

# cométhha

Partenariat d'innovation

Cotraitement des boues des eaux usées du SIAAP et de la fraction organique des ordures ménagères résiduelles du Syctom

## MATINÉE TECHNIQUE

**21 SEPTEMBRE 2018**

AUDITORIUM DU MONDE

**DOSSIER D'INFORMATION**



l'agence  
métropolitaine  
des déchets  
ménagers



## LEXIQUE

- **BIOCHAR** (ou biocharbon, biocharcoal, charbon d'origine végétale): produit solide obtenu à partir de procédés de traitement thermochimiques de matières organiques (torréfaction, pyrolyse...), riche en carbone et pouvant notamment être utilisé comme combustible ou amendement agricole
- **BIOGAZ**: produit gazeux de la méthanisation, essentiellement composé de méthane ( $\text{CH}_4$ ), de dioxyde de carbone ( $\text{CO}_2$ ) et de vapeur d'eau ( $\text{H}_2\text{O}$ ); d'autres composés gazeux sont également présents en très faible quantité, comme le sulfure d'hydrogène ( $\text{H}_2\text{S}$ )
- **BIOMÉTHANE**: gaz constitué à plus de 97 % de méthane ( $\text{CH}_4$ ), obtenu par épuration du biogaz et pouvant être injecté dans le réseau de distribution de gaz naturel ou utilisé comme carburant pour véhicules fonctionnant au GNV (Gaz naturel véhicule)
- **BOUES ISSUES DE LA DÉPOLLUTION DES EAUX USÉES**: résidu ultime de la dépollution des eaux usées, constitué majoritairement de matière organique récupérée et / ou formée lors des différentes étapes de traitement
- **DIGESTAT**: produit solide humide de la méthanisation, principalement composé de matière organique non convertible en biogaz et de matières minérales (azote, phosphore)
- **DIGESTEUR**: cuve étanche où se déroule la méthanisation
- **EAU SUPERCRITIQUE**: état mi-liquide et mi-gazeux de l'eau, obtenu à haute température et à haute pression (374 °C, 221 bars)
- **FRACTION ORGANIQUE RÉSIDUELLE (FOR)**: fraction essentiellement composée de matières organiques obtenue suite à une action de tri d'Ordures ménagères résiduelles (OMr); dans le cadre du projet Cométhà, cette fraction n'est pas destinée à un retour au sol après traitement contrairement aux biodéchets collectés séparément
- **GAZÉIFICATION**: procédé de conversion thermochimique à haute température (700-1200 °C) se déroulant en absence ou en présence très réduite d'oxygène (milieu réducteur) et permettant de convertir la matière organique en un gaz de synthèse (syngaz) valorisable énergétiquement
- **INTRANTS**: matières utilisées pour la méthanisation (fraction organique résiduelle, boues d'épuration des eaux usées, graisses et fumier équin dans le cas du projet Cométhà)
- **MÉSOPHILE**: se dit de la méthanisation fonctionnant à une température d'environ 37 °C
- **MÉTHANATION**: processus de conversion de l'hydrogène ( $\text{H}_2$ ), du monoxyde de carbone (CO) et éventuellement du dioxyde de carbone ( $\text{CO}_2$ ) en méthane ( $\text{CH}_4$ )
- **MÉTHANISATION** (ou digestion anaérobie): processus biologique de dégradation de la matière organique en absence d'oxygène, permettant de produire du biogaz et du digestat
- **PHASE 1**: 1<sup>ère</sup> phase du partenariat d'innovation avec une étape de caractérisation des intrants puis une étape de recherche et de validation en laboratoire des solutions techniques envisagées
- **PHASE 2**: 2<sup>ème</sup> phase du partenariat d'innovation consistant en la conception, la construction et l'exploitation d'une ou deux unités pilotes sur un des sites du SIAAP, sur la base des études réalisées en Phase 1
- **PHASE 3**: 3<sup>ème</sup> et dernière phase du partenariat d'innovation consistant en la conception, la construction et la mise en route d'une seule et unique unité industrielle, sur la base des études réalisées en Phase 2
- **PYROLYSE**: procédé de conversion thermochimique moyenne température (350-900 °C), se déroulant en absence ou en présence très réduite d'oxygène et permettant de décomposer la matière organique en 3 sous-produits valorisables: syngaz, biochar et huile
- **SÉPARATION DE PHASES**: étape de déshydratation du digestat permettant de séparer la phase solide (digestat déshydraté) de la phase liquide, plus ou moins chargée selon la méthode utilisée
- **SICCITÉ**: pourcentage massique de matières sèches contenues dans un produit humide; un produit constitué à 80 % d'eau possède une siccité de 20 %

- **SOLUTION DE RÉFÉRENCE**: filière de traitement considérée par le groupement comme étant la plus adaptée pour répondre aux objectifs du partenariat d'innovation, la pertinence de cette filière devