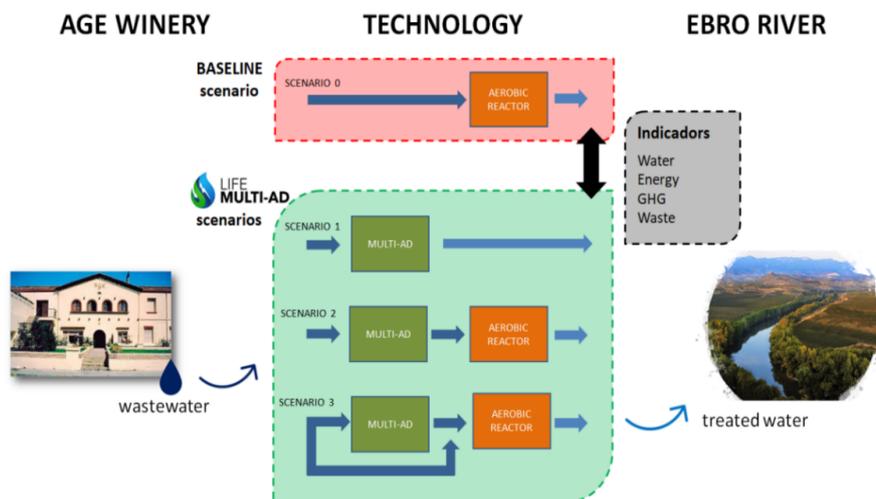
La STEP d'AGE Winery a été définie comme scénarios de référence afin d'évaluer l'impact du projet LIFE Multi-AD. La STEP industrielle existante comporte deux lignes de traitement : eau et boues (Figure 46). La ligne de traitement de l'eau est composée de :

- *traitement primaire*: séparation physique par tamis rotatif, ainsi qu'égalisation et neutralisation par réservoir tampon.
- *traitement secondaire*: traitement biologique réalisé par procédé à boues activées dans deux bassins aérobies différents. Tout d'abord, un réservoir à charge élevée, dans lequel l'oxygène liquide est utilisé, puis un réservoir à faible charge, dans lequel l'air est transféré à la phase liquide. Enfin, le réacteur aérobie et le module de membrane d'ultrafiltration composent un bioréacteur à membrane (MBR).



Graphique 46. P&ID de la STEP industrielle existante d'AGE Winery.

Les données et informations collectées, les indicateurs et les paramètres de performance du projet ont été calculés afin d'évaluer la contribution du système LIFE Multi-AD à la réduction des émissions de polluants à effet de serre et dangereux et à la consommation d'énergie. Les bénéfices mesurés ont été comparés à la référence actuelle et aux attentes définies au stade de la proposition : 3 scénarios LIFE Multi-AD différents (Figure 47).



Graphique 47. Résumé graphique de l'action TC1.1 Surveillance de l'impact environnemental du LIFE Multi-AD.

Les résultats de l'évaluation (à l'échelle de démonstration) ont été projetés et extrapolés pour obtenir des indications sur les impacts potentiels à long terme, *c'est à dire*, 5 ans après la conclusion du projet.

Le tableau 7 montre les valeurs des indicateurs environnementaux de référence (scénario 0), de fin d'action de démonstration (scénarios 1, 2 et 5) et à long terme du scénario 2 une fois que l'usine Multi-AD aura atteint l'optimisation du processus anaérobie.

Il est important de noter qu'AGE Winery a connu une réduction des rejets d'eaux usées par rapport au scénario de référence (période du 20 juillet au 21 juin) à ceux étudiés dans le projet (période du 22 juillet au 23 juin) grâce aux mesures d'amélioration de la gestion de l'eau. à l'intérieur de l'industrie. Ces mesures technologiques n'ont pas conduit à une augmentation de la charge polluante arrivant à la STEP, c'est pourquoi le ratio par tonne de DCO est considéré comme le plus approprié pour la comparaison de scénarios.

Les indicateurs montrent que le scénario 1 (processus anaérobie et rejet dans les égouts municipaux) produit les plus grandes améliorations environnementales. Ceci est une conséquence des économies d'intrants tels que l'énergie ou les produits chimiques, de la minimisation des déchets tels que les boues et de la production d'énergie renouvelable. Tout cela se traduit par une réduction significative de l'empreinte carbone liée au traitement de l'eau.

**Tableau 7.** Valeur des indicateurs environnementaux du scénario de référence du projet LIFE Multi-AD.

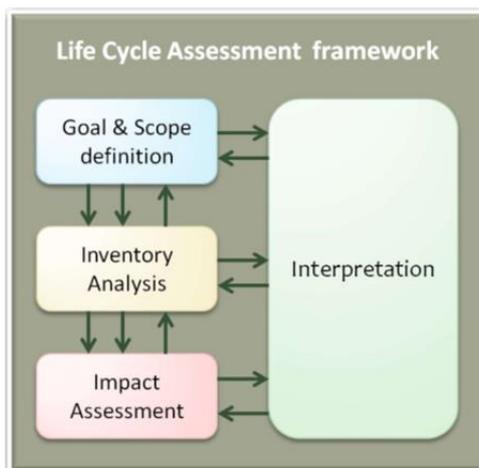
Indicator		Baseline	End demonstration action			Long term
		Scenario 0	Scenario 1	Scenario 2	Scenario3	Scenario 2
Treated wastewater	(m <sup>3</sup> /year)					
Organic load to be treated	(tn COD/year) (g COD/m <sup>3</sup> )					
Treated organic load	(tn COD/year) (g COD/m <sup>3</sup> )					
COD effluent	(g COD/m <sup>3</sup> )					
Liquid oxygen	(kg/year) (kg/m <sup>3</sup> ) (kg/tn COD)					
Urea	(kg/year) (kg/m <sup>3</sup> ) (kg/tn COD)					
Phosphoric	(kg/year) (kg/m <sup>3</sup> ) (kg/tn COD)					
Soda	(kg/year) (kg/m <sup>3</sup> ) (kg/tn COD)					
Flocculant	(kg/year) (kg/m <sup>3</sup> ) (kg/tn COD)					
Sludge production	(tn/year) (kg/m <sup>3</sup> ) (kg/tn COD)					
Biogas	(Nm <sup>3</sup> /year) (Nm <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> ) (Nm <sup>3</sup> /tn COD)					
Energy consumption	(kWh/year) (kWh/m <sup>3</sup> ) (kWh/tn COD)					
Energy consumption by anaerobic	(kWh/year) (kWh/m <sup>3</sup> ) (kWh/tn COD)					
Energy generation (thermal)	(kWh/year) (kWh/m <sup>3</sup> ) (kWh/tn COD)					
Carbon foot print	(CO2 tn/year) (CO2 tn/m <sup>3</sup> ) (CO2 tn/tn COD)					

## Action TC1.2 : Évaluation de l'impact socio-économique

Cinquante indicateurs ont été définis afin d'évaluer l'impact socio-économique des actions de mise en œuvre du projet, qui peuvent être classés en 4 groupes :

- Information et sensibilisation du grand public
  - Ateliers et autres événements locaux
  - Événements suivis au niveau international
  - Site Web du projet et réseaux sociaux
  - Autres outils pour atteindre/sensibiliser le grand public
  - Présentation au client de la technologie et du problème environnemental abordé
- Renforcement des capacités
  - Projet pertinent contacté
  - Parties prenantes intéressées par l'utilisation des résultats de LIFE Multi-AD
  - Publications scientifiques préparées
- Indicateur de gouvernance
  - Implication des ONG et d'autres parties prenantes concernées dans les activités du projet
  - Réunions des décideurs politiques
- Indicateurs liés à la contribution à la croissance économique
  - Coût de fonctionnement pendant le projet et prévu en cas de continuation après le projet
  - Poursuite/réplication/transfert après la période du projet
  - Emplois créés

L'évaluation de l'impact socio-économique du projet LIFE Multi-AD a été réalisée selon les phases interactives suivantes (Figure 48) :



Graphique 48. Résumé graphique de l'action TC1.2 Suivi de l'impact socio-économique de LIFE Multi-AD.

Deux approches ont été envisagées pour définir le scénario de référence afin d'identifier la situation de départ. D'une part, une évaluation globale du secteur vitivinicole de l'UE a été réalisée en se référant à 2018, année au cours de laquelle le projet a démarré. D'autre part, les indicateurs mesurables liés aux connaissances sur l'utilisation des méthodes de traitement ont été évalués à travers un questionnaire soumis à un grand nombre d'acteurs (principalement des caves) contactés au début des activités du projet.

Le tableau 8 montre les valeurs des indicateurs socio-économiques du projet LIFE Multi-AD après la période de référence. Dans le livrable **J18** "Premier rapport sur le suivi de l'impact des actions », **J19** "Deuxième rapport sur le suivi de l'impact des actions » et **J20** "Troisième rapport sur le suivi de l'impact des actions » sont présentées des informations détaillées sur le suivi de l'impact du projet LIFE Multi-AD.

Jalon **M12** "Mise à jour de l'outil web KPI d'ici le rapport mi-parcours 1 (31 octobre 2019) », **M13** "Les trois rapports sur le suivi de l'impact des actions terminées avec succès » et **M14** "La mise à jour de l'outil Web KPI dans le rapport final » a été réalisée.

**Tableau 8.** Valeur des indicateurs socio-économiques du projet LIFE Multi-AD.

Nom de l'indicateur	Fin de la démonstration action	Nombre d'atteints public	Impact du projet évaluation
1. Ateliers et autres événements locaux organisés	7	284	SI
2. Événements suivis au niveau international	28	6 688	SI
3. Site Web du projet et réseaux sociaux	116 355	25 904	SI
4. Autres outils pour atteindre/sensibiliser le grand public	Dépliant : 300	300	SI
	Panneaux : 3	363	
	Bulletin : 7	113	
	Communiqué de presse : 3	300 000	
	Messages : 57	25 904	
5. Présentation au client de la technologie et du problème environnemental abordé	14	-	SI
6. Projet R&D pertinent contacté	18	-	SI
7. Parties prenantes intéressées par les résultats du Multi-AD : prestataires ou prestataires potentiels	316	-	SI
8. Publication scientifique préparée (article et contribution au congrès)	5	-	SI
9. Implication des ONG et d'autres parties prenantes concernées dans des projets tels que des centres et plates-formes technologiques, des universités ou des instituts.	dix	-	SI
10. Réunion des décideurs politiques	7	-	SI
11. Coûts de fonctionnement/frais de fonctionnement pendant le projet et attendus en cas de poursuite après la période du projet	35 232 451,90€	-	SI
12. Financement futur	2 000 000€	-	SI
13. Poursuite/réplication/transfert après la période du projet	36 728 121€	-	SI
14. Emplois	2.09	-	SI

MI : impact moyen  
 SI : Impact significatif  
 NA : sans objet

### 6.1.7. Action D.1 : Diffusion et communication

Bénéficiaire responsable		Statut	
EST		Fini	
Horaire	Date de début	Fin	
42 mois	septembre 2018	Février 2022	
Calendrier en temps réel	Date de début	Fin	
58 mois	septembre 2018	juin 2023	

L'objectif était de fournir à LIFE Multi-AD suffisamment d'outils et de ressources pour mener à bien une activité de communication et parvenir à une large diffusion des activités du projet et de ses résultats.

#### **Action TD1.1 : Plan et matériel de diffusion et de communication**

Une ligne directrice a été élaborée pour aider le consortium à réaliser les actions de diffusion et de communication et confirmer que les activités ciblées ont été réalisées avec succès ou, si nécessaire, pour agir en conséquence. Ainsi, le livrable **J21** "Diffusion et communication : rapport sur les activités prévues » comprend les sections suivantes :

- Stratégie de communication
- Plan de communication et de diffusion du projet
- Plan de mise en œuvre

Ces lignes directrices définissent la stratégie de diffusion de LIFE Multi-AD, y compris les objectifs du plan, le public cible, les messages et les canaux, la mise en œuvre, les activités, le calendrier et la proposition d'idées d'articles techniques et de communiqués de presse.

Comme le montre la figure 49, les actions de communication au cours de la période 2018-20 ont été programmées de manière plus généraliste (discrète) à travers les blogs, les sites Web et les médias sociaux. Ils devraient se concentrer sur l'attention portée aux problèmes abordés dans le projet. En revanche, des actions au cours de la période 2021-23 ont été programmées de manière plus spécifique (médiatisée) à travers la presse spécialisée. Ils devraient d'abord s'attacher à diffuser le développement de prototypes, puis les résultats des expériences de démonstration. *c'est à dire*, réalisations.

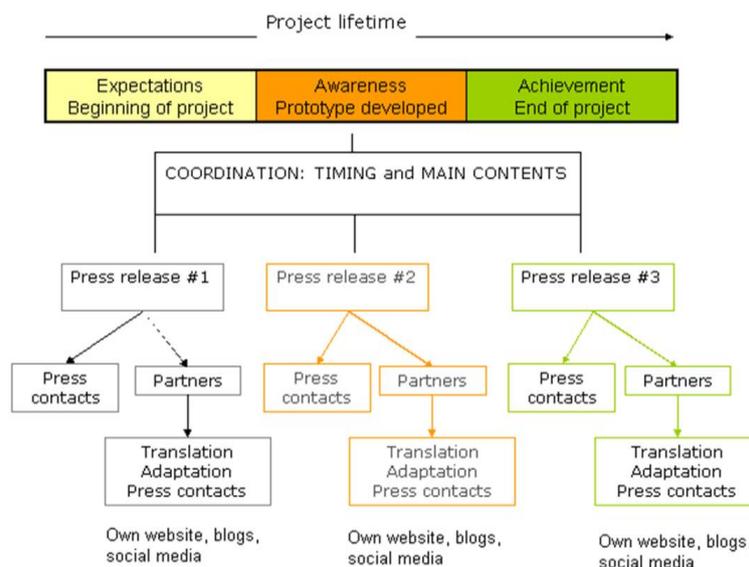


Figure 49. Résumé graphique du plan de communication du projet LIFE Multi-AD.

L'identité visuelle de LIFE Multi-AD a été conçue et développée. Afin de créer une coïncidence de marque entre LIFE Multi-AD et son image corporative, depuis le lancement de LIFE Multi-AD, le projet avait sa propre image. La règle concernant l'utilisation de ce logo était qu'il était utilisé avec l'emblème du programme LIFE.

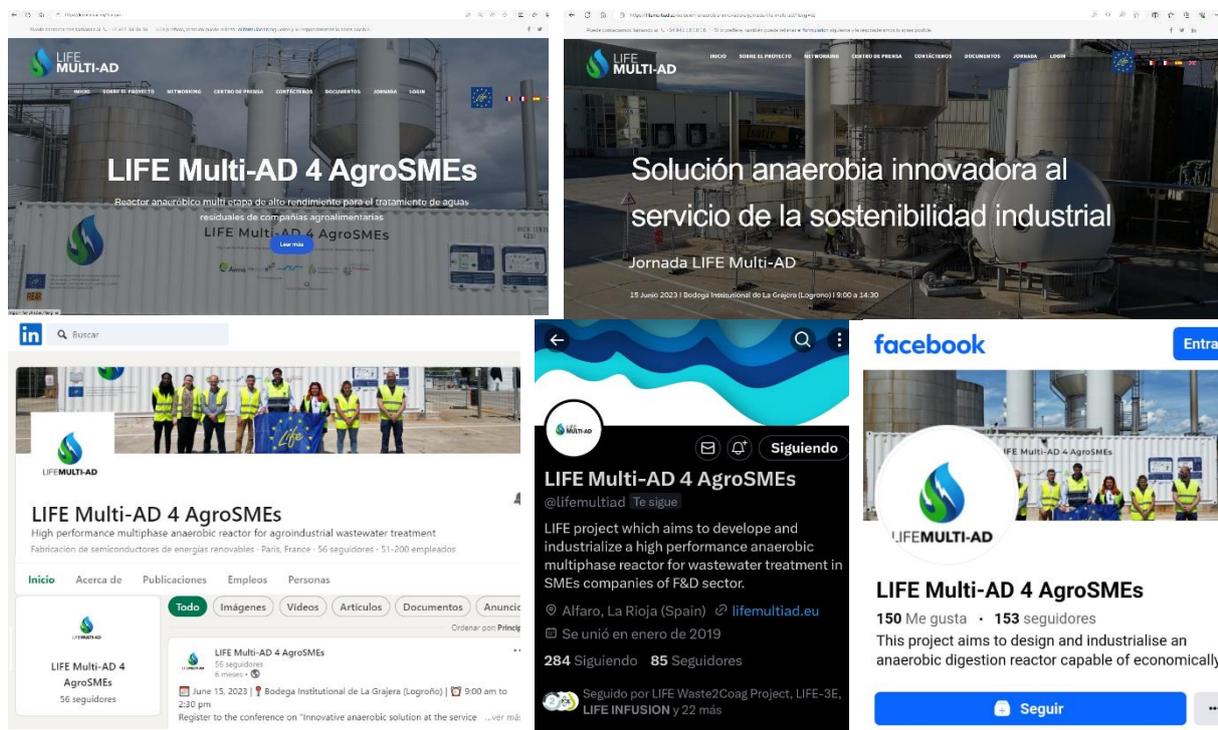
Le site internet du projet LIFE Multi-AD a été créé : [www.lifemultiad.eu](http://www.lifemultiad.eu) (Figure 59). Il contient les informations pertinentes en libre accès du projet, ainsi qu'un espace membre, qui a été développé pour permettre l'échange d'informations confidentielles entre les partenaires. De plus, le site Web compile des informations sur certains des projets de réseautage, de la documentation, des références de diffusion, ainsi qu'une page de destination spécialement créée pour l'atelier final. Le site Web comprend une section « Responsabilités », qui indique que toute communication ou publication liée au projet effectuée par les bénéficiaires conjointement ou individuellement, sous quelque forme et par quelque moyen que ce soit, indiquera qu'elle reflète uniquement le point de vue de l'auteur et que la Commission européenne n'est pas responsable. pour tout usage qui pourrait être fait des informations qu'il contient.

Les différentes sections du site Web ont été améliorées et mises à jour périodiquement et étaient disponibles en anglais, espagnol, français et roumain, afin qu'elles soient accessibles au public cible ou à toute partie prenante intéressée, où qu'elle se trouve dans le monde. Jalon M15 "La publication du site Internet dédié au projet" a été réalisée.

La page Web est liée aux profils des réseaux sociaux, où sont publiés de nouveaux articles ou événements, et où nous interagissons avec différents groupes du public cible :

- LinkedIn : [LIFE Multi-AD 4 AgroPME | LinkedIn](#)
- X: [LIFE Multi-AD 4 AgroPME \(@lifemultiad\) / X](#)
- Facebook: [LIFE Multi-AD 4 AgroPME - Accueil | Facebook](#)

Comme précisé sur la page Web et dans les éléments qui y sont publiés, les messages sur les réseaux sociaux ont été rédigés au moins en anglais et en espagnol (Figure 50). Il convient de noter que chaque membre du consortium a contribué à diffuser, à travers ses propres sites Web et réseaux sociaux, le matériel de diffusion et de communication.



**Graphique 50.**Page Web et réseaux sociaux (LinkedIn, Twitter et Facebook) du projet LIFE Multi-AD.

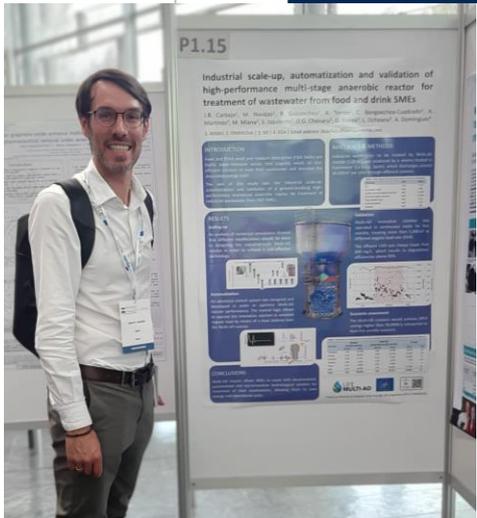
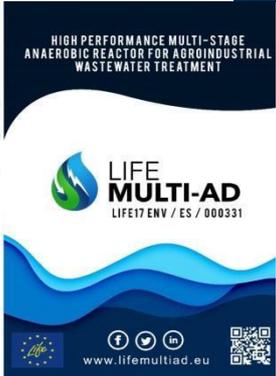
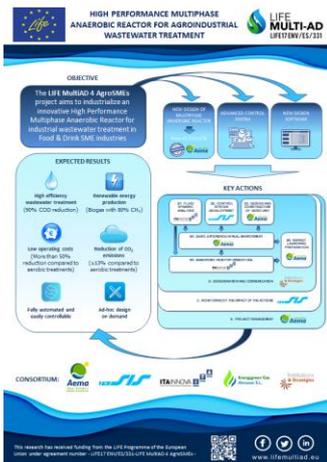
Les documents informatifs ont été conçus et imprimés. Un dépliant général du projet, un tableau d'affichage, une bannière enroulable et des affiches ont été produits afin de diffuser le projet dans les activités d'intégration et de les afficher dans un endroit visible et accessible au public (Figure 51). Dans cette optique, le rapport de Layman a été produit en plusieurs langues pour atteindre le grand public et contribuer à la diffusion des résultats du projet et de l'initiative LIFE. Le design a été réalisé de la même manière en espagnol, anglais, français et roumain afin d'élargir l'impact. Les versions électroniques du matériel susmentionné sont disponibles sur la page Web, ainsi que sur le Livrable **J24** "Matériels de diffusion et de communication produits »

Enfin, un plan de communication After-LIFE a été réalisé lors de l'exécution du projet : Livrable **D26**" Plan de diffusion et de communication d'After-LIFE ». Il sera utilisé pour préparer la diffusion active des résultats du projet après la fin du projet. Le plan de communication a pris en compte la visibilité à long terme du projet et de ses résultats. Le plan de communication après-projet doit garantir la viabilité et la visibilité du projet après la fin du projet.

**Action TD1.2 : Participation à des conférences et séminaires thématiques, et mise en réseau avec un autre projet pertinent**

Le LIFE Multi-AD a participé à 28 conférences et séminaires, dans 24 desquels le projet lui-même, ses objectifs et les résultats attendus ont été présentés. Le public était composé de clusters agroalimentaires, d'acteurs, d'entreprises F&D et de la communauté locale. Grâce à ces événements, le public a pu découvrir différentes manières d'atteindre l'objectif ultime : la technologie Multi-AD est considérée comme l'une des alternatives les plus durables pour le traitement des eaux usées dans le secteur des PME agroalimentaires.

Une liste d'événements et quelques images de ceux-ci sont présentés respectivement dans le tableau 9 et la figure 52. Des événements particulièrement importants ont été *Congrès International de la Bioénergie - Valladolid* (583 participants en 2021 et 4386 participants en 2023), *Conférence internationale de l'IWA sur les éco-technologies pour le traitement des eaux usées - Gérone* (500 participants), *14<sup>ème</sup> Congrès mondial de mécanique computationnelle et congrès ECCOMAS* (3 000 participants), ainsi que le *Technologie MBR pour le traitement des eaux usées urbaines et industrielles Master Class – en ligne* (901 participants).



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

J.B. Carbaljo<sup>1</sup>, M. Navajas<sup>1</sup>, B. Goicoechea<sup>1</sup>, A. Torres<sup>1</sup>, C. Bengochea-Cuadrado<sup>1</sup>, A. Martinez<sup>2</sup>, M. Miana<sup>3</sup>, S. Izquierdo<sup>2</sup>, O.G. Chenas<sup>1</sup>, G. Flores<sup>1</sup>, L. Ocheana<sup>1</sup>, A. Dominguez<sup>1</sup>, I. AEMA<sup>1</sup>, J. ITANNOVA<sup>1</sup>, J. S. S. | 4. EGA | Email address: jcarbaljo@semaestivicos.com

**INTRODUCTION**  
 Food and Drink small and medium enterprises (F&D SMEs) are highly water-intensive sectors that urgently need an eco-efficient solution to treat their wastewater and decrease the associated energy costs. The aim of this study was the industrial scale-up, automatization and validation of a groundbreaking high-performance multiphase anaerobic reactor for treatment of industrial wastewater from F&D SMEs.

**MATERIALS & METHODS**  
 Industrial wastewater to be treated by Multi-AD reactor (120 m<sup>3</sup>) was produced by a winery located in Fuencaliente (La Rioja, Spain) which discharges around 80,000 m<sup>3</sup> per year through different seasons.

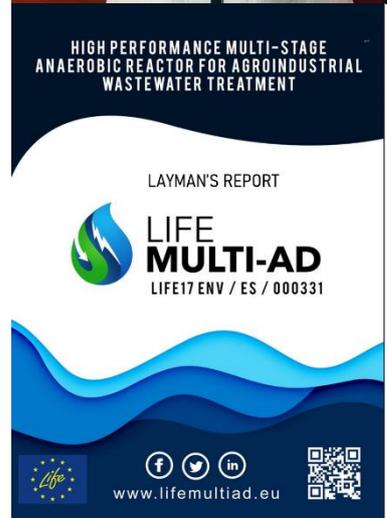
**RESULTS**  
**Scaling-up**  
 An array of numerical simulations showed that different modifications should be done in order to optimize the industrial-scale Multi-AD reactor in order to achieve a cost-effective process.

**Automatization**  
 An advanced control system was designed and developed in order to optimize Multi-AD reactor performance. The control logic allows to operate the wastewater reactor at constant organic load by means of a mass balance over the Multi-AD reactor.

**Validation**  
 Multi-AD innovative solution was operated at continuous mode for four months, treating more than 5,000 m<sup>3</sup> of effluent organic load per day (EOL). The effluent COD was always lower than 500 mg/L, which results in degradation efficiencies above 95%.

**Financial assessment**  
 The Multi-AD scenario would achieve OPEX savings higher than 50,000 €/a compared to base line aerobic scenario.

**CONCLUSIONS**  
 Multi-AD reactor allows SMEs to count with decentralized, automatized and eco-innovative technological solution for treatment of their effluents, allowing them to save energy and operational costs.



Graphique 51. Documents informatifs du projet LIFE Multi-AD.

**Tableau 9.**Liste des événements dans lesquels LIFE Multi-AD a été diffusé.

Événement	Organisateur	Lieu	Date	Préposés
Réunion annuelle LIFE	UE	Bruxelles, BELGIQUE	06/11/18	300
Événement de réseautage LIFE SEACAN « Gestion durable des déchets et des eaux usées des industries agricoles et alimentaires »	MERCAN projet	Santiago, ESPAGNE	23/01/19	dix
Rencontre contre les changements climatiques à l'ENOMAQ	VEMS et TVP	Saragosse, ESPAGNE	04/03/19	70
Atelier « Systèmes innovants dans la gestion et la valorisation des sous-produits du vin »	VIN MOUILLÉ projet	Logroño, ESPAGNE	06/06/19	25
Atelier « I rencontre transfrontalière sur l'économie circulaire dans le secteur F&D »	Projet ORHI	Bayone, FRANCE	18/06/19	115
Conférence européenne sur l'innovation dans l'eau EWIC 2019	MCUBO projet	Saragosse, ESPAGNE	12/11/19	900
Réunion de la plateforme LIFE sur les eaux usées urbaines	EASME	Barcelone, ESPAGNE	29/01/20	188
14 <sup>ème</sup> Congrès mondial de mécanique computationnelle et congrès ECCOMAS 2020	ECCOMAS	En ligne	11-15/01//21	3 000
Événement PORC LIFE VALOR	VALEUR Projet PORC	Éjea, ESPAGNE	25/03/21	dix
IV Séminaire Technique International sur la Gestion de l'Eau dans les Industries Agroalimentaires	AINIA	Valence, ESPAGNE	30/09/21	130
15 <sup>ème</sup> Congrès international sur la bioénergie	AVEBIOM	Valladolid, ESPAGNE	5-6/10/21	583
Atelier d'ingénierie d'usine (PEW 2023)	DansIPED	Saragosse, ESPAGNE	12/01/22	50
Biodigestion – Atelier LIFE Multi-AD 4 AgropME	MULTI-ANNONCE projet	Alfaro, ESPAGNE	3-4/11/22	32
II Techweek : Industrie efficace et circulaire	ITAINNOVA	En ligne	23/11/22	56
Technologie MBR pour le traitement des eaux usées urbaines et industrielles Master Class	AGUASRESI DUALES.info	En ligne	16/02/23	901
Bonnes pratiques en économie circulaire. Projet ENORREGION	La Rioja Gouvernement	Logroño, ESPAGNE	27/04/23	43
11 <sup>ème</sup> Atelier international sur les approches interdisciplinaires en analyse fractale	AIFA	Bucarest, ROMAIN UN	25/05/23	50
Le biogaz, partenaire de la décarbonation	ITAINNOVA	Saragosse, ESPAGNE	31/05/23	35
Durabilité dans le secteur vitivinicole et rôle de l'industrie auxiliaire	FER	Logroño, ESPAGNE	02/06/23	115
Solution anaérobie innovante pour la durabilité industrielle	MULTI-ANNONCE projet	Logroño, ESPAGNE	15/06/23	93
6 <sup>ème</sup> Conférence internationale de l'IWA sur les éco-technologies pour le traitement des eaux usées	IWA	Gérone, ESPAGNE	26-29/06/23	500
Webinaire sur la récupération et la réutilisation de l'eau	PTV	En ligne	14/09/23	151
Salon Alimentaria FoodTech	IRTA	Barcelone, ESPAGNE	28/09/23	40
16 <sup>ème</sup> Congrès international sur la bioénergie	AVEBIOM	Valladolid, ESPAGNE	3-4/10/23	4 386

LIFE Multi-AD a établi un réseau de projets dans le domaine du traitement des eaux usées et de la gestion de l'eau dans l'industrie F&D, avec lesquels des synergies ont commencé à apparaître, en profitant de l'expérience et des connaissances acquises dans d'autres projets.



## 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

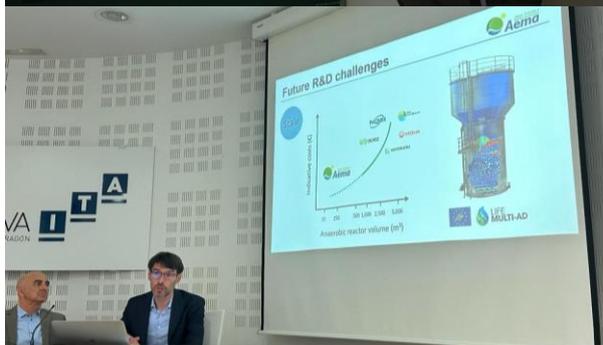
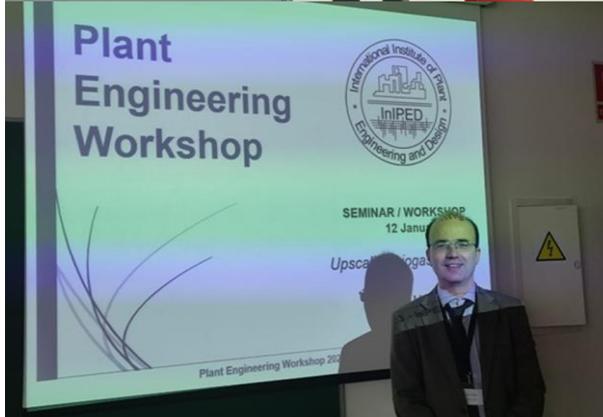
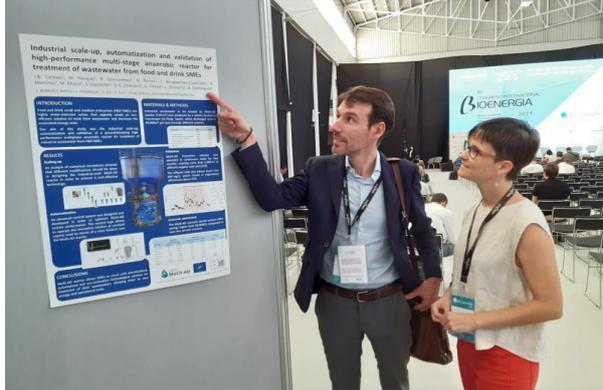
Start date: 01/09/18

End date: 30/06/23

### Budget

Total budget: 2.177.143 €

AEMA budget: 1.301.386 €



Graphique 52. Différents événements auxquels le projet LIFE Multi-AD a participé activement.

Initialement, le consortium a identifié plusieurs projets dans le domaine du traitement des eaux usées et de la gestion de l'eau dans l'industrie agroalimentaire qui présentaient des synergies avec LIFE Multi-AD. Ensuite, le contact a été pris par courrier électronique et, une fois qu'ils ont manifesté leur intérêt pour la collaboration, un modèle a été envoyé, dans lequel les données principales du projet et les coordonnées ont été collectées, en plus de développer les synergies existantes entre les deux projets. De plus, cette information apparaît dans le [Site Web du projet dans une balise spécifique](#) pour que cela se reflète. Le tableau 10 présente une liste de 18 projets de R&D avec lesquels LIFE Multi-AD a établi des activités de réseautage et la figure 53 quelques idées de rencontre avec le projet de réseau établi.

Dans cette ligne, le projet LIFE Multi-AD a participé activement à plusieurs activités de mise en réseau, qui ont contribué à la fois à promouvoir les résultats du projet et à sensibiliser à la principale préoccupation du projet. Ces activités comprennent un événement de réseautage lors de la réunion de la plateforme LIFE sur les eaux usées urbaines organisée par l'EASME, plusieurs communiqués de presse pour promouvoir le projet au sein du réseau de réseautage, et des réunions virtuelles/personnelles pour partager les résultats et relever les défis communs avec 9 centres technologiques (*par exemple*, AINIA ou IRTA), 4 universités (*par exemple* Université Politehnica de Bucarest ou Université de Santiago) et 2 instituts d'innovation (*par exemple*, Institut international d'ingénierie et de conception d'usines).

**Tableau 10.** Liste des projets avec lesquels le projet LIFE Multi-AD a établi un réseau.

Projet	Synergie
LIFE ALGAECAN : Ajouter de la durabilité à l'industrie de transformation des fruits et légumes grâce au traitement des eaux usées par les algues à l'énergie solaire (LIFE16 ENV/ES/180).	Traitement des eaux usées dans l'industrie F&D
LIFE AMIA : Combinaison innovante de technologies WWT pour la réutilisation de l'eau : procédés anaérobie-aérobie, microalgues et AOP (LIFE18 ENV/ES/000170)	Traitement anaérobie
LIFE ANADRY : Méthanisation sèche comme solution alternative de gestion et de traitement des boues d'épuration (LIFE14 ENV/ES/000524).	Traitement anaérobie
LIFE ECODIGESTION 2.0 : mise à l'échelle d'une technologie innovante pour le contrôle et l'automatisation de la codigestion dans les STEP afin de produire de l'énergie verte à la demande (LIFE19 ENV/ES/000098).	Traitement anaérobie
LIFE iCirBus-4industry : Entreprises circulaires innovantes dans les secteurs de l'énergie, de l'eau, des engrais et de la construction vers une économie plus verte (LIFE14 ENV/ES/688).	Matière organique valorisation
LIFE LEMNA : Technologie de culture de Lemna pour améliorer la gestion des nutriments dans les systèmes de production porcine (LIFE15 ENV/ES/000382).	Polissage à l'eau traitement des nutriments
LIFE MCUBO : Modélisation, Mesure et Amélioration de l'eau Gestion de l'eau dans la gestion de l'impact environnemental dans l'industrie alimentaire (LIFE15 ENV/ES/000379).	Industrie agroalimentaire
H2020 HYDROUSA : Démonstration de boucles d'eau avec des modèles économiques régénératifs innovants pour la région méditerranéenne (H2020/776643).	Traitement anaérobie
LIFE SEACAN : Réduire la pression des conserveries de poisson sur le milieu marin grâce à un nouveau traitement des effluents et à la surveillance des écosystèmes	Traitement des eaux usées dans l'industrie F&D
LIFE PureAgroH2O : Opération pilote d'une technologie innovante de nanofiltration photocatalytique pour l'élimination des polluants et la réutilisation de l'eau des effluents agro-industriels (LIFE17 ENV/GR/000387).	Réutilisation de l'eau dans l'industrie agroalimentaire
LIFE STO3RE : Processus synergique TPAD et O3 dans les STEP pour une gestion efficace des déchets (LIFE15 ENV/ES/000379).	Traitement anaérobie
LIFE AMIA : Combinaison innovante de technologies WWT pour la réutilisation de l'eau : procédés anaérobie-aérobie, microalgues et AOP (LIFE18/ENV/ES/000170)	Traitement anaérobie
LIFE ENRICH : Récupération améliorée de l'azote et du phosphore des eaux usées et intégration dans la chaîne de valeur (LIFE16 ENV/ES/000375)	Valorisation des nutriments
WATER2RETURN : Récupération et recyclage des nutriments transformant les eaux usées en produits à valeur ajoutée pour une économie circulaire dans l'agriculture (H2020/730398)	Traitement des eaux usées dans l'industrie F&D
INBEC : Stimuler et développer une économie durable grâce à l'innovation et à la coopération commerciale (Projet 0627_INBEC_6_E)	Matière organique valorisation
WALLNUT : Fermeture des cycles des eaux usées pour la récupération des nutriments (H2020/101000752)	Valorisation des nutriments
MODEL2BIO : Outil de modélisation pour valoriser les filières résiduelles agroalimentaires dans les bio-industries (H2020/887191)	Matière organique valorisation
LIFE DRY4GAS Séchage solaire des boues d'épuration pour la récupération d'énergie par gazéification GAZ (LIFE16 ENV/ES/000342).	Matière organique valorisation



**Graphique 53.** Quelques événements de réseaux dans lesquels le projet LIFE Multi-AD avec LIFE AMIA et LIFE DRY4GAS.

Il est également important de souligner que LIFE Multi-AD a participé au forum de solutions technologiques promu par LIFE PureAgroH2O. Emilia Markellou, coordinatrice du projet LIFE PureAgroH2O, a promu la création d'un forum d'échange d'idées et de connaissances entre les différentes parties prenantes intéressées par la gestion efficace des eaux usées. Le forum, auquel LIFE Multi-AD a participé lors de la première réunion (1er septembre 2020), a servi à diffuser les meilleures technologies développées dans le cadre de la valorisation des ressources à partir des déchets et de la réutilisation des eaux usées. Le forum a également prêté attention à la contribution des différents projets à la réalisation du Green Deal européen en définissant les meilleures technologies disponibles.

**Action TD1.3 : Atteindre les parties prenantes concernées pour multiplier l'impact du projet**

Le consortium a identifié un groupe de parties prenantes pertinentes pour multiplier l'impact du projet LIFE Multi-AD. Ce groupe a impliqué tous les acteurs susceptibles de collaborer avec le consortium dans la recherche et la réussite de nouvelles opportunités de marché. Il peut s'agir d'acteurs publics et privés. Une liste de seize parties prenantes concernées est présentée dans le livrable **J21**.

Le projet LIFE Multi-AD a été présenté à 4 plateformes technologiques pertinentes (plateforme technologique espagnole du vin, pôle de compétitivité croate pour le secteur de la transformation alimentaire, cluster espagnol Food+i, plateforme technologique nationale espagnole pour l'industrie alimentaire) et 7 ONG (Fédération des hommes d'affaires de La Rioja, Association des industries auxiliaires du vin de La Rioja, Organisation nationale interprofessionnelle du vin, Office national du vin, Association des dégustateurs agréés de Roumanie, Association des producteurs et exportateurs de vin roumains, Cluster industriel d'innovation de La Rioja). De plus, le projet LIFE Multi-AD a postulé pour des prix d'innovation promus par 2 fondations privées en contact étroit avec l'industrie F&D : [Institut Cerda](#) et [Rafael del Pino](#) .

Il convient de souligner que PTV a inclus le projet LIFE Multi-AD dans son 3<sup>rd</sup> Plan stratégique d'innovation. Les projets spéciaux de R&D 2017-2019 présentés par le PTV classent ces initiatives autour de six domaines, dont la durabilité et le changement climatique. C'est dans ce domaine que s'inscrit le projet LIFE Multi-AD. De plus, le projet précurseur de LIFE Multi-AD, le projet AD-Wine, a été lauréat des Innovation Awards 2019 de PTV. Ces faits ont montré l'intérêt continu de l'acteur susmentionné pour le projet, ainsi que sa capacité à multiplier l'impact du projet (Figure 54).



**Graphique 54.** Projets spéciaux de R&D 2017-2019 présentés par PTV et PTV Innovation Awards 2019.

Par ailleurs, le projet LIFE Multi-AD a été directement présenté à 316 entités. La solution technologique comptait près de 103 fournisseurs différents et 106 fournisseurs potentiels, chacun étant informé du projet. Ces entreprises ont été considérées comme parties prenantes car elles s'intéressent à la technologie en tant qu'entreprise. En outre, le projet LIFE Multi-AD a été présenté à 72 clients potentiels lors d'un webinaire, d'une conférence et même dans l'installation Multi-AD elle-même et 15 concurrents ont assisté aux journées de communication du projet. Le reste des entreprises était composé de 7 décideurs politiques, 4 plateformes technologiques et 7 ONG. La figure 55 montre le logo de certains des fournisseurs technologiques LIFE Multi-AD et quelques images de réunions techniques avec des fournisseurs et des consommateurs potentiels.



Graphique 55. Fournisseurs technologiques LIFE Multi-AD et client potentiel.

#### **Action TD1.4 : Activités de diffusion et de communication**

Trois communiqués principaux ont été publiés suite à la communication et à la diffusion du projet (Figure 49) :

- *Communiqué de presse 1: [Multi-AD, un nouveau réacteur taillé sur mesure pour les PME](#) (18 octobre 2018). L'objectif principal était de susciter des attentes concernant une technologie révolutionnaire, c'est à dire, Réacteurs multi-AD.*
- *Communiqué de presse 2: [LIFE Multi-AD, l'innovation technologique au service de la durabilité](#) (2 novembre 2021). L'objectif principal était de montrer la notoriété du prototype développé.*
- *Communiqué de presse 3: [Un consortium dirigé par l'AEMA développe une technologie qui améliore la durabilité dans le secteur agroalimentaire européen](#) (24 mai 2023). L'objectif principal était de mettre en valeur les acquis du projet LIFE Multi-AD.*

Parmi les communiqués de presse cités, 57 nouvelles ont été publiées dans le centre de presse de la page Web LIFE Multi-AD. Toutes les nouvelles liées à l'avancement du projet, ainsi que les informations susceptibles d'intéresser le public cible de celui-ci, sont publiées dans [www.lifemultiad.eu](http://www.lifemultiad.eu), en anglais, espagnol, français et roumain, en gardant les informations constamment mises à jour.

Le consortium a élaboré une vidéo qui résume le projet, son objectif, ainsi que montrant en détail le prototype final et ses performances de manière ludique pour atteindre un public plus large et plus varié. La vidéo est téléchargée à la fois sur le [site web du projet](#) et [Chaîne YouTube LIFE Multi-AD](#).

Le site Web LIFE Multi-AD a reçu 104 094 pages vues. Ces données ont été collectées en quatre étapes : 3 465 de février 2019 à mars 2020, 86 562 en 2020, 10 583 de janvier 2021 à mai 2023 et 836 de juin à octobre 2023 (Figure 56). Il convient de noter que le grand nombre de visiteurs sur la page Web pourrait être dû au partage du nom avec le dispositif médical de BRAUN : [Système de distribution de fluide MULTI-AD® \(bbraunusa.com\)](http://www.multiad.com) ou une société de marketing américaine (<http://www.multiad.com>).

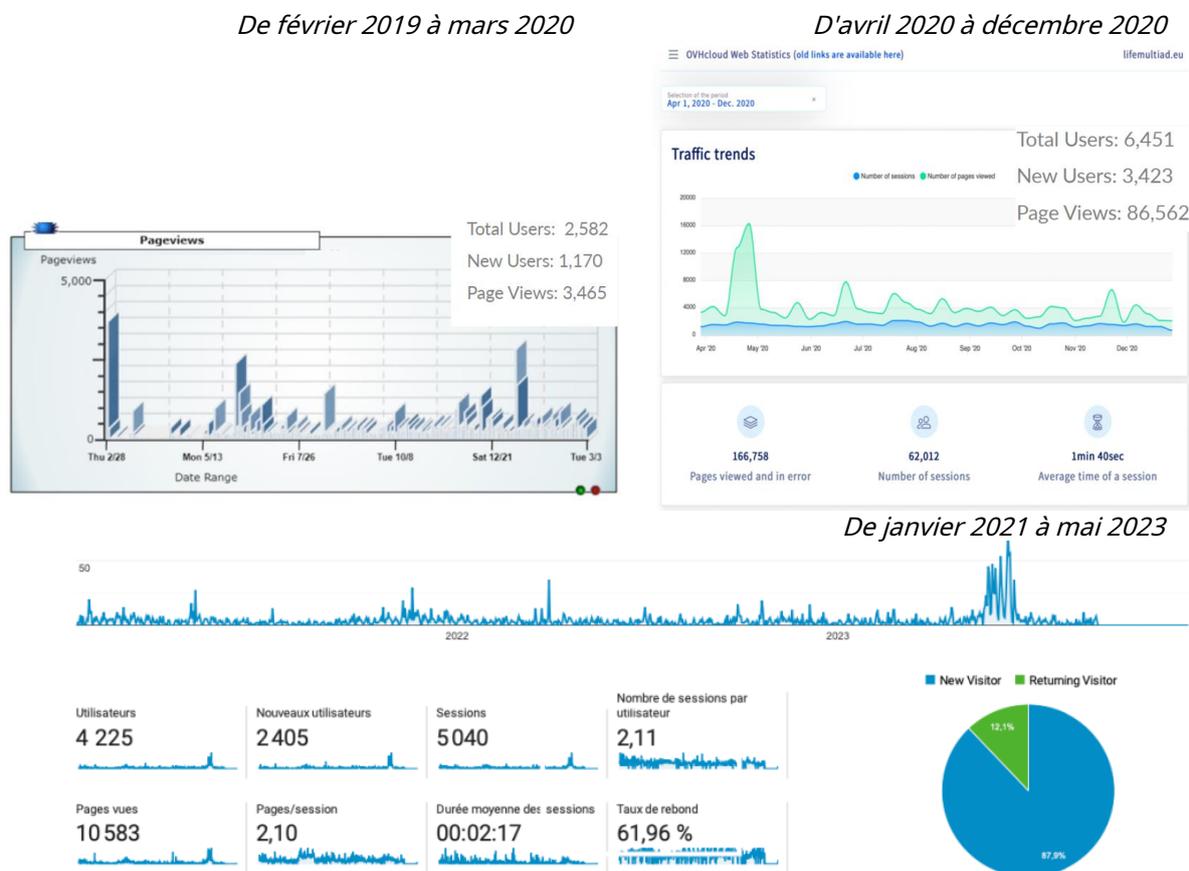


Figure 56. Visites du site Internet du projet LIFE Multi-AD selon les statistiques web d'OVHcloud.

De même, les réseaux sociaux ont été créés pour augmenter l'impact de la diffusion, sont constamment mis à jour et interagissent avec d'autres profils similaires pour augmenter la portée de la diffusion et des visites sur les sites Web.

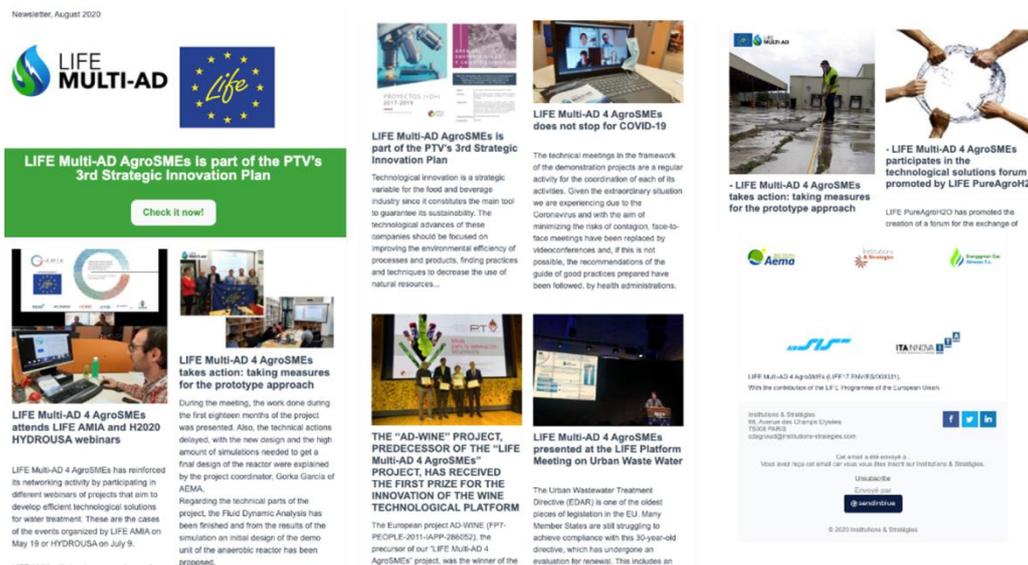
Tableau 11. Indicateurs des médias sociaux du projet LIFE Multi-AD.

Réseaux sociaux	Suiveurs	Publications	Impressions	Impression moyenne par publication
Facebook	153	31	1 557	138
X	85	62	8 651	274
LinkedIn	56	25	1 601	216

Sept newsletters ont été développées depuis le début du projet LIFE Multi-AD. Ils s'adressaient aux entreprises et aux centres technologiques. Dans ces bulletins électroniques, le consortium communique l'état du projet, les derniers progrès réalisés et les événements à venir. Ils sont visibles à travers la page web et les réseaux sociaux, en plus d'être envoyés aux principaux agents et au public tous les 8 mois. En plus de la soumission, ils ont été téléchargés sur le Web (section Actualités) afin de pouvoir être mis à disposition pour téléchargement public (Figure 56). Le public cible moyen était de 114 personnes.

Les résultats obtenus au cours du projet LIFE Multi-AD ont été présentés dans 4 congrès internationaux (Tableau 9), un article publié dans une revue à comité de lecture ([Une approche pratique pour la modélisation biochimique dans l'évaluation CFD de nouveaux concepts de digesteurs anaérobies pour la production de biogaz](#)), ainsi que fait partie du [Guide de bonnes pratiques en matière d'économie circulaire - La Rioja](#) et la thèse de diplôme d'Ingénieur Chimique – Université de Saragosse de Blanca Goicoechea. Tous ces éléments évalués par les pairs

les communications démontrent la validité objective des recherches menées par LIFE Multi-AD auprès des institutions scientifiques, du monde universitaire et des administrations publiques.



Graphique 57.3rdnewsletter du projet LIFE Multi-AD.

Le consortium a organisé deux types d'événements : une conférence locale destinée au grand public afin d'augmenter l'impact social et un atelier technique pour un acteur technologique. 5 manifestations locales ont été réalisées en école, lycée ou université, auxquelles ont participé plus de 124 personnes âgées de 8 à 25 ans (Figure 57). Un T-shirt commémoratif du projet LIFE Multi-AD a été conçu pour amplifier l'impact social après l'événement. D'autre part, deux ateliers techniques sur la digestion anaérobie ont été organisés avec 123 participants. Concrètement, l'événement final a réuni 93 participants et était une journée portes ouvertes pour expliquer la solution technologique aux différentes parties prenantes. Les présentations ont été filmées et mises en ligne dans le [Chaîne YouTube LIFE Multi-AD](#) (Figure 59).



Figure 58. Images d'événement local organisé en école, lycée et université par LIFE Multi-AD.

Enfin, une mise en réseau active a été réalisée avec 7 décideurs politiques. La technologie LIFE Multi-AD a été présentée au Gouvernement Régional (Département du Développement Régional) et aux agences d'innovation, comme

ainsi que des entités d'assainissement telles que EPSAR (Région de Valence), Consorcio de Aguas y Residuos (La Rioja) et ESAMUR (Région de Murcie). Le principal résultat de ces actions a été l'introduction de la technologie Multi-Ad dans le Guide des meilleures pratiques en matière d'économie circulaire – La Rioja (Figure 60).



Figure 59. Imagines l'événement final du LIFE Multi-AD : atelier technique et journée portes ouvertes.



Graphique 60. Imagines des réunions de décideurs politiques.

Des informations plus détaillées se trouvent dans le Livrable **D22** "Rapport à mi-parcours sur les activités de diffusion et de communication réalisées et planifiées », **D23** "Bref rapport contenant les principaux points forts de la technologie pertinente pour les décideurs politiques », **J25** "Rapport précisant l'événement ou le média contacté pour multiplier l'impact du projet ».

### 6.1.8. Action E.1 : Gestion de projet

Bénéficiaire responsable		Statut
AEMA		Fini
Horaire	Date de début	Fin
42 mois	septembre 2018	Février 2022
Calendrier en temps réel	Date de début	Fin
58 mois	septembre 2018	juin 2023

Le but de cette action était d'assurer une bonne mise en œuvre technique, administrative et financière du projet. Le partenaire responsable était AEMA mais tous les autres partenaires collaborent.

## **Action TE1.1 : Gestion et suivi de projet**

L'AEMA, en tant que Bénéficiaire Coordonnateur, était en charge de la gestion technique et financière globale du projet, appuyée par la responsabilité de chaque partenaire. La gestion du projet a été structurée autour du comité de pilotage et de l'équipe de mise en œuvre.

Le SC était la plus haute autorité au sein du projet. Il comprenait des représentants de tous les partenaires et était dirigé par le bénéficiaire coordonnateur par l'intermédiaire du gestionnaire de projet. Son rôle était de conseiller et d'appuyer les décisions du chef de projet sur les questions opérationnelles et de gestion. En règle générale, le CS se réunissait face à face une fois par an. Entre-temps, leurs tâches normales étaient accomplies par conférence téléphonique et par courrier électronique. Les membres du CS ont envoyé leurs commentaires, décisions et confirmations au coordonnateur du projet. Le rôle du comité technique était de superviser le travail technique quotidien. Il comprenait des représentants techniques de tous les partenaires et était coordonné par le coordonnateur technique de l'AEMA. Ce Comité Technique se réunit deux fois par an, dont une en même temps que la réunion du CS.

En outre, il comprenait un soutien extérieur au financement gestion du projet LIFE Multi-AD *c'est à dire*, PYRGUS comme consultant. En effet, PYRGUS, avec Monique Ovejas (AEMA), a développé un programme Qualité Plan, dont l'objectif était de donner un aperçu rapide et bref des informations, procédures et conditions les plus pertinentes pour les partenaires du LIFE Multi-AD, telles que les lignes directrices en matière de reporting financier.

Afin de garder une trace continue des partenaires et de faciliter le suivi des coûts induits rrred par chaque b bénéficiaire, le contrôle du récapitulatif des coûts du projet a été effectué sur une base semestrielle. Monique Ovejas de l'AEMA était responsable du suivi et de la vérification des rapports financiers. Les partenaires ont reçu un « Modèle de rapport financier » qui a été utilisé par chacun des partenaires pour les justifications financières dans chacune des périodes de reporting. Le modèle a également été utilisé pour le contrôle interne des coûts du projet. Les feuilles de temps, les certificats et toutes les factures des coûts signalés par chaque partenaire et étaient marqués du nom du projet ainsi que stockés dans leur dossier respectif de la plateforme OneDrive. Tous ces documents financiers ont été audités par PYRGUS qui a réalisé six audits 2018-2019 et 2020, 2021, 2022 et 2023.

Le Plan Qualité et les audits internes ont contribué à garantir que les factures comportaient une référence claire au projet LIFE en plus du cachet du projet. De ce fait, les partenaires ont pris l'habitude de demander aux prestataires du projet d'inclure explicitement le code du projet dans la description ou le détail de la facture.

L'accord de consortium entre tous les partenaires a été discuté et signé par l'AEMA et le bénéficiaire correspondant. Par ailleurs, un accord de partenariat supplémentaire a été préparé et signé « Grant Agreement Commitment ». Ce document reproduisait les dispositions approuvées dans l'accord de subvention, mais il incluait des informations supplémentaires et des clarifications sur les responsabilités entre les partenaires dans la mise en œuvre du projet. En outre, l'engagement de l'accord de subvention comprenait des indications claires sur les conséquences possibles pour chaque partenaire s'il ne s'acquittait pas de ses responsabilités tant au niveau technique que financier et des exigences établies par le programme LIFE et l'EASME. Ce document a contribué à clarifier le rôle de chaque partenaire dans le projet et à renforcer leur engagement.

Les procédures et outils de communication utilisés pendant le projet ont été aussi simples que possible. 13 réunions réunissant tous les partenaires du projet ont eu lieu, dont une première réunion de lancement du consortium, 6 réunions d'avancement du projet et 5 assemblées générales (Tableau 12). Par ailleurs, afin d'assurer une gestion et une coordination appropriées du projet LIFE Multi-AD, des réunions mensuelles ont été organisées par le coordinateur via la plateforme Microsoft Teams depuis novembre 2020. Une copie de la présentation de ces réunions, avec la synthèse des travaux effectués réalisé dans chaque action, a été régulièrement envoyé à tous les partenaires.

**Tableau 12.** Calendrier des réunions du projet LIFE Multi-AD

Date	Lieu	Réunion
12/09/2018	Alfaro, ESPAGNE	Réunion de lancement du consortium, démarrage officiel du projet
26/09/2018	Paris, France	1 <sup>st</sup> Assemblée générale



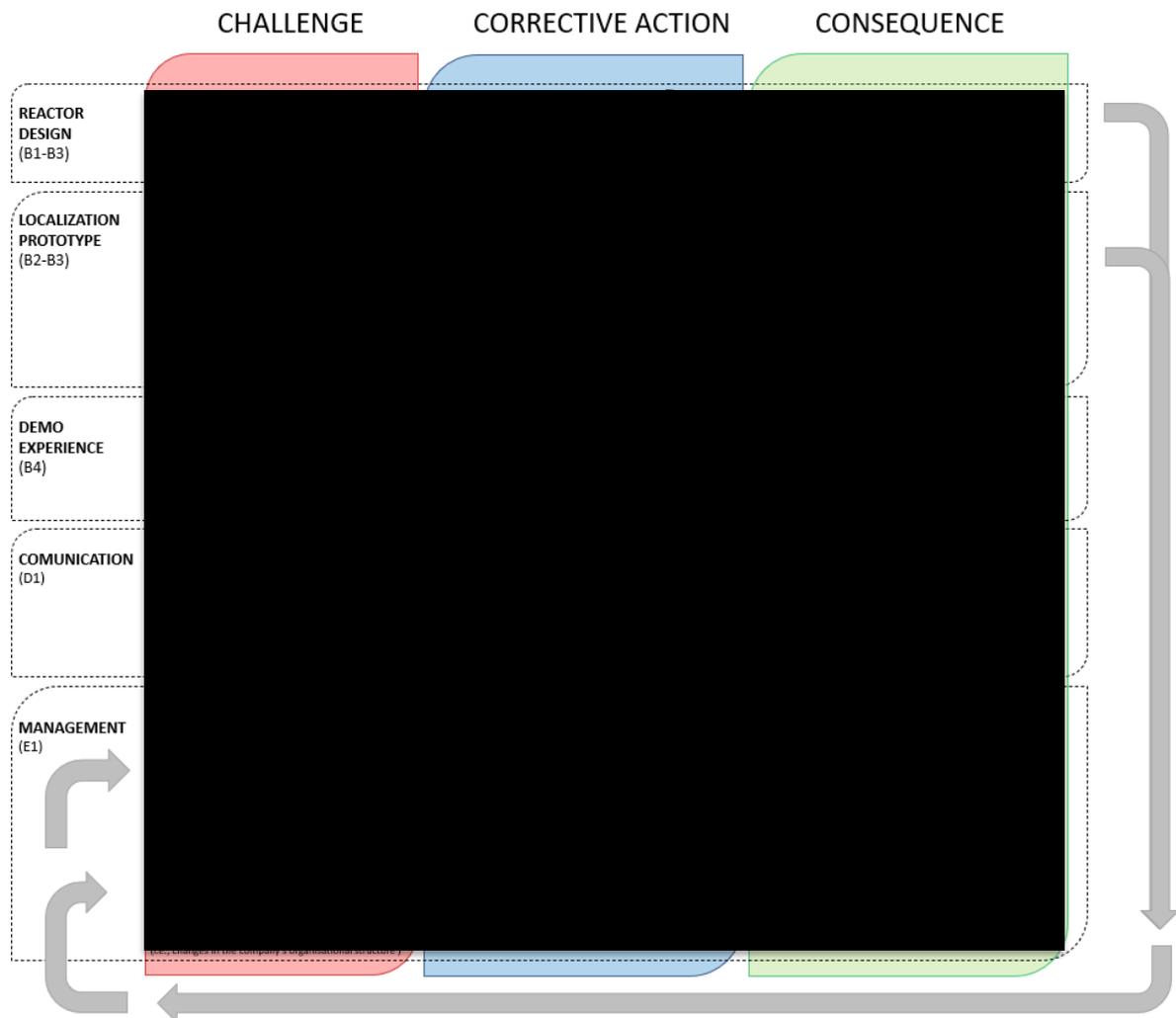


Figure 62. Résumé graphique de la gestion des risques réalisée lors du projet LIFE Multi-AD.

### **Action TE1.4 : Mise en œuvre des principes d'achats verts dans le projet LIFE Multi-AD**

Le consortium a élaboré les lignes directrices en matière d'achats écologiques (GHP) afin de garantir que les mesures visant à favoriser l'utilisation des principes d'achats écologiques. Livrable **D27** "Les lignes directrices du projet LIFE Multi-AD pour mettre en œuvre les achats écologiques » ont été élaborées pour aider tous les bénéficiaires à se procurer du matériel, des services et des biens auprès de sources responsables et de fournisseurs qui utilisent les ressources de manière durable pour un meilleur environnement.

Livrable **D27** "Le rapport sur la gestion du projet LIFE Multi-AD » a montré les activités réalisées dans le cadre de cette action tout au long du projet. Toutes les informations décrites ci-dessus permettent d'accéder à Milestone **M16** « Réussite du projet ».

## 6.2. Principaux écarts, problèmes et actions correctives mises en œuvre

Les principaux écarts, problèmes et actions correctives mises en œuvre par les actions étaient : **Action**

### **B.1 : Analyse dynamique des fluides**

Proposition de conception d'un nouveau 100 m<sup>3</sup> Les réacteurs Multi-AD ont été retardés en raison de la nécessité d'assurer des performances adéquates du digesteur anaérobie en tenant compte des limitations liées à la taille industrielle. La hauteur du réacteur devrait être réduite pour maintenir les coûts d'investissement à des niveaux raisonnables. La similarité géométrique entre le prototype de 100 L et celui à l'échelle industrielle

Le réacteur est donc perdu. De plus, la recirculation du biogaz devrait être supprimée pour éviter d'augmenter les coûts d'exploitation de l'usine. Ces faits ont rendu nécessaire la modélisation et la simulation de différents réacteurs pour trouver un projet capable de réaliser le traitement des eaux usées. Différents modèles CFD basés sur le modèle initial mais capables de réduire le temps de calcul ont été développés pour accélérer ce processus de refonte.

#### **Action B.2 : Développement du système de contrôle**

Premièrement, des modifications du P&ID et de la description du processus ont été nécessaires en 2019 pour tenir compte des écarts identifiés dans les simulations CFD. Ensuite, un nouveau P&ID et une nouvelle description du processus ont dû être réalisés courant 2020 en raison du changement de localisation de l'unité de démonstration Multi-AD. Il existe des différences significatives entre Viñedos Winery et AGE Winery en termes d'eaux usées (*c'est à dire*, débit et caractéristiques physico-chimiques), l'espace disponible pour la construction d'unités de démonstration, ainsi que l'interconnexion technique entre le prototype LIFE Multi-AD et la STEP existante de la cave. En conséquence, plusieurs modifications ont été nécessaires dans les spécifications du système de contrôle et dans la logique de contrôle PLC. À ce stade, sur la base du PID final et de la description des conditions de fonctionnement, nous devons reconstruire les spécifications du système de contrôle et la logique de contrôle PLC.

#### **Action B.3 : Conception et construction du 100 m<sup>3</sup>Unité de démonstration multi-AD**

Des modifications de la conception et de la configuration du réacteur ont été nécessaires au cours de cette période, en fonction des résultats du CFD et de la mise à l'échelle. En conséquence, la conception du séparateur triphasé a dû être entièrement modifiée à deux reprises. De plus, la suppression de la recirculation du biogaz impliquait que le débit de liquide devait être recalculé et évalué avec le modèle CFD, ce qui augmentait le temps nécessaire pour obtenir une solution. Ce retard dans le calcul des débits avait empêché de fixer les principaux éléments de l'installation (*c'est à dire*, pompes, canalisations et réservoirs) retardant la conception finale, l'acquisition des équipements.

De plus, cette action a été particulièrement affectée par les revers inattendus dus à l'épidémie de COVID-19. D'une part, le prototype, qui devait être situé dans la cave Viñedos (Aldeanueva, La Rioja), n'a pas pu y être construit. Le changement de localisation de l'unité de démonstration, comme mentionné ci-dessus, a eu une influence significative sur la conception du réacteur Multi-AD (*c'est à dire*, volume, géométrie et matériaux), ainsi que le reste des éléments qui faisaient partie de la solution technologique (*c'est à dire*, type de processus requis et dimensionnement de l'équipement, entre autres). Par exemple, un décanteur a été conçu pour éliminer la forte concentration de matières en suspension dans les eaux usées brutes. D'autre part, l'état d'alarme, survenu en 2020 en Espagne, n'a pas permis au consortium d'effectuer des mesures chez l'utilisateur final et les délais de livraison des fournisseurs de matériel ont été particulièrement affectés pendant la période qui a suivi l'état d'alarme. Par conséquent, en raison des revers attendus causés par l'épidémie de COVID, ainsi que du retard accumulé dans la phase de conception, l'exécution de l'action B3 a été plus lente que ce que le consortium avait prévu au premier trimestre 2020.

Malgré les efforts considérables déployés par le consortium pour rattraper le retard accumulé, il a été impossible de terminer la construction du prototype (TB.3.2) en octobre 2021.

#### **Action B.4 : Expérience de démonstration en environnement réel**

Les principaux problèmes rencontrés lors de cette action étaient liés à la phase de démarrage, notamment les problèmes détectés lors des tests pneumatiques et électromécaniques. La mise en œuvre des tests a conduit au diagnostic de deux défis principaux à résoudre : l'étanchéité aux gaz et le panneau électrique.

Ainsi, en référence à l'étanchéité aux gaz, ni le réacteur Multi-AD ni la conduite de biogaz n'ont réussi à maintenir la pression de service, ce qui a nécessité un contrôle des vannes et des soudures à l'aide d'une solution d'eau savonneuse. Une fois les pores identifiés, ils ont été réparés par soudure purgée. De plus, les mêmes tests ont identifié un réglage erroné de la pression dans les tubes plongeurs (*c'est à dire*, éléments de sécurité contre la surpression) installés dans le réacteur Multi-AD. Ce fait a nécessité une refonte, la construction et l'installation de nouveaux.

D'un autre côté, une refonte et des modifications des composants de l'armoire de puissance étaient nécessaires. Après avoir effectué les tests d'installation et électromécaniques, il a été diagnostiqué que le panneau de puissance présentait des défauts techniques qui empêchaient le bon fonctionnement de l'installation et la certification CE. Donc,

SIS et AEMA, profitant de leur savoir-faire, ont réalisé la refonte du tableau de puissance électrique et apporté les modifications nécessaires aux composants de l'armoire électrique.

L'apparition des problèmes techniques mentionnés a eu un impact évident sur le déroulement effectif du projet afin de ne pas compromettre la sécurité des personnes et du prototype ; différentes mesures ont été prises pour surmonter ou atténuer les problèmes en question. Ces faits ont entraîné un retard dans la mise en service du réacteur Multi-AD (*c'est à dire*, 5 mois), ce qui a obligé le consortium à replanifier la phase expérimentale. Ainsi, le processus de la phase de démonstration s'est déroulé sur 12 mois en deux étapes : la saison de pré-récolte et de récolte (de juillet à novembre) et la saison de non-récolte (de décembre à juin). Ce fait a permis d'évaluer les réacteurs Multi-AD sur les différentes étapes de production d'une cave.

Les circonstances à l'origine de ce retard et les résultats des mesures prises pour y remédier constituent une série d'enseignements d'une grande valeur pour le projet. Ces enseignements très importants constituaient un élément fondamental du caractère de démonstration du projet LIFE Multi-AD. Les risques et les contraintes rencontrés et résolus par le projet sont critiques pour la technologie. Les leçons apprises grâce au projet étaient donc censées être fondamentales pour la mise en œuvre et l'utilisation appropriées et réussies de la technologie à l'avenir. Ils ont été transmis aux parties prenantes et à la société à travers le rapport final et d'autres livrables qui transmettent les résultats du projet.

### **Action D.1 : Diffusion et communication**

Avant la pandémie de COVID, dans l'action TD1.2, le consortium avait identifié les prochaines difficultés : la distance temporelle entre un événement et un autre, le temps de réponse dans nos applications, le prix de certains événements recherchés. Dans ce contexte, nous recherchions davantage de conférences et de séminaires régionaux qui pourraient rendre l'investissement moins important et avoir un meilleur impact. Cependant, en raison de la pandémie de COVID, le consortium donne la priorité à la participation aux conférences et séminaires thématiques en ligne.

En outre, dans le but d'accroître l'impact du projet LIFE Multi-AD sur les pages Web et les médias sociaux, le plan de diffusion et de communication a été renforcé. Plus précisément, des nouvelles étaient périodiquement publiées sur la page Web du projet. L'actualité doit se concentrer sur l'attention portée aux problèmes abordés dans le projet. En revanche, des actions de diffusion et de communication au cours de la période 2021-23 ont été programmées de manière plus ponctuelle (forte visibilité) à travers la presse spécialisée, ainsi que des conférences et séminaires thématiques. Les actions de diffusion et de communication se sont concentrées, d'abord, sur la diffusion du développement du prototype, puis des résultats des expériences de démonstration, *c'est à dire*, réalisations.

### **Action E.1 : Gestion de projet**

Au début du projet, le partenaire n° 4, PURINES ALMAZÁN SL, a fait faillite et elle a dû être remplacée par ENERGY GREEN GAS ALMAZÁN SL. La nouvelle entreprise comprenait les mêmes chercheurs de PURAL et a donc réalisé les mêmes tâches sans aucun changement dans les objectifs du projet et dans le budget.

Après la deuxième réunion de suivi, l'AEMA a été encouragée à améliorer la gestion du projet, et plus particulièrement la gestion financière. C'est ce constat inquiétant qui a poussé l'AEMA à redéfinir l'organigramme du projet Multi-AD. Le tableau de projet original (*c'est à dire*, Conseil exécutif) présentait deux limitations majeures pour une bonne gestion. Sur un site, plusieurs membres du Directoire avaient quitté le e Projet Multi-AD Estibaliz Huete (AEMA), Gorka García (AEMA) et Luisa Cosme (PURAL) . En revanche, l'organigramme initial était trop plat et par la suite, toute la gestion technique et financière du projet est tombée entre les mains de quatre membres. Ainsi, la gestion du projet LIFE Multi-AD a été restructurée autour du CS et des équipes de mise en œuvre, comme le montre le schéma précédent (Figure 2). De plus, il comprenait un soutien externe à la gestion financière *c'est à dire*, PYRGUS en tant que consultant externe. Dans cette optique, afin d'assurer une gestion et une coordination appropriées des partenaires du projet, des réunions mensuelles ont été organisées par le coordinateur via la plateforme Microsoft Teams. Une copie de la présentation de ces réunions a été régulièrement envoyée à tous les partenaires. De plus, plusieurs réunions techniques ont été organisées entre partenaires afin d'améliorer le travail d'équipe dans chaque action.

Le prototype, qui devait être situé dans la cave Viñedos (Aldeanueva, La Rioja), n'a pas pu être construit sur place. L'état d'alerte en Espagne, conséquence du COVID, s'est intensifié avec

l'incertitude et les craintes du marché mondial. Face à cette situation économique, Viñedos Winery a décidé d'arrêter le projet dans ses installations. En effet, la cave s'attend à une baisse significative de ses ventes en 2020-2021 et, par conséquent, elle a décidé d'arrêter tout nouveau type de construction ou d'investissement. Dans ces circonstances externes, AEMA, en tant que bénéficiaire coordinateur, recherchait activement parmi ses clients un utilisateur final répondant à toutes les exigences de la validation de l'unité de démonstration Multi-AD : du site au secteur industriel. Parmi les différentes possibilités, le consortium a retenu AGE Winery, qui a accepté la construction et la validation du prototype Multi-AD sur sa STEP. AGE est une cave située dans la même région européenne que Viñedos Winery (*c'est à dire*, La Rioja), dans le même secteur industriel (*c'est à dire*, agroalimentaire), ainsi qu'à la même activité commerciale (*c'est à dire*, vignoble). De plus, AGE Winery appartient au Groupe Pernod Ricard, une grande entreprise de boissons alcoolisées fortement engagée en faveur de l'environnement. Ainsi, le consortium LIFE Multi-AD a trouvé que l'emplacement d'AGE Winery était la voie du succès. Pour toutes ces raisons, les objectifs initiaux du projet n'ont pas été modifiés par le nouvel emplacement. Les résultats attendus sur l'évaluation de la viabilité technique, économique et environnementale du réacteur Multi-AD ne seront pas affectés par le changement de site prototype.

Des revers techniques dans la conception du prototype, la mise à l'échelle du réacteur et le changement de localisation de l'unité de démonstration ont empêché le consortium de dépenser le préfinancement, principalement parce que l'AEMA n'avait pas acquis l'équipement et les matériaux nécessaires à la construction de l'usine de démonstration. En conséquence, le rapport à mi-parcours a été retardé par rapport à octobre 2019. De ce fait, il a été nécessaire de remplacer le rapport à mi-parcours par un rapport d'avancement prévu pour fin 2020.

Le consortium a demandé un report de la fin du projet compte tenu d'une période de prolongation de 16 mois. La mise en œuvre du projet LIFE Multi-AD a été confrontée, par rapport au calendrier initial, à certains défis liés à la conception et à la construction de l'unité de démonstration. Cependant, les circonstances rencontrées lors de la mise en œuvre du projet étaient exceptionnelles, imprévisibles et suffisamment exigeantes pour ne pas être couvertes par le délai tampon initial pris en compte pour les imprévus du calendrier. Les retards dans ces actions critiques ont rendu nécessaire de reporter la fin des activités, afin de garantir le maintien de la viabilité et des résultats du projet.

Finalement, AEMA (bénéficiaire coordinateur) a été rachetée par BONDALTI et sa nouvelle raison sociale est BONDALTI WATER. AEMA a conservé son numéro de TVA ESB26334045, mais il y a eu divers changements dans la structure organisationnelle de l'entreprise qui ont affecté, entre autres, le représentant légal. En effet, M. Víctor Navajas a perdu ses pouvoirs exécutifs après la dernière réorganisation du Conseil exécutif de l'AEMA. La représentation légale de l'AEMA auprès de la CE était assurée depuis juin 2023 par le Conseil d'administration, qui comprend actuellement M. Luís Rebelo da Silva, M. Pedro Pais, M. Mário Freire et M. Antonio Alonso. Plus

R&D, a agi comme interlocuteur principal du conseil d'administration susmentionné envers la CE .

Il est important de souligner que malgré les problèmes et difficultés que le consortium a rencontrés au cours de cette période ; il a continué à travailler pour les résoudre. Afin de faire face à ces imprévus, LIFE Multi-AD a mobilisé des ressources humaines pour rattraper le retard accumulé. De plus, le consortium essayait d'assumer le dépassement des dépenses sans affecter le budget initial du projet. Ainsi, le consortium LIFE Multi-AD, malgré les retards qu'il a pris, a trouvé des solutions adaptées pour résoudre les inconvénients, en apportant d'importantes modifications dans la conception du réacteur et du P&D, ainsi qu'en s'adaptant aux changements survenus. En conséquence, les objectifs du projet et du plan de travail ont été atteints avec succès.

### 6.3. Évaluation de la mise en œuvre du projet

#### 6.3.1. Évaluation de la méthodologie

Chaque action nécessitait des méthodes spécifiques pour mener à bien les activités et obtenir des résultats conformes aux objectifs. L'organisation interne prévue au début du projet a été adaptée car le consortium a dû être modifié en raison du départ de PURAL. La répartition des activités et les méthodologies ont été adaptées afin de garder les mêmes objectifs avec le même budget mais en tenant compte du profil du nouveau partenaire EGA et du moment d'approbation de sa participation.

En général, la méthodologie de travail présentée dans la proposition a donné les résultats escomptés. Cependant, quelques petits changements de méthodologie ont été envisagés afin d'adapter les actions à la situation réelle. En fait, le consortium a estimé que la méthodologie avec les changements introduits permettait d'atteindre les objectifs prévus à la fin du projet LIFE Multi-AD sans modifications significatives du budget global.

Le bénéficiaire responsable de chaque action a dirigé son exécution en adoptant les méthodes d'achats écologiques décrites dans le Livrable.D27 "Lignes directrices du projet LIFE Multi-AD pour mettre en œuvre les achats écologiques ». Des actions ont été menées en combinant différentes méthodologies en fonction des diverses classes de travaux : e-mails, contacts téléphoniques, réunions en ligne et/ou en face-à-face entre partenaires pour clarifier les spécifications ou convenir de décisions, entre autres.

L'utilisation des méthodologies mentionnées s'est avérée nécessaire pour traiter les problèmes soulevés de manière efficace. Par exemple, selon les cas, des instructions ou des messages écrits se sont révélés plus efficaces pour éviter les malentendus, tandis que dans d'autres cas, les appels téléphoniques étaient le moyen le plus utile pour résoudre rapidement les difficultés. Dans certaines occasions, la manière la plus éclairante était d'organiser une *sur place* réunion pour examiner les problèmes physiquement et ensemble de manière rentable, même si cette méthode s'est avérée très utile en combinaison avec les autres. Il est à noter que *sur place* les réunions ont été considérablement réduites en raison de la pandémie de COVID.

Le partenaire responsable de chaque action a régulièrement rendu compte de l'évolution de chaque action au Comité Technique. Ce comité a suivi de près l'avancement du projet afin de juger où il serait nécessaire ou non d'activer le Plan de Gestion des Risques Multi-AD et de mettre en œuvre soit les actions d'Atténuation, soit tout plan de Contingence jugé nécessaire. Si un problème ou un écart non pris en compte dans le plan de gestion des risques survient, le comité de pilotage se réunit en urgence afin de parvenir à une action corrective, ainsi que d'évaluer ses conséquences sur le projet.

Il est à noter que l'équipe multidisciplinaire qui forme le consortium international a trouvé des synergies entre les différents groupes, ce qui a enrichi la prise de décision et le développement du projet. Depuis fin 2020, chaque mois une assemblée générale se tient, et tous les partenaires présentent aux autres leurs avancées ou problèmes rencontrés. Ces réunions ont permis à tous les bénéficiaires du projet d'accroître leurs connaissances techniques dans d'autres disciplines, permettant de générer des discussions sur les différents sujets, très fructueuses.

Ces réunions ont permis un flux constant d'informations qui ont permis d'atteindre les objectifs du projet. De plus, la réunion mensuelle était une activité de team building et on a donc considéré que l'un des avantages les plus importants était la création d'une équipe solide et motivée, qui permettait de continuer avec succès l'exécution de toutes les actions. De plus, des réunions spécifiques ont été organisées pour chaque action, notamment une collaboration entre tous les partenaires des actions B, C et D.

### 6.3.2. Résultats

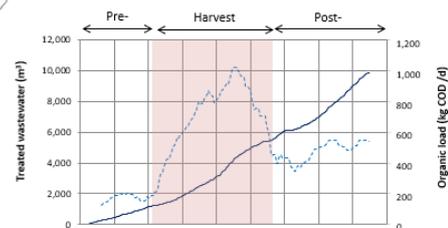
La mise en œuvre du projet LIFE Multi-AD a franchi les 10 étapes suivantes :



**Design and construction of 110 m<sup>3</sup> Multi-AD**  
1:1 industrial-scale in a real environment

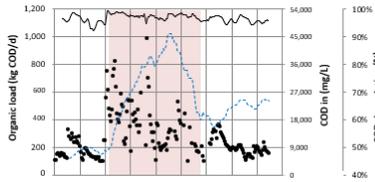


**Continuous operation mode (24/7)**  
10,000m<sup>3</sup> of treated wastewater

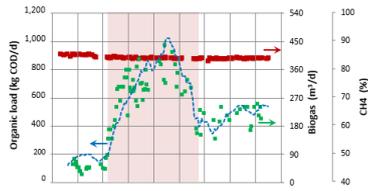




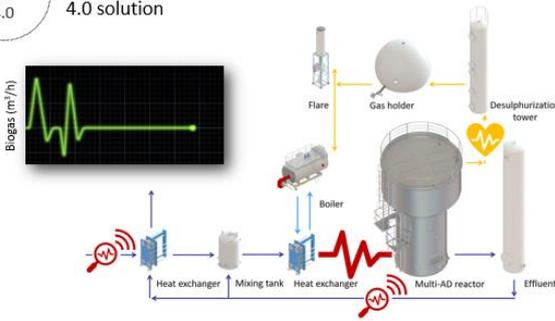
**High efficiency wastewater treatment**  
 COD reduction higher than 95%



**Production of renewable energy**  
 Methane higher than 80%



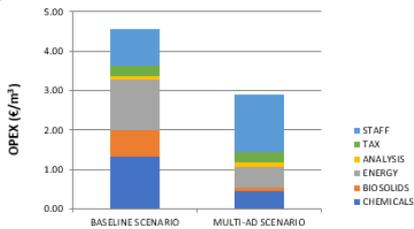
**Self-sufficient innovation and fully automated**  
 4.0 solution



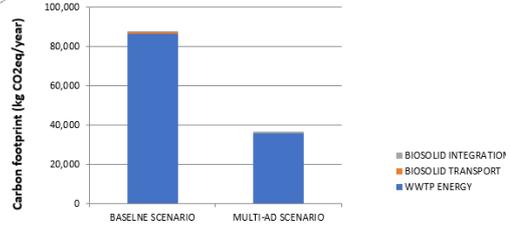
**Development of the "Anaerobic Reactor Design Tool"**  
 Design at *ad-hoc* from 25 to 500 m³



**Low operational expenditures**  
 OPEX reduction higher than 33%



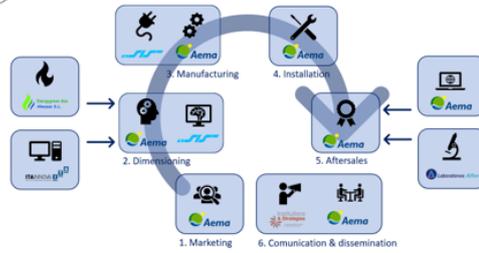
**Low carbon footprint**  
 Reduction higher than 50%



**Certification and IPR for market launching**  
 CE marking and initiated process for IPR protection



**Development of business strategy**  
 164 Multi-AD devise in F&D SMEs in 2030



Les résultats attendus pour chaque action ont été analysés par comparaison avec les résultats obtenus dans le cadre du reporting période comme indiqué dans le tableau 13.

**Tableau 13.** Les résultats obtenus sont comparés aux objectifs et aux résultats attendus prévus dans la proposition.

Action	Prévu dans la proposition révisée	Réalisé	Évaluation
<b>B1 : Fluide dynamique analyse</b>	<p><i>Objectifs:</i></p> <p>Pour fixer les principales dimensions du recteur Multi-AD à l'échelle industrielle.</p> <p><i>Résultats attendus:</i></p> <p>Proposition de conception d'un nouveau 100 m<sup>3</sup>digesteur                      Validation du modèle CFD à partir des données du prototype existant de 100 L.</p>	Pleinement <b>100%</b>	Définition des besoins effectuée. Description du système et données expérimentales réalisées. Définition, validation et analyse du modèle CFD pour la mise à l'échelle. Proposition de conception pour un 100 m <sup>3</sup> digesteur terminé. Sélection des critères de mise à l'échelle effectuée. Proposition finale pour le 100 m <sup>3</sup> digesteur terminé. <i>Livrables :</i> <b>D1.</b> "Présentation décrivant le modèle CFD et sa validation » soumise. <b>D2.</b> "Rapport décrivant le modèle CFD et les critères de mise à l'échelle » soumis.
<b>B2 : Contrôle système développement</b>	<p><i>Objectifs:</i></p> <p>Concevoir et développer un système de contrôle avancé qui optimisera le fonctionnement de MultiAD en ajustant les variables des sorties contrôlables.</p> <p><i>Résultats attendus:</i></p> <p>Système SCADA fonctionnel pour unité industrielle Multi-AD.</p>	Pleinement <b>100%</b>	Définition des paramètres surveillés effectuée. Système de contrôle avancé : P&ID effectué. Stratégie du système de contrôle terminée. Architecture du système de contrôle réalisée. <i>Livrables :</i> <b>D3.</b> "Spécification du système de contrôle » soumise. <b>D4.</b> "Logique de contrôle PLC et armoire électrique »soumis. <b>D5.</b> " Résultats des tests du système de contrôle »soumis.
<b>B3 : Conception et construction de le 100 m<sup>3</sup>Unité multi-AD</b>	<p><i>Objectifs:</i></p> <p>Concevoir et construire une solution technologique basée sur le premier dispositif Multi-AD à l'échelle industrielle.</p> <p><i>Résultats attendus:</i></p> <p>Conception réalisable du réacteur.                      Construction du 100m<sup>3</sup>Unité de démonstration multi-AD. FAT pour le contrôle des processus.</p>	Pleinement <b>100%</b>	Mise à l'échelle du réacteur terminée. Flux de diagramme de processus conçu. Réacteur multi-AD fabriqué. Équipements périphériques de solution technologique Multi-AD conçus et fabriqués. Travaux de génie civil terminés. Solution technologique Multi-AD mise en place. Système de contrôle mis en place. <i>Livrables :</i> <b>D6.</b> "Dessins et composants du 100 m <sup>3</sup> Unité de démonstration Multi-AD »soumise. <b>D7.</b> "Rapport sur la construction du 100 m <sup>3</sup> Unité de démonstration Multi-AD »soumise. <b>D8.</b> "Dessins et composants du 100 m <sup>3</sup> Unité de démonstration Multi-AD »soumise.

**Tableau 13.** Les résultats obtenus sont comparés aux objectifs et aux résultats attendus prévus dans la proposition (suite de la page précédente).

Action	Prévu dans la proposition révisée	Réalisé	Évaluation
<b>B4 : Expérience de démonstration dans un environnement réel</b>	<p><i>Objectifs:</i>                      Valider en environnement industriel réel les 100 m<sup>3</sup>                      Unité de démonstration multi-AD.</p> <p><i>Résultats attendus:</i>                      Adaptation des boues granulaires et réaction anaérobie stable.                      Le 100 m<sup>3</sup>/unité de démonstration atteint les valeurs de performances attendues.</p>	Pleinement <b>100%</b>	Démarrage du 100 m <sup>3</sup> unité de démonstration terminée. Exécution des procédures de tests effectuées. Re-conception et optimisation du scale-up réalisé. Validation de la conception finale effectuée.  <i>Livrables :</i> <b>D9.</b> "Démarrage du 100 m <sup>3</sup> unité de démonstration installée » soumis. <b>J10.</b> "Rapport avec les conclusions du test du 100 m <sup>3</sup> unité de démonstration à la cave » soumis. <b>D11.</b> "Rapport sur l'optimisation de la conception et du système de contrôle du Multi-AD » soumis.
<b>B5 : Réacteur anaérobie outil de conception</b>	<p><i>Objectifs:</i>                      Développer un outil de conception pouvant être utilisé pour pré-concevoir et optimiser de nouveaux appareils Muti-AD.</p> <p><i>Résultats attendus:</i>                      ROM pour le digesteur disponible pour l'optimisation du contrôle et pour l'outil de conception.                      Outil de conception de réacteur anaérobie.</p>	Pleinement <b>100%</b>	Définition de la conception standard de l'usine effectuée. Définition des exigences de contrôle et d'instrumentation effectuée. Définition de la simulation du système effectuée. Modèles multi-physiques réalisés. Modèle temps réel du réacteur réalisé. Amélioration basée sur les données du modèle temps réel réalisée. Mise en œuvre effectuée. Mise à jour du prototype 100 L et collecte des données effectuée. Développement d'une interface graphique et d'un service cloud.  <i>Livrables :</i> <b>D12.</b> "Modèles de système pour les usines modèles définis conjointement par l'AEMA et ITAINNOVA » soumis. <b>D13.</b> "Application Web et interface graphique »soumis.
<b>B6 : Lancement sur le marché préparation</b>	<p><i>Objectifs:</i>                      Mettre en œuvre la stratégie commerciale de développement et prendre en charge les tâches de réglementation et de protection des connaissances.</p> <p><i>Résultats attendus:</i>                      Plan d'affaires.</p>	Pleinement <b>100%</b>	Stratégie de commercialisation terminée. Étapes préparatoires à la commercialisation effectuées. Gestion des DPI soumise. Acquisition des certifications nécessaires effectuée.  <i>Livrables :</i> <b>D14.</b> "ROI pour les clients Multi-AD » soumis. <b>J15.</b> "Plan d'affaires » soumis. <b>J16.</b> "Plan de répliquabilité et de transférabilité » soumis. <b>J17.</b> " Actions et certifications de gestion des DPI » soumises.

**Tableau 13.** Les résultats obtenus sont comparés aux objectifs et aux résultats attendus prévus dans la proposition (suite de la page précédente).

Action	Prévu dans la proposition révisée	Réalisé	Évaluation
<b>C1 : Suivi de l'impact des actions</b>	<p><i>Objectifs:</i> Assurer le suivi réglementaire de la conformité des évolutions en Multi-AD.</p> <p><i>Résultats attendus:</i> Rapports sur le suivi de l'impact de l'action terminée avec succès. Mise à jour du webtool KPI</p>	<p>Pleinement <b>100%</b></p>	<p>Paramètres permettant de spécifier la ligne de base déterminée. Une liste d'indicateurs a été réalisée. Mise à jour du KPI réalisé à 50% (jusqu'au rapport mi-parcours). Suivi des impacts techniques du projet réalisé. Évaluation de l'impact socio-économique effectuée. Évaluation de l'impact environnemental effectuée.</p> <p><i>Livrables :</i> <b>J18.</b>"Premier rapport sur le suivi de l'impact des actions » soumis. <b>D19.</b>"Deuxième rapport sur le suivi de l'impact des actions » soumis. <b>J20.</b>"Troisième rapport sur le suivi de l'impact des actions » soumis</p>
<b>D1 : Diffusion et communication</b>	<p><i>Objectifs:</i> Fournir à LIFE Multi-AD suffisamment d'outils et de ressources pour mener à bien une activité de communication réussie et atteindre une large diffusion des activités du projet.</p> <p><i>Résultats attendus:</i> Publication du site Internet dédié au projet.</p>	<p>Pleinement <b>100%</b></p>	<p>Plan de diffusion et de communication réalisé. Matériel de diffusion réalisé (<i>c'est à dire</i>, page web, Twitter, Facebook, LinkedIn, dépliant, roll-up et affiche). Participation à des conférences thématiques effectuée (<i>c'est à dire</i>, 30 événements). Atteindre les parties prenantes concernées 33 % réalisé (<i>c'est à dire</i>, plus de 100 prestataires, plus de 80 clients et 5 plateformes technologiques). Activités de communication réalisées (<i>c'est à dire</i>, 3 communiqués de presse et 58 actualités publiés, 2 ateliers techniques et 5 événements locaux ont été organisés).</p> <p><i>Livrables :</i> <b>D21.</b>"Diffusion et communication : rapport sur les activités prévues » soumis. <b>D22.</b>"Rapport à mi-parcours sur la diffusion et la communication achevées et prévues » soumis. <b>D23.</b>"Bref rapport contenant les principaux points forts de la technologie pertinente pour les décideurs politiques » soumis. <b>D24.</b>"Documents de diffusion et de communication produits, notamment des panneaux d'affichage, un rapport destiné aux profanes et un site Web » soumis. <b>D25.</b>"Rapport indiquant les événements ou les médias contactés pour multiplier l'impact du projet » soumis. <b>D26.</b>"Plan de diffusion et de communication d'After-LIFE » soumis.</p>

**Tableau 13.** Les résultats obtenus sont comparés aux objectifs et aux résultats attendus prévus dans la proposition (suite de la page précédente).

Action	Prévu dans la proposition révisée	Réalisé	Évaluation
<b>E1 : Gestion de projet</b>	<p><i>Objectifs:</i>                      S'assurer d'une gestion et de la coordination appropriée.</p> <p><i>Résultats attendus:</i>                      Réussite du projet</p>	Pleinement 100%	<p>Accord de consortium signé.                      Engagement de subvention signé. 6 réunions d'avancement réalisées.                      5 assemblée générale réalisée. Réunions mensuelles par réunions en ligne. Gestion des risques terminée                      Mise en œuvre des achats écologiques terminée.                      Rapport d'avancement soumis.                      Mi-parcours soumis.                      Rapport d'avancement soumis                      Rapport final soumis</p> <p><i>Livrables :</i>  <b>D27.</b> "Lignes directrices du projet LIFE Multi-AD pour mettre en œuvre les achats écologiques » soumises.  <b>D28.</b> "Rapport sur la gestion du projet LIFE Multi-AD » soumis.</p>

### 6.3.3. Visibilité des résultats

La visibilité des résultats a été étendue dès le départ grâce à l'échelle 1:1 dans l'environnement industriel et au projet « proche du marché ». De cette façon, l'installation de démonstration LIFE Multi-AD a impliqué plus de collaborateurs et de fournisseurs qu'un prototype à plus petite échelle et, par la suite, la visibilité du projet et de ses résultats a été augmentée. De plus, à mesure que le caractère démonstratif de l'usine de démonstration s'est renforcé pour obtenir des résultats plus solides, un réel intérêt des parties prenantes a été détecté dans les interactions, les réunions et les visites.

Dans cette ligne, la visibilité des résultats devrait continuer à être active après le projet LIFE Multi-AD. L'engagement du consortium à parvenir à des accords pour les étapes futures et l'intérêt pour l'initiative de la part de plusieurs parties prenantes soulignent ce cadre pour un avenir proche.

Concrètement, les résultats des actions menées dans le cadre du projet peuvent être considérés comme visibles. Par exemple, l'avancée des travaux de construction a conduit à des changements progressifs sur le site, avec de plus en plus d'éléments conçus, construits, reçus et installés (B3 « Conception et construction du 100 m<sup>3</sup>Unité de démonstration Multi-AD »). Les images de la figure 22-23 montrent un moment de ce travail visible.

Les résultats de cette action B3 ainsi que d'autres concernant la conception du prototype (B1 « Analyse dynamique des fluides ») et le développement du système de contrôle (B2 « Développement du système de contrôle »), tous utilisés dans la phase de démonstration (B4 « Expérience de démonstration en situation réelle »), étaient visibles dans la seconde moitié du projet.

La visibilité des résultats de l'action B5 « Outil de conception de réacteur anaérobie » et B6 « Préparation de la mise sur le marché » a été obtenue à la fin du projet avec respectivement l'outil de conception de réacteur anaérobie et le plan d'affaires. Les deux produits contribuent à catalyser la répliquabilité et la transférabilité des solutions technologiques Multi-AD après le projet LIFE.

Enfin, d'autres résultats concernant d'autres types d'actions tels que la communication et la diffusion étaient continuellement visibles tout au long de la vie du projet ainsi qu'après sa vie.

### 6.3.4. Impact de l'amendement sur les résultats obtenus

La nouvelle configuration du Consortium approuvée par la Commission s'est avérée non seulement nécessaire, car un partenaire a quitté le projet (*c'est à dire*, PURAL) mais aussi efficace, puisque l'apport du nouveau partenaire EGA a répondu aux attentes et a apporté des contributions intéressantes à l'avancement du projet comme la conception de la conduite de biogaz ou la gestion administrative et financière. Si la nouvelle structure du Consortium n'avait pas été convenue, la faisabilité du projet aurait été compromise et les résultats obtenus jusqu'à présent n'auraient donc pas été produits.

Le changement de localisation de l'unité de démonstration LIFE Multi-AD peut être qualifié de succès. AGE Winery fait partie de Pernod Ricard Winemakers, la filiale viticole en propriété exclusive du producteur français de vins et spiritueux Pernod Ricard, l'une des plus grandes sociétés de boissons alcoolisées au monde. Plus précisément, en Espagne, l'entreprise viticole possède six caves, réparties dans quatre Appellations d'Origine (AGE, Campo Viejo et Ysios dans la Rioja ; Tarsus, dans la Ribera del Duero ; Aura, dans la Rueda ; et Vinícola Navarra, dans la Navarre). Pernod Ricard pourrait donc contribuer à la répliquabilité future de la solution technologique LIFE Multi-AD.

De plus, Pernod Ricard est un leader mondial en matière de développement durable. En fait, elle a récemment dévoilé sa feuille de route pour la durabilité et la responsabilité 2030, composée de huit objectifs alignés sur les objectifs de développement durable des Nations Unies. Il s'agit notamment de réduire son empreinte carbone de 50 % et de s'engager en faveur d'un approvisionnement durable en eau, objectifs numéro 6 et 7, qui correspondent très bien à l'objectif principal de la solution technologique LIFE Multi-AD.

Enfin, la mise en œuvre du projet LIFE Multi-AD a été confrontée, par rapport au calendrier initial, à certains défis liés à la conception et à la construction de l'usine pilote. Il en résulte des efforts et du temps supplémentaires inévitables pour faire face à ces circonstances exceptionnelles, dans le but d'éviter les dangers et les risques liés à l'exploitation de la centrale.

Les circonstances rencontrées dans la mise en œuvre du projet, directement ou indirectement liées à la pandémie de COVID, étaient *un*) exceptionnel, *b*) imprévisible et *c*) suffisamment exigeant pour ne pas être couvert par le délai tampon initial pris en compte pour les imprévus du calendrier du projet. Les retards dans ces actions critiques ont nécessité de reporter la fin des activités de 16 mois, afin de garantir le maintien de la viabilité et des résultats du projet.

Ce deuxième amendement a permis au consortium de mener une solide phase de démonstration. Le prototype a fonctionné 24 heures sur 24, 365 jours, traitant plus de 10 000 m<sup>3</sup> en deux campagnes différentes : Récolte (d'août à novembre) et Hors-récolte (de décembre à juillet). Ce fait a permis d'évaluer les réacteurs Multi-AD sur les différentes étapes de production, ce qui était considéré comme essentiel pour une industrie F&D telle que la cave.

### 6.3.5. Résultats des efforts de réplication

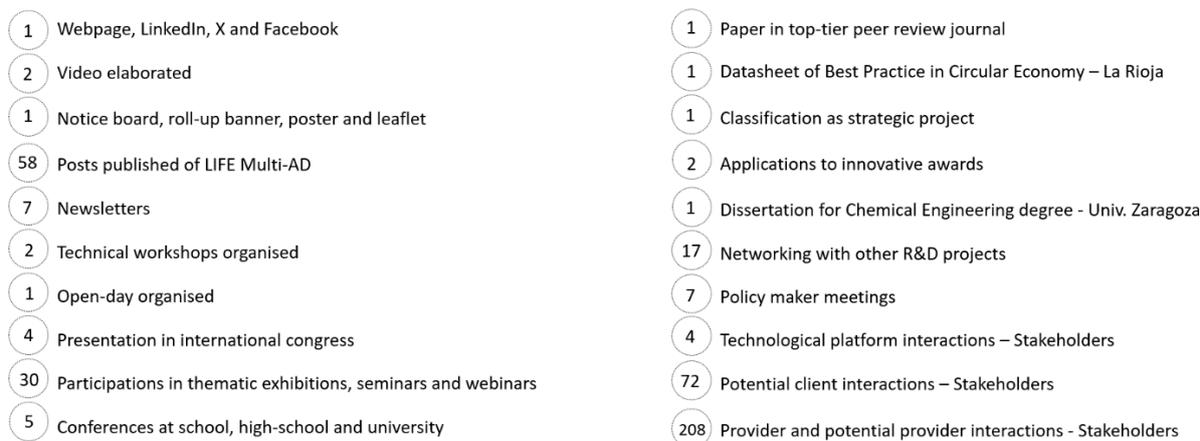
Aucune réplication de projet n'a été développée avec le projet. En effet, le projet a produit des résultats qui nous permettront de démontrer la faisabilité de la solution technologique LIFE Multi-AD après la réplication correspondante. En fait, le consortium a créé un plan de répliquabilité et de transférabilité afin de faciliter le déploiement de Multi-AD à grande échelle, transfrontalier et transsectoriel.

Cependant, il est important de souligner que l'unité de démonstration continuera à fonctionner dans AGE Winery à la fin du projet, démontrant la faisabilité technique, économique et environnementale de la technologie Multi-AD. L'objectif principal de cette action est de mener un processus d'amélioration continue de l'installation pour améliorer le service de conception et de maintenance dans les futures usines Multi-AD.

Le dispositif Multi-AD traitera toutes les eaux usées de la cave, ainsi que d'autres effluents des industries environnantes pendant les périodes hors saison afin de maximiser la capacité de traitement du système anaérobie. De plus, Multi-AD sera un pôle d'innovation pour les procédés anaérobies. Plus précisément, de futures initiatives de R&D seront demandées pour accroître l'efficacité et l'efficacité de l'installation (*par exemple*, couplage de jumeaux numériques et de panneaux solaires), une formation spécialisée sur les processus anaérobies sera dispensée aux directeurs et opérateurs d'usines, de nouveaux équipements et instruments seront testés et validés pour une installation dans d'autres usines Multi-AD. De plus, l'usine en exploitation pourra être visitée par de futurs clients pour faciliter le processus de vente afin d'accélérer la réplication technologique.

### 6.3.6. Efficacité de la diffusion et inconvénients majeurs

L'impact des activités de diffusion (Action D « Diffusion et communication ») décrites ci-dessus, principalement des événements, a généré de grandes attentes de la part des parties prenantes. Les actions de diffusion ont permis de recevoir des contacts de profils divers : collaborateurs d'autres projets, chercheurs, etc. La figure 63 montre quelques réalisations :



**Figure 63.** Données sur les réalisations résultant de la communication et de la diffusion du projet LIFE Multi-AD.

La pandémie de COVID-19 a été considérée comme le principal inconvénient de l'action de communication et de diffusion. Cette situation extraordinaire limite le nombre de congrès et de foires. Ce défi a été relevé

en réseautant en ligne. De plus, le consortium a convenu de programmer ces activités de deux manières. Les actions au cours de la période 2018-2020 ont été programmées de manière plus généraliste (discrète) à travers les blogs, les sites Web et les médias sociaux. Le consortium s'est attaché à attirer l'attention sur les problèmes abordés dans le projet.

Les actions au cours de la période 2021-23 ont été programmées de manière plus spécifique (forte visibilité) à travers la presse spécialisée, ainsi que des congrès et événements. Le consortium s'est donc concentré sur la diffusion des résultats au cours de la dernière partie du projet.

### 6.3.7. Impact politique

Le projet LIFE Multi-AD contribuera à atteindre les objectifs européens en aidant à la mise en œuvre de plusieurs réglementations concernées. En fait, le projet LIFE Multi-AD est pertinent pour différents domaines politiques :

#### **Prévention et contrôle intégrés de la pollution**

Le projet LIFE Multi-AD a développé une technologie de traitement des eaux usées à prendre en compte dans la détermination de la meilleure technique disponible (MTD) dans le secteur des aliments, des boissons et du lait (FDM), ainsi que dans les abattoirs et les industries de sous-produits animaux, conformément à la directive sur les émissions industrielles 2010/75/UE Prévention et contrôle intégrés de la pollution (IPPC).

Ainsi, le Multi-AD peut être considéré comme la seule alternative technique pour les PME agroalimentaires, en cohérence avec le fait que les réacteurs anaérobies MTD tels que le lit de boues anaérobies à flux ascendant (UASB), le lit de boues granulaires expansées (EGSB) ou la circulation interne (IC) sont déjà mis en œuvre dans les grandes industries F&D.

Le projet LIFE Multi-AD a démontré la capacité technique, économique et environnementale d'une technologie innovante pour dégrader les composés organiques biodégradables présents dans les eaux usées des PME agroalimentaires à l'échelle industrielle. La solution technologique Multi-AD est capable, d'une part, de traiter des effluents industriels à forte charge organique avant traitement aérobie, ainsi que de valoriser la pollution grâce à la valorisation énergétique issue de la méthanisation.

Par conséquent, le réacteur LIFE Multi-AD, en tant que traitement anaérobie, est identifié comme l'une des techniques dont la combinaison appropriée devrait être utilisée par les abattoirs FDM et les industries de sous-produits animaux afin de réduire les émissions dans l'eau conformément à la décision d'exécution (UE) de la Commission. 2019/2031 établissant la conclusion MTD en vertu de la directive 2010/75/UE.

#### **Eau**

Le projet LIFE Multi-AD contribuera à garantir une utilisation sûre et efficace des ressources en eau, afin de disposer d'un secteur industriel économe en ressources dans l'ensemble de l'UE. La mise en œuvre de cette technologie éco-innovante favorisera le respect de la directive-cadre européenne sur l'eau (2000/60/CE) et des objectifs fixés par l'EIP-Water, en fournissant aux PME européennes du secteur alimentaire une solution de pointe alignée sur les objectifs mondiaux, fixé dans la stratégie Europe 2020.

De plus, les réalisations du projet LIFE Multi-AD sont alignées sur le nouveau plan d'action de la CE pour l'économie circulaire adopté en mars 2020. La solution technologique LIFE Multi-AD contribuera à la transition de l'UE vers une économie circulaire qui réduira la pression sur les ressources naturelles : faible utilisation des Ressources (*c'est à dire*, composés chimiques et énergie) et une faible génération de déchets (*c'est à dire*, boues). Ce fait a été démontré par l'inclusion de LIFE Multi-AD dans le guide des meilleures pratiques en économie circulaire de La Rioja.

D'autre part, la solution technologique LIFE Multi-AD, en tant que traitement anaérobie, est très efficace pour éliminer les composés organiques biodégradables, laissant dans les effluents des composés minéralisés comme l'ammonium, le phosphate ou le sulfure. Ces nutriments pourraient être valorisés au moyen de techniques de fertirrigation, en réutilisant l'eau pour l'irrigation agricole dans les zones entourant l'industrie comme les vignobles. La réutilisation de l'eau pourrait potentiellement réduire le besoin d'applications supplémentaires d'engrais minéraux, comme le propose le règlement (UE) 2020/741 du Parlement européen et du Conseil du 25 mai 2020 concernant les exigences minimales en matière de réutilisation de l'eau.

Enfin, la répliquabilité des solutions technologiques Multi-AD conduira à un traitement décentralisé des eaux usées dans les industries agroalimentaires. Cela minimisera la pression sur les STEP urbaines qui reçoivent habituellement ce type d'effluents bruts à forte concentration de matière organique biodégradable provenant des PME. Par conséquent, la technologie Multi-AD facilitera le respect de la nouvelle directive sur le traitement des eaux urbaines résiduaires, qui réduit considérablement les limites de rejet pour les paramètres physico-chimiques par rapport à la directive 91/271/CEE concernant le traitement des eaux urbaines résiduaires.

## Boue

Les réalisations du projet LIFE Multi-AD répondent aux besoins définis dans le scénario de référence résultant des évaluations sur la gestion des boues d'épuration réalisées par la DG Environnement de la CE dans le processus engagé pour la révision de la directive 86/278/CEE, sur la protection de l'environnement, et notamment des sols, lors de l'utilisation des boues d'épuration en agriculture. LIFE Multi-AD est cohérent avec la feuille de route pour une Europe efficace dans l'utilisation des ressources en ce qui concerne l'objectif de transformer les déchets en ressources.

La solution technologique LIFE Multi-AD, étant un processus anaérobie, minimise la production de boues et facilite donc l'application de la nouvelle législation sur la nutrition durable des sols : le décret royal espagnol 1051/2022, qui établit des normes pour une nutrition durable des sols agricoles. Il est important de souligner que cette législation espagnole limite l'épandage agricole des boues d'épuration.

## Neutralité climatique

Les réalisations du projet LIFE Multi-AD sont correctement alignées sur la vision stratégique à long terme de la Commission européenne pour la neutralité climatique d'ici 2050. La stratégie montre comment l'Europe peut ouvrir la voie à la neutralité climatique en investissant dans des solutions technologiques réalistes et en alignant ses actions dans des domaines clés tels que politique industrielle.

Selon Food Drink Europe, « la fabrication européenne de produits alimentaires et alimentaires représente environ 1,5 % des émissions totales de GES de l'UE ». LIFE Multi-AD, grâce principalement à une consommation d'énergie plus faible, a une empreinte carbone plus faible que le système aérobie et contribuera donc à réduire les émissions nettes de GES d'au moins 55 % d'ici 2030, par rapport aux niveaux de 1990, ainsi qu'au climat de 2050. objectif de neutralité.

## Numérisation

Les réalisations de LIFE Multi-AD sont alignées sur la future nouvelle loi industrielle espagnole (qui remplace la loi 21/1992), qui couvrira des domaines d'importance majeure tels que la neutralité climatique et l'économie circulaire, la transformation numérique, la sécurité et la qualité industrielles, ou le modèle de gouvernance.

Cette future législation s'appuie sur la Politique Industrielle Espagne 2030, qui a identifié les principaux défis auxquels est confrontée l'industrie manufacturière : la transformation numérique basée sur les données dans le domaine de l'industrie et des services ; renforcer son poids dans l'économie espagnole et augmenter la taille des entreprises industrielles ; améliorer l'efficacité de la gestion de l'eau, des déchets, de l'énergie et des ressources, des émissions et des énergies renouvelables dans le cadre de l'économie circulaire.

Ainsi, la technologie LIFE Multi-AD, une solution autonome et entièrement automatisée basée sur les concepts de l'Industrie 4.0 et de l'IoT, accroît la numérisation dans l'industrie manufacturière en permettant le redéploiement des ressources humaines vers des postes à plus forte valeur ajoutée. De plus, le contrôle opérationnel avancé du LIFE Multi-AD permet, en fonctionnement continu, un processus robuste avec de faibles coûts opérationnels. Cette augmentation de fait réduit les coûts environnementaux des industries, augmentant ainsi leur compétitivité.

## 6.4. Analyse des bénéfices

### 6.4.1. Avantages environnementaux

L'industrie agroalimentaire est le plus grand secteur manufacturier de l'UE, caractérisé par le fait qu'il est principalement composé de PME (>99 %). L'eau est un élément essentiel des processus industriels de ce secteur. Ainsi, plusieurs opérations nécessitent l'utilisation d'eau telles que les opérations régulières, les procédures de nettoyage, l'ingrédient/additif ou le refroidissement. De ce fait, l'industrie agroalimentaire rejette un volume élevé d'eaux usées, qui contiennent une teneur élevée en matière organique biodégradable, ce qui entraîne une pression environnementale importante. De nos jours, le traitement des eaux usées des PME appartenant au secteur F&D se fait généralement par procédé aérobie. En raison de la sélection typique du processus, du traitement biologique aérobie,

la consommation relative d'énergie est élevée. De plus, en raison de l'élimination typique des biosolides sur site ou à proximité sans récupération du biogaz, il existe peu ou pas de possibilité de compensation des émissions de carbone.

LIFE Multi-AD permet aux PME du secteur F&B de traiter de manière respectueuse de l'environnement leurs effluents d'eaux usées, réduisant considérablement la production de boues et de résidus, et permettant une meilleure valorisation des sous-produits et du biogaz. Cela se traduira par des eaux usées mieux traitées qui seront renvoyées dans l'environnement, avec un besoin minimal d'énergie, et par la génération de biogaz riche en méthane qui sera utilisé dans les industries.

## Eau

Le projet LIFE Multi-AD est basé sur un processus anaérobie, considéré comme l'une des alternatives les plus durables pour le traitement des eaux usées. La solution technologique LIFE Multi-AD peut être considérée comme la solution pour réaliser un traitement optimal des eaux usées générées par l'industrie F&D, en termes de coût énergétique (57% d'énergie en moins), d'utilisation de réactifs dangereux (réduction de 100% de la génération de liquide oxygène et réduction de 74%, 54% et 89% des besoins en urée, acide phosphorique et polyélectrolyte) et des boues à gérer (89% de boues en moins sont générées par rapport aux digesteurs aérobies).

De plus, le traitement anaérobie lui-même est très efficace pour éliminer les composés organiques biodégradables, laissant dans les effluents des composés minéralisés comme l'ammonium, le phosphate ou le soufre. Ces nutriments pourraient être valorisés au moyen de techniques de fertirrigation, en réutilisant l'eau pour l'irrigation agricole dans des zones hors industrie. Ainsi, la réutilisation de l'eau pourrait potentiellement réduire le besoin d'applications supplémentaires d'engrais minéraux.

## Émissions de serre

Le projet LIFE Multi-AD peut également être considéré comme un projet lié au climat, puisqu'il réduit de 59 % les émissions de CO<sub>2</sub> et de 57% les besoins énergétiques pour le traitement des eaux usées de chaque industrie qui met en œuvre notre système. Cette réduction est obtenue par la combinaison de deux faits clés :

- Contrairement aux réacteurs aérobies, Multi-AD n'a pas besoin de soufflantes à haute consommation d'énergie (50 à 75 % de l'énergie consommée dans la STEP du secteur F&D est associée aux soufflantes).
- La génération de gaz riche en méthane au cours du processus fournit une source d'énergie pour (e) faire fonctionner le réacteur Multi-AD (c'est à dire, consommation nette d'énergie provenant de sources d'énergie renouvelables) et (i) convertir d'autres opérations avec l'industrie (par exemple, bouillir ou chauffer).

Étant donné que 99 % des industries agroalimentaires de l'UE27 sont des PME (nos utilisateurs cibles) – qui dépendent actuellement de l'un ou l'autre de réacteurs aérobies – le projet LIFE Multi-AD a un énorme potentiel pour réduire les émissions de CO<sub>2</sub> des aliments et boissons dans l'ensemble de l'UE et contribuer ainsi à l'atténuation du changement climatique.

## Boue

Le projet LIFE Multi-AD apporte d'autres avantages environnementaux importants qui découlent principalement du fait qu'avec Multi-AD, 89 % de boues en moins sont générées. Par ailleurs, il est important de noter que les boues anaérobies sont bien stabilisées. La gestion des boues est devenue l'un des problèmes les plus critiques pour l'industrie des eaux usées dans le monde, en raison de l'augmentation très rapide de la production de boues résultant du nombre croissant de nouvelles stations d'épuration, du plus grand nombre d'industries et du plus grand nombre d'habitants connectés aux systèmes d'égouts existants et de la modernisation des installations existantes pour répondre aux besoins. des critères de sortie plus stricts.

### 6.4.2. Bénéfices économiques

L'industrie agroalimentaire apporte une contribution majeure à l'économie européenne. L'industrie conserve les caractéristiques d'un secteur stable, résilient et robuste. L'industrie alimentaire et agroalimentaire de l'UE a généré un chiffre d'affaires de 1 121 milliards d'euros, soit une valeur ajoutée de 1,9 % du brut de l'UE, et emploie 4,6 millions de personnes (2022). En outre, l'industrie agroalimentaire est un secteur mondial très gourmand en eau, comme nous l'avons mentionné précédemment. En fait, les volumes d'eaux usées provenant du secteur F&D produisent environ 2,17 millions de m<sup>3</sup>/j d'eaux usées en Europe selon la revue technique Industrial WaterWorld. De plus, les eaux usées de l'industrie agroalimentaire contiennent beaucoup de matières organiques et pourraient atteindre jusqu'à 50 kg de DCO/m<sup>3</sup>, ce qui entraîne une pression environnementale importante.

Les PME appartenant au secteur F&D traitent généralement leurs eaux usées au moyen de réacteurs aérobies présents

soit dans leur propre STEP industrielle ou en ce STEP urbaine centralisée. Le processus aérobie implique des coûts énergétiques élevés ( en moyenne entre 4 et 5 €/m<sup>3</sup> ). Un des principaux facteurs qui rendent ce processus coûteux est les besoins élevés en oxygène du système, qui sont appliqués à travers les boues activées par des machines de soufflage d'air. Ce procédé d'aération représente entre 50 à 75 % des coûts d'exploitation d'une STEP industrielle. En plus, durant le processus de traitement, il est généré un excès de boues dont la gestion conduit à des surcoûts (en moyenne 60 €/tonne pour l'application agricole après le nouveau décret royal espagnol 1051/2022 qui établit des normes pour une nutrition durable des sols agricoles ).

Ces facteurs font de la technologie LIFE Multi-AD la solution pour réaliser un traitement optimal des eaux usées générées par l'industrie agroalimentaire, en termes de coûts énergétiques (aucune aération n'est nécessaire) et de boues à gérer (environ 99 % de quantité en moins). Les boues sont générées que dans les digesteurs aérobies, ce qui implique d'énormes économies. Moreover, la solution technologique LIFE Multi-AD génère du biogaz en abondance ( 0,36 m<sup>3</sup>/kg DCO retirée ). Cette énergie renouvelable autoproduite est riche à 84% en méthane ( 2,7 kWh<sub>thermique</sub>/kg DCO éliminée et 0,9 kWh/kg DCO éliminée ), ainsi que peut être utilisé partiellement (60-65%) pour l'exploitation du réacteur anaérobie et partiellement (excédent de 35 à 40%) pour les autres opérations (*par exemple*, ébullition ou chauffage) dans l'industrie.

En particulier, une industrie agroalimentaire qui doit traiter environ 100 m<sup>3</sup>/jour d'eaux usées comme AGE Winery, par rapport à son réacteur aérobie actuel, la solution technologique LIFE Multi-AD signifiera :

- économies d'énergie de 170 000 kWh/an et une économie totale de 25 750 €/an
- économie de boues de 309 000 kg/an et une économie totale de 18 600 €/an

De plus, le projet LIFE Multi-AD offre une solution technologique aux industries agroalimentaires qui ne sont pas présentes sur le marché des services de traitement des eaux usées. Technologie LIFE Multi-AD adaptée aux PME, puisque les réacteurs anaérobies à haute cadence sont déjà sur le marché (*par exemple*, UASB, EGSB ou IC) sont optimisés pour les grandes entreprises (>1 000 m<sup>3</sup>/d, soit 2 500 m<sup>3</sup> une capacité standard) où les économies d'échelle rendent abordables les vastes investissements technologiques. En revanche, le secteur F&D, dominé par les PME, ne rejette pas suffisamment de charge organique pour que les réacteurs anaérobies existants s'avèrent économiquement viables.

C'est la raison pour laquelle LIFE Multi-AD est une technologie révolutionnaire : le consortium a pu obtenir une technologie pour combler cette lacune sur le marché. Notre cible sont les PME qui ne génèrent pas suffisamment de volume d'eaux usées pour justifier un investissement important dans des réacteurs anaérobies à grande échelle, très coûteux (environ 1 M€) en raison du volume important (> 1 000 m<sup>3</sup>). LIFE Multi-AD leur apporte une formidable opportunité commerciale l'unité, puisqu'ils pourront mettre en œuvre un réacteur anaérobie à des prix abordables : prix de vente moyen 590 000 € pour 100 m<sup>3</sup> Réacteur multi-AD.

Le plan d'affaires estime que 164 appareils Multi-AD pourraient théoriquement être lancés par le marché européen dans les sept ans suivant le projet, générant un volume total de ventes de millions de dollars. Ce nombre de réacteurs représente 0,06 % du nombre total de PME agroalimentaires en Europe. La plupart des réacteurs Multi-AD pourraient être installés dans des entreprises de taille moyenne (*c'est à dire*, 135 devises), soit 2,21% des entreprises de cette taille (50-249 personnes employées). Ces données montrent que le potentiel économique de la solution technologique Multi-AD est très prometteur puisqu'il reste encore une part de marché importante à pénétrer.

Commerçant avantage clé ts sera supérieur à millions au cours de la période 2024-2030. La société de profit vieux atteindre 10 718 000 €, valeur de laquelle il faut déduire le coût proportionnel des DPI (estimé à 77 284 € pour 20 ans). Il est important de souligner que le consortium pourrait obtenir un retour sur investissement en (Retour sur investissement) de 1 125 % en 2030. Envisageant un investissement en consortium dans LIFE Multi - Projet AD de 875 757 € (c'est à dire, 2 177 143 € - coûts totaux éligibles - moins 1 301 386 € - contribution de l'UE )

La valeur du retour sur investissement serait inférieure à trois ans.

#### 6.4.3. Avantages sociaux

La mise en œuvre du projet LIFE Multi-AD a des effets positifs sur l'économie locale et la population de l'UE dans son ensemble.

Un effet social important de ce projet LIFE Multi-AD est la grande amélioration de la performance environnementale des industries qui mettent en œuvre ce système. Les industries agroalimentaires sont l'une des principales sources de pollution organique biodégradable dans les bassins hydrographiques européens. Par conséquent, la mise en œuvre de la technologie LIFE Multi-AD a un effet positif sur la perception que les consommateurs ont à leur sujet. Ce positif

L'image pourrait même être monétisée par les industries à l'avenir grâce à des campagnes de marketing, des labels d'excellence ou, de manière générale, une bonne image des industries concernées.

Un autre effet social concerne la création d'emplois verts. Augmentation du personnel embauché pour l'exécution et la conception des installations proposées pour le projet et son extrapolation à d'autres parties de l'UE, ce qui stimulera le marché du travail lié aux STEP industrielles où la technologie serait mise en œuvre au sein de l'UE. Le consortium estime que, comme indiqué dans les prévisions financières, il lui faudra renforcer la capacité de production d'AEMA et que pendant les cinq premières années de présence sur le marché, il pourrait avoir besoin d'environ 200 nouveaux collaborateurs.

Ce fait est particulièrement important si l'on considère qu'AEMA est localisée à Alfaro, une ville de moins de 10 000 habitants, où la principale activité économique est l'agriculture. Promotion économique des différents secteurs industriels liés à la mise en œuvre du projet (*par exemple*, ingénierie, distributeur de pièces détachées, transporteurs, chercheurs, informaticiens, électricien ou location de machines) est un impact social majeur.

Enfin, le dernier effet significatif de LIFE Multi-AD comprend la sensibilisation sociale au traitement des eaux usées auprès du grand public dans les nouvelles technologies de processus industriels autosuffisants en énergie. Le consortium a organisé 5 conférences dans des écoles, collèges et universités auxquelles ont participé plus de 100 personnes âgées de 8 à 25 ans afin d'augmenter l'impact social de LIFE Multi-AD. En effet, lors des événements locaux, il a été expliqué le cycle intégral de l'eau, comment il est modifié anthropiquement, ainsi que comment des technologies telles que Multi-AD sont développées pour que cette alternance n'affecte pas la qualité de la ressource en eau.

#### 6.4.4. Réplicabilité, transférabilité, coopération

La solution technologique LIFE Muti-AD est reproductible et transférable dans presque toutes les PME européennes appartenant aux secteurs agroalimentaires tels que la vinification, la brasserie, les boissons non alcoolisées, les produits laitiers, la fabrication de sucre ainsi que la transformation des légumes, du poisson et de la viande. Afin de s'assurer que nos répercussions atteignent leur maximum possible, le projet a élaboré un « Plan de répliquabilité et de transférabilité ». Le consortium a défini un calendrier dans lequel les trois premières étapes sont essentielles pour parvenir à la répliquabilité et à la transférabilité des solutions technologiques Multi-AD.

L'objectif du projet LIFE Multi-AD était de garantir que la solution technologique développée ici soit largement intégrée dans les processus de production de l'industrie alimentaire et agroalimentaire de l'UE. Pour ce faire, le consortium s'est concentré sur la commercialisation non seulement en Espagne, mais également dans d'autres pays de l'UE. Le consortium a décrit(e) un business plan pour la mise sur le marché du réacteur Multi-AD, et(i), un plan de commercialisation divisé en cinq étapes à travers lequel nous élargirons la portée du système Multi-AD en atteignant différents pays et sous-secteurs F&D.

Afin d'assurer la répliquabilité et la transférabilité à tous les sous-secteurs F&D concernés, le consortium effectuera, une fois le projet terminé, davantage de tests pilotes de 100 L auprès des utilisateurs finaux dans d'autres industries autres que les établissements vinicoles et les industries de transformation des légumes. Cette action vise, d'une part, à collecter des données pour affiner « l'outil de conception de digesteur anaérobie », et d'autre part, à favoriser l'adoption massive de cette solution de traitement des eaux usées par les industries européennes de l'Agroalimentaire, ce qui est aussi bien directement lié à notre objectif de lancer ce produit sur le marché.

Une autre mesure permettant une répliquabilité et une transférabilité rapides est un processus d'amélioration technologique continue. Ainsi, le consortium demande de nouveaux projets de démonstration dans le but d'intégrer de nouveaux packages technologiques (*par exemple*, panneaux solaires hybrides ou jumeau numérique) en Multi-AD qui améliorent sa compétitivité ou qui facilitent sa transférabilité à d'autres secteurs. Les programmes auxquels il est prévu de postuler sont Assistance Technique – Répliquabilité – Nature & Biodiversité et Économie Circulaire & Qualité de Vie (LIFE-2024-TA-R-NAT-ENV) ou Nouvelles solutions circulaires et approches décentralisées pour la gestion de l'eau et des eaux usées. (HORIZON-CL6-2024-CircBio-02-4- en deux étapes).

Étant donné que LIFE Multi-AD est un projet proche du marché, le consortium a élaboré le positionnement de la technologie sur le marché, la chaîne d'approvisionnement, les concurrents et la faisabilité économique. Dans cette optique, le consortium considère, outre les « étapes préparatoires à la commercialisation », l'ensemble des activités et des tâches qui seront

réalisées dans le cadre de l'Action D « Diffusion et Communication », car elles permettront de faire connaître cette technologie d'avant-garde. Parmi ces actions citées, un intérêt particulier a atteint les parties prenantes concernées pour multiplier l'impact du projet.

Plateforme technologique telle que le pôle de compétitivité croate pour le secteur de la transformation alimentaire, le cluster Food+i ou la plateforme technologique nationale pour l'industrie F&D ou la plateforme technologique du vin (PTV). En fait, PTV a inclus le projet LIFE Multi-AD dans son 3<sup>e</sup> Plan Stratégique d'Innovation, ainsi que les récompenses du projet AD-Wine, projet précurseur du LIFE Multi-AD, comme Innovation Awards 2019.

#### 6.4.5. Leçons de bonnes pratiques

LIFE Multi-AD a développé une technique de traitement des eaux usées à prendre en compte dans la détermination des MTD dans le secteur FDM conformément à la directive sur les émissions industrielles 2010/75/UE IPPC, telle que l'UASB, l'EGSB ou le réacteur IC.

En outre, le projet a été appliqué en tant que technologie innovante au sein de l'observatoire de l'innovation de [Institut Cerda](#), ainsi que les prix ODS de [Fondation Rafael del Pino](#). Les deux fondations privées aident à identifier, analyser et diffuser les technologies de rupture auprès des parties prenantes potentielles. Ils effectuent une reconnaissance publique, apparaissant dans le rapport de l'Observatoire de l'innovation dans la consommation de masse 2023 (Institut Cerdá) ou sur le site Internet et les réseaux sociaux du Pacte mondial des Nations Unies Espagne et de la Fondation Rafael del Pino.

Enfin, la solution technologique LIFE Multi-AD a été classée parmi les [Meilleures pratiques en matière d'économie circulaire par le gouvernement de La Rioja](#) (Figure 64). Ce fait est très important car, en tant que bonnes pratiques, elles pourraient servir d'exemple de réussite pour d'autres secteurs et elles seront également incluses dans la ligne directrice sur l'économie circulaire que le gouvernement espagnol élaborera dans les années à venir.

**Aprovechamiento de biogás generado en la depuración de aguas**

**ELABORACIÓN**

**La Rioja**  
www.larioja.org/innovacion

La industria alimentaria genera aguas residuales que demandan de eficaces y eficientes sistemas de depuración. Multi-AD es una tecnología innovadora capaz de tratar y valorizar estos efluentes en línea con los modelos de producción bajo economía circular.

La solución innovadora Multi-AD, mediante un reactor anaerobio multi-etapa, alcanza altos rendimientos de eliminación de los compuestos contaminantes presentes en las aguas residuales, minimiza la producción de fangos (i.e., residuos) y genera un biogás con un alto contenido en metano. Este gas combustible puede aprovecharse como fuente de energía renovable en las propias instalaciones reduciendo el consumo de combustibles fósiles, así como la huella de carbono asociada al tratamiento de las aguas.

El paquete tecnológico Multi-AD cuenta además con un sistema de control avanzado que permite maximizar la estabilidad y robustez del proceso de depuración bajo las estrategias sobre eficiencia en el uso de los recursos. Multi-AD está totalmente automatizada, siendo una solución autosuficiente que puede ser considerada como una herramienta englobada dentro la Industria 4.0.

**Objetivos y retos:**

- Conseguir un proceso anaerobio altamente eficaz.
- Producir energía renovable.
- Minimizar los costes operacionales.
- Reducir la huella de carbono.

**Resultados principales:**

- Reducción de la DQO (Demanda Química de Oxígeno) superior al 90%.
- Biogás con un contenido en metano superior al 80%.
- Descenso de los OPEX (Gasto Operacional) superior al 50%.
- Disminución de las emisiones de CO2 mayor al 10%.
- Reducción del consumo energético hasta 10 veces respecto a los procesos aerobios (0,07-0,1 kWh/kg DQO).

**Dificultades y oportunidades:**

La integración de sensores de monitorización y sistemas de control avanzados del proceso suponen un alto nivel de inversión inicial.

**PRÁCTICA EN USO**

**BODEGAS AGE**  
www.perrordicardiremakerspain.com  
comunicacion.pwpg@perrord-ricard.com

**Localización:**  
Fuenmayor (La Rioja)

**Radio de acción:**  
La Rioja

**Ambitos de acción y relevancia**

Fomento de medidas de optimización para la recuperación, la reutilización y el aprovechamiento de aguas residuales derivadas de los procesos de producción.

**Principios de economía circular**

REDUCIR RECUPERAR

**Objetivos de desarrollo sostenible**

Buenas Prácticas en Economía Circular. Proyecto Enorrión. CC BY NC

Figure 64. Fiche technique des meilleures pratiques en économie circulaire. LIFE Multi-AD.

#### 6.4.6. Valeur innovante et de démonstration

Le projet LIFE Multi-AD est en pleine conformité avec les objectifs spécifiques du domaine prioritaire Environnement et efficacité des ressources de l'appel LIFE. Le projet susmentionné vise à développer, tester et démontrer le potentiel d'une technologie innovante de traitement des eaux usées pour l'industrie F&D, consistant en un réacteur anaérobie multiphasique optimisé pour les petits volumes et la composition des PME.

La mise en œuvre de 100 m<sup>3</sup> Réacteur multi-AD à l'échelle industrielle 1:1 dans un environnement réel (*c'est à dire* AGE Winery) a permis d'identifier les problèmes opérationnels et les contraintes techniques. La technologie innovante à mettre en œuvre comprend un réacteur anaérobie multiphasique de haute performance avec deux cylindres couplés de différentes largeurs.

La première, par trois déflecteurs, est divisée en quatre chambres dans lesquelles les quatre étapes de réactions anaérobies sont réalisées par diverses communautés microbiennes générant du biogaz riche en méthane. Chacune de ces chambres agit comme un réacteur indépendant où se déroule l'ensemble du processus biologique. Globalement, Multi-AD agit comme un ensemble de réacteurs en série, placés les uns à la suite des autres, chacun d'eux maintenant les facteurs environnementaux proches de la plage de confort des micro-organismes. La configuration multiphasée permet une conversion par étapes, chambre par chambre, conformément à l'objectif de conception d'un réacteur à plusieurs étages, où chaque chambre se comporte comme un CSTR. Ce fait peut indiquer qu'un réacteur Multi-AD est capable d'atteindre de meilleurs taux de dégradation pour le même volume qu'un réacteur anaérobie conventionnel tel que l'UASB. Le deuxième est le séparateur triphasé qui permet de retenir une plus grande masse de boues, ce qui signifie que le temps moyen de rétention des solides est augmenté, un paramètre opérationnel fondamental du réacteur anaérobie.

Cependant, la principale innovation du réacteur Multi-AD réside dans son évolutivité du traitement des eaux usées anaérobies vers de faibles volumes utiles, allant de 25 à 500 m<sup>3</sup>. Ce volume utile est adapté aux PME, car les réacteurs anaérobies actuels ne constituent une solution économique que pour les gros volumes (sa capacité moyenne est de 2 500 m<sup>3</sup>) tandis que le dispositif Multi-AD est spécifiquement conçu pour traiter des volumes inférieurs. En outre, les réacteurs anaérobies moyens et petits actuellement disponibles sur le marché ne conviennent que pour le traitement biologique de fractions solides et de liquides à haute teneur en solides tels que le fumier, les boues d'épuration, les déchets alimentaires ou les résidus de récolte. Faute de systèmes anaérobies pour traiter de faibles volumes d'eaux usées, les entreprises de taille moyenne ne peuvent mettre en œuvre que des systèmes aérobies, très gourmands en énergie et produisant d'importantes quantités de boues (coûts d'élimination associés).

Le fait que le réacteur Multi-AD soit entièrement automatisé avec un contrôle avancé s'inscrit dans le cadre du concept de l'Industrie 4.0, puisque la solution technologique utilise un grand nombre de capteurs et déploie, entre autres technologies, des machines informatiques intelligentes. Un système de contrôle avancé a été conçu et développé afin d'optimiser les performances du réacteur Multi-AD en ajustant les variables de sortie contrôlables telles que la température, le pH, les solides totaux, l'ORP, la DCO et le biogaz. La logique de contrôle a été développée en utilisant une approche « cause-effet » qui permet une solution innovante à charge organique constante au moyen d'un bilan de masse sur le réacteur Multi-AD.

L'architecture permettant d'effectuer la surveillance et le contrôle de la technologie Multi-AD permet un fonctionnement sans surveillance et entièrement automatisé. L'équipement et l'instrumentation de l'unité de démonstration ont été connectés au panneau de commande d'alimentation et d'automatisation. Par conséquent, le système de contrôle avancé maximise la stabilité du processus anaérobie et le rend robuste aux changements dans la composition des eaux usées ou dans les conditions opérationnelles.

D'autre part, le projet LIFE Multi-AD a développé un outil de conception qui peut être utilisé pour concevoir *lead hoc* appareils et définir leurs caractéristiques techniques en fonction des conditions et contraintes de chaque industrie F&D. Le logiciel est basé sur une base de données qui comprend une description détaillée des unités installées dans les industries F&D, y compris les caractéristiques des équipements et leurs conditions de fonctionnement.

Par conséquent, le projet LIFE Multi-AD aura deux principaux résultats innovants :

- Le premier résultat est la démonstration de la capacité d'un 100 m<sup>3</sup> Réacteur multi-AD pour traiter plus de 10 000 m<sup>3</sup> d'eaux usées de compositions différentes (puisque nous fonctionnerons en saison de récolte et hors saison de récolte). Le consortium a optimisé les paramètres de traitement du réacteur (température de fonctionnement, pH, débits de recirculation de liquide et de gaz, temps de rétention hydraulique -HRT-) avec la mise en œuvre d'un système de contrôle avancé basé sur des règles logiques et du dispositif de récupération du biogaz.
- Le deuxième résultat est « l'outil de conception de réacteurs anaérobies ». Avec ce logiciel, nous pourrions créer une maquette *lead hoc* des exigences et les contraintes pour l'installation de ce système de gestion des eaux usées dans d'autres types d'industries F&D. Cette adaptation s'inscrit dans la répliquabilité et la transférabilité souhaitées dans l'appel LIFE, et nous aidera à atteindre notre objectif ultime :

pouvoir élargir l'applicabilité de Multi-AD à l'ensemble du secteur alimentaire européen et lancer sur le marché une solution de traitement des eaux usées rentable et éco-innovante adaptée aux contraintes particulières des PME.

#### 6.4.7. Implication politique

La qualité de l'eau reste un problème dans toute l'Europe, avec des implications sur la santé publique et environnementale et sur la biodiversité. Pollution (*c'est à dire*, excès de nutriments, pesticides, substances toxiques ou rejets de déchets, entre autres) reste une priorité absolue et une préoccupation pour tous les utilisateurs d'eau et la nécessité de fournir de l'eau propre en quantité suffisante pour être utilisée à un coût raisonnable reste un défi à l'échelle de l'UE (UE Directive Cadre sur l'Eau 2000/60/CE). Selon le Partenariat européen d'innovation (PEI) sur l'eau, l'Europe doit disposer d'un approvisionnement en eau et d'un traitement des eaux usées sûrs, disponibles et abordables pour toute l'eau, sur la base d'une gestion durable des ressources en eau et des solutions les plus innovantes, compétitives et rentables.

Il faut également souligner combien il est important pour la compétitivité de l'Europe que de tels problèmes puissent être résolus avec un souci permanent de toutes les parties prenantes (y compris les régulateurs) d'optimiser le rapport coût-efficacité des solutions. Cela ne signifie pas abaisser les normes environnementales ou de santé publique. Cela signifie une identification et une évaluation appropriées des risques, la définition des meilleures technologies et pratiques, ainsi que le développement d'outils et de technologies pour maintenir les coûts aussi bas que possible.

En fait, l'UE a récemment mis en place des techniques de traitement des eaux usées, dont la combinaison appropriée permet d'atteindre les MTD afin de réduire les émissions de polluants dans l'eau (Décision d'exécution (UE) 2019/2031 de la Commission). Ainsi, la décision européenne citée établit les conclusions sur les MTD pour les industries FDM au titre de la directive 2010/75/UE, identifiant parmi les techniques des eaux usées le traitement anaérobie comme un processus généralement appliqué aux composés organiques biodégradables.

Dans cette ligne, le Document de Référence (BREF) sur les Meilleures Techniques Disponibles (MTD) pour l'industrie FDM, publié par la CE conformément à l'article 13 de la Directive 2010/75/UE, décrit plusieurs techniques de traitement anaérobie : UASB, Anaerobic contact process, Lagunes anaérobies, filtres anaérobies, EGSB, lit fluidisé et expansé et réacteur IC.

Par conséquent, l'objectif principal du projet LIFE Multi-AD répond aux besoins de mise en œuvre dans l'industrie agroalimentaire d'une technologie permettant de dégrader les composés organiques biodégradables afin d'atteindre une MTD pour réduire les émissions dans l'eau. La solution technologique Multi-AD est capable de prétraiter les eaux usées à forte charge en DCO avant traitement aérobie, ainsi que de valoriser l'énergie issue de la méthanisation. La technologie innovante Multi-AD pourrait donc faire partie de la nouvelle version du document BREF.

Afin d'impliquer les décideurs politiques, le consortium a préparé un rapport visant spécifiquement à mettre en évidence les avantages pertinents de LIFE Multi-AD et sa contribution à l'amélioration de la durabilité et de la compétitivité du secteur alimentaire européen (*c'est à dire*, Layman's Report) ainsi que Procédure : sécurité dans les usines de biogaz pour souligner la nécessité d'une conception, d'une construction et d'un fonctionnement appropriés des systèmes de traitement anaérobie. Le consortium a identifié les organismes suivants : EIP, Agence européenne pour l'environnement (AEE), Bureau européen de prévention et de contrôle intégrés de la pollution (EIPPCB) ou Food & Drink Europe (FDE).

En outre, le consortium a invité les décideurs politiques locaux et régionaux et d'autres parties prenantes à présenter des démonstrations du système d'exploitation LIFE Multi-AD une fois l'unité de démonstration installée dans AGE Winery. Le Conseil de Durabilité et Transition Écologique de La Rioja et les entités régionales d'assainissement telles que le Consorcio de Aguas y Residuos de La Rioja, EPSAR (Région de Valence) ou ESAMUR (Région de Murcie) font partie des organismes publics invités.

Il est important de souligner que le projet LIFE Multi-AD contribue à atteindre les objectifs européens en aidant à la mise en œuvre de plusieurs stratégies et réglementations concernées, citées ci-dessus :

- **Directive sur les émissions industrielles 2010/75/UE Prévention et contrôle intégrés de la pollution (IPPC).** La technologie LIFE Multi-AD doit être considérée comme la meilleure technique disponible (MTD) afin de réduire les émissions de polluants dans l'eau par les PME du secteur F&D.

- **Directive Cadre sur l'Eau, Directive 2000/60/CE.** Protéger la surface continentale, les eaux de transition et les eaux côtières. La technologie LIFE Multi-AD biodégrade les composés organiques, réduisant ainsi la pollution dans les bassins hydrographiques européens.
- **Premier plan d'action pour l'économie circulaire de la CE.** Les objectifs du projet LIFE Multi-AD sont correctement alignés sur le nouveau plan d'action de la CE pour l'économie circulaire adopté en mars 2020. La solution technologique LIFE Multi-AD contribuera à la transition de l'UE vers une économie circulaire qui réduira la pression sur les ressources naturelles.
- **Règlement 2020/741 relatif aux exigences minimales en matière de réutilisation de l'eau.** La solution technologique LIFE Multi-AD a généré un effluent caractérisé par une forte concentration en nutriments. Ces nutriments pourraient être valorisés au moyen de techniques de fertirrigation, en réutilisant l'eau pour l'irrigation agricole dans des zones hors industrie.
- **Directive sur les eaux usées urbaines 91/271/ECC.** Cette directive du Conseil vise à protéger l'environnement contre les effets néfastes des rejets d'eaux urbaines résiduaires et des rejets de certains secteurs industriels.
- **Directive de la Commission européenne 86/278/CEE** sur l'utilisation des boues en agriculture. LIFE Multi-AD a généré une boue établie qui pourrait être utilisée pour une application agricole.
- **Décret royal espagnol 1051/2022** qui établit des normes pour une nutrition durable des sols agricoles et rend plus restrictive l'épandage agricole des boues d'épuration.
- **Vision stratégique à long terme de la CE pour la neutralité climatique d'ici 2050.** La solution technologique LIFE Multi-AD contribuera à l'objectif de neutralité climatique d'ici 2050, ainsi qu'à l'ambition zéro pollution de la Commission.
- **Avant-projet de loi espagnole sur l'industrie.** La technologie LIFE Multi-AD augmente la numérisation dans l'industrie manufacturière, réduit les coûts environnementaux et augmente donc la compétitivité des entreprises.

## 7. Indicateurs clés au niveau du projet

Les indicateurs spécifiques sont présentés dans les tableaux d'indicateurs suivants : impact environnemental (tableau 15) et impact socio-économique (tableau 16). Afin d'évaluer l'impact environnemental, le scénario de référence a été stabilisé en tenant compte du fait que la solution technologique LIFE Multi-AD sera répliquée dans cinquante-six STEP industrielles et qu'une unité de démonstration reste en fonctionnement dans AGE Winery (Deliverable **J15** "Plan d'affaires »).

Trois STEP d'ar PME représentatives of Industrie F&D, au total et heuh le profit otype, nous re-sélectionné : Viñedos de Aldeanueva, un wj très localisé à La Rioja (ESPAGNE) , Monteverde, une laiterie localisé dans Cantabrie (ESPAGNE) , et Ferba, une industrie de légumes en conserve localisé à La Rioja (ESPAGNE) (Tableau 17). De plus, on suppose qu'une station d'épuration sur quatre modifiera le système aérobie grâce à la solution technologique Multi-AD.

**Tableau 17.** Scénarios établis afin d'évaluer l'impact environnemental du projet LIFE Multi-AD.

Industrie	Scénario de base	Fin du projet	5 ans au-delà
STEP Industrielle	Réacteur aérobie	56+1*	0
	Multi-AD	0	14
	Multi-AD + Réacteur aérobie	0	1
<b>Total</b>	<b>57</b>	<b>57</b>	<b>57</b>

\* unité de démonstration installée chez AGE Winery (Fuenmayor, ESPAGNE).

Plus d'informations sur les données de l'indicateur évalué se trouvent dans le fichier Excel KPI (Annexe 4) et le Livrable **J20** « Troisième rapport sur le suivi de l'impact des actions »

**Tableau 15.**Liste des KIP utilisés pour évaluer l'impact environnemental du projet LIFE Multi-AD.

Indicateur	Description	Au début	Au fin	5 années au-delà	Unité	commentaires
Zone du projet	Partiel réduction de pression spécifique	0	3.51	536,55	Ha	L'un des facteurs déterminants pour l'installation de Multi-AD dans les STEP des PME F&D est que le processus anaérobie réalise la valorisation de matière organique. Dans les systèmes aérobies, la matière organique est éliminée grâce à un taux de croissance élevé de la biomasse ; la matière organique est transformée en CO2 (45%) et en boues biologiques (45%). En revanche, dans les systèmes anaérobies, la matière organique est principalement transformée en biogaz (75-80%), la génération de boues granulaires anaérobies étant très faible (= < 5%), due entre autres au fait que la croissance le taux est très faible. La moindre génération de boues signifie une moindre utilisation des terres pour leur gestion (épandage agricole). En tenant compte de ces prémisses, la réduction de la pression environnementale a été calculée en quantifiant l'utilisation la plus faible de l'empreinte foncière pour son application.
Déchets gestion	Partiel réduction de pression spécifique	0,00	210,87	32 192,73	tonne/an	
Eau - Point source pollution	EEE_3133-03-7 CODCr	946.37	942,96	194.41	tonne/an	L'indicateur évaluait la réduction de l'impact de la pollution ponctuelle par la matière organique sur les plans d'eau, mesurée en tant que demande chimique organique (DCO). Ce fait est dû au fait que le Multi-AD peut améliorer les rejets des stations d'épuration des eaux usées, lorsqu'il remplace les rejets aérobies des stations d'épuration, ou augmenter le taux d'élimination du système aérobie lorsque le Multi-AD est installé comme prétraitement.
Ressource efficacité - consommation	Diesel	486.20	483.48	60,76	MWh/an	L'indicateur évalue la consommation de diesel dérivée du transport et de l'intégration des boues générées dans le processus aérobie. L'intégration de la technologie Multi-AD réduit la production de boues et donc la consommation de carburant.
Ressource efficacité - consommation	Électrique	18 281,00	18 138,62	6 052,85	MWh/an	L'indicateur évaluait la consommation d'énergie dérivée du traitement des eaux usées. Le système aérobie nécessite beaucoup d'énergie en raison des soufflantes d'air (50 à 75 % de l'énergie consommée dans la STEP est associée aux soufflantes d'air). En système anaérobie, la dégradation de la matière organique se fait en l'absence d'oxygène. De plus, des économies d'énergie découlent de la moindre production de boues.

**Tableau 15.**Liste des KIP utilisés pour évaluer l'impact environnemental du projet LIFE Multi-AD (suite de la page précédente).

Indicateur	Description	Au début g	Au fin	5 années au-delà	Unité	commentaires
Ressource efficacité - renouvelable production	-	0	299,96	40 296,32	MWh/an	L'indicateur évaluait la production d'énergie thermique par processus anaérobie. Dans les systèmes anaérobies, la matière organique est principalement transformée en biogaz (75 à 80 %). Le biogaz a une teneur élevée en méthane (84 %) et est valorisé dans une chaudière afin d'obtenir de l'énergie thermique.
Chimique	Substance dans Liste ECHA libéré	3 218,27	3 177,99	70.18	tonne/an	L'indicateur évalué considère quatre composés chimiques. Oxygène liquide Numéro CE 231-956-9. Réduction due à la dégradation anaérobie de la matière organique (en absence d'oxygène). Urée. Numéro CE 200-315- 5. La réduction due à la dégradation anaérobie nécessite un rapport DCO/N - 1000/5, alors que le traitement aérobie le rapport est de 200/5. Acide orthophosphorique. Numéro CE : 231-633-2. La réduction due au traitement anaérobie nécessite un rapport DCO/N - 1000/1, alors qu'avec le système aérobie, le rapport est de 200/1. Polyacrylamide cationique (polyélectrolyte). Numéro CE : 938- 790-2. Réduction due à une production moindre de boues car il s'agit d'un produit chimique utilisé dans la déshydratation des boues.
Climat changement atténuation - CO2 émission	Non spécifique privé	5 050,56	5 009,82	2 898,37	tonne/an	L'indicateur évalue les émissions de CO <sub>2</sub> un gaz à effet de serre. Les procédés anaérobies tels que la solution technologique LIFE Multi-AD sont une technologie de traitement des eaux usées plus respectueuse de l'environnement car elle consomme moins d'énergie directement et indirectement ( <i>c'est à dire</i> , produit moins de boues, qui ne nécessitent pas de gestion). Il a été considéré comme m <sub>3</sub> comme unité afin d'évaluer la réduction de l'empreinte par volume d'eaux usées traitées.
	Non spécifique privé	1.600	1.596	0,918	kgCO <sub>2</sub> /m <sub>3</sub>	

**Tableau 16.**Liste des KIP utilisés pour évaluer l'impact socio-économique du projet LIFE Multi-AD.

Indicateur	Description	Au début	Au fin	5 années au-delà	Unité	commentaires
Humains influencé par le projet	Personnes OMS a pu être influencé par dissémination	0	14 315	22 190	personnes	Les personnes qui peuvent avoir été influencées par la diffusion ou la sensibilisation du projet-actions LIFE Multi-AD comprennent : <i>je</i> )75% du total des salariés des bénéficiaires Multi-AD (AEMA-169, ITAINNOVA-291, SIS-31, EGA-5 et I&-3) : 374, <i>ii</i> )25 % du total des visites AEMA où le roll-up LIFE Multi-AD est placé dans le hall (5 visites par semaine : 1 255 visites) : 314 ; <i>iii</i> ) Interactions professionnelles (4 plateformes technologiques, 7 décideurs politiques, 7 ONG, 2 fondations privées, 103 prestataires, 105 prestataires potentiels, 16 concurrents, 72 consommateurs potentiels) : 316 ; <i>iv</i> )25% des membres de plateforme technologique contactés (576 membres), <i>c'est à dire</i> , amplification de la portée : 144 ; <i>v</i> )Audience atteinte lors d'événements en personne (12 619) : 6 692 (53 %) ; <i>vi</i> ) 25 % ont atteint l'audience en ligne (25 903 impressions de pages Web et de réseaux sociaux d'utilisateurs) : 6 476
Gouvernance	Implication de Les ONG et autre partie prenante	0	4	9	nombre	4 entités ont participé directement aux activités du projet : <i>je</i> )FER et AUXRIOJA nous ont inclus au programme de la journée « Renforcer la chaîne de valeur du vin. Durabilité dans le secteur vitivinicole et rôle de l'industrie auxiliaire » organisée par les deux le 2 juin ; <i>ii</i> )PTV a inclus le projet LIFE Multi-AD dans le 3ème Plan Stratégique d'Innovation et a organisé le séminaire sur la réutilisation et la régénération où la technologie anaérobie a été présentée, <i>iii</i> )Le Pôle de Compétitivité a participé en tant que listeur actif aux réunions bilatérales du projet LIFE Multi-AD.

**Tableau 16.**Liste des KIP utilisés pour évaluer l'impact socio-économique du projet LIFE Multi-AD (suite de la page précédente)

Indicateur	Description	Au début	Au fin	5 années au-delà	Unité	commentaires
Information et conscience	Site web	0	14 094	21 384	visites	Utilisateurs du site Internet selon le rapport Google Analytic présenté en annexe du Livrable 25 « Rapport indiquant les événements ou les médias contactés pour multiplier les projets ».
Information et conscience	Médias imprimés	0	1	3	nombre	1 Communiqué de presse publié (Multi-AD : un nouveau réacteur sur mesure pour les PME, publié dans Tercer Milenio n° 797 de Heraldo de Aragon).
Information et conscience	Nombre de différent publications fait (Journal/conférence) ence)	0	8	12	nombre	1 Publication scientifique des résultats du projet dans une revue à comité de lecture. Une approche pratique pour la modélisation biochimique dans l'évaluation CFD de nouveaux concepts de digesteur anaérobie pour la production de biogaz publiée dans Processes 2023, 11(10), 2851, 4 congrès de résumé de livre (14e Congrès mondial de mécanique computationnelle et Congrès ECCOMAS ; 15 <sup>ème</sup> Congrès international sur la bioénergie ; 6 <sup>ème</sup> Conférence internationale de l'IWA sur les éco-technologies pour le traitement des eaux usées ; 16 <sup>ème</sup> Congrès international de la bioénergie), 1 fiche technique des meilleures pratiques en économie circulaire, 1 mémoire de diplôme en génie chimique et 1 occurrence à 3 <sup>rd</sup> Plan stratégique d'innovation (Projet spécial R&D 2017-2019).
Information et conscience	Nombre de différent affiché informé créé	0	7	15	nombre	Le consortium LIFE Multi-AD a organisé 2 ateliers techniques (dont un showroom technologique - journée portes ouvertes) et 5 événements locaux dans des écoles, lycées et universités.
Information et conscience	Autre médias (vidéo/dépliants)	0	3	5	nombre	Il a été réalisé 2 vidéos (une vidéo de 2 minutes résumant le projet et une vidéo de 5 minutes qui présente les objectifs du projet et montre en détail le prototype final et ses performances de manière ludique) et 1 dépliant. Ces médias peuvent être téléchargés sur la page Web LIFE Multi-AD.
Information et conscience	Affiché information (affiche, information planches)	0	7	9	nombre	Roll-up (x1), affiche (x4), tableaux d'affichage (x2) du projet LIFE Multi-AD ont été réalisés au cours du projet. Toutes les informations affichées peuvent être téléchargées sur la page Web LIFE Multi-AD.

**Tableau 16.**Liste des KIP utilisés pour évaluer l'impact socio-économique du projet LIFE Multi-AD (suite de la page précédente)

Indicateur	Description	Au début	Au fin	5 années au-delà	Unité	commentaires
Capacité bâtiment	La mise en réseau – professionnels	0	18	23	nombre	18 projets R&D en réseau avec le projet coordonné par centre technologique (ex : CARTIFF, CTIC CITA, AINIA, CEIT, CIEMAT ou CETAQUA), universités ( <i>c'est à dire</i> , Université de Santiago) instituts ( <i>c'est à dire</i> , Institut Phytopathologique Benaki), concurrents ( <i>par exemple</i> , DAM, FACSA ou GLOBAL OMMNIUM)
Emplois	Emplois	0	3	200	nombre	Les ETP ont été calculés en prenant <u>into comptet</u> heures totales de p <u>contrat de personnes</u> éd pour LIFE Multi-AD : Paula Garcia (AEMA) 545h, María Navajas (AEMA) 1 855h [REDACTED] (AEMA) 1 491h, <u>Ana Martinez</u> (ILAINNOVA) 4 499 heures, <u>Asier San Juan</u> (ITAINNOVA) 2 698h et <u>Carmen Alfaró</u> (ITAINNOVA) 6 678h. L'heure totale a été divisée par le nombre d'années de durée du projet (4,83) et les heures productives moyennes d'une année (1 760 heures) afin d'obtenir des ETP.
Contribution à l'économique croissance	Coût de fonctionnement	0	2 266 187	35 321 496	€	Cet indicateur a été calculé en tenant compte à la fin du projet des coûts totaux engagés. Au-delà de 5 <u>ansars</u> , <u>c'était</u> calculé en ajoutant aux dépenses attribuées au projet (2 266 187 €) les dépenses de construction de 56 nouveaux Multi-AD (soit 56 a [REDACTED])
Contribution à l'économique croissance	Revenu attendu dans cas de continuation	-	-	36 728 121	€	Cet indicateur a été calculé en tenant compte du chiffre d'affaires attendu pour 56 nouvelles usines Multi-AD selon le Business Plan. L' <u>escroqueriesorti</u> m espère vendre 56 plants Multi-AD avec un chiffre d'affaires moyen de 655 859 €.

**Tableau 16.**Liste des KIP utilisés pour évaluer l'impact socio-économique du projet LIFE Multi-AD (suite de la page précédente)

Indicateur	Description	Au début	Au fin	5 années au-delà	Unité	commentaires
Contribution à l'économique croissance	Avenir financement	-	-	2 000 000	€	Il a été calculé en tenant compte du développement de deux nouveaux projets de démonstration qui catalyseront la réplication et la transférabilité de la technologie Multi-AD. Le consortium sollicitera de nouveaux projets de démonstration dans le but d'incorporer de nouveaux packages technologiques (par exemple, des panneaux solaires hybrides ou des jumeaux numériques) au Multi-AD qui améliorent sa compétitivité ou facilitent sa transférabilité à d'autres secteurs. Les programmes auxquels il est prévu de postuler sont Assistance Technique – Réplication – Nature & Biodiversité et Économie Circulaire & Qualité de VIE (LIFE-2024- TA-R-NAT-ENV) ou Nouvelles solutions circulaires et approches décentralisées pour la gestion de l'eau et des eaux usées. (HORIZON-CL6-2024-CircBio-02-4-deux étapes). Le budget du consortium LIFE Multi-AD sera d'environ 1M€ par projet : <i>je</i> )Programme LIFE : subvention de 600 000 € et contribution propre de 400 000 € ; <i>ii</i> )Programme H2020 : subvention de 700 000 € et contribution propre de 300 000 €.



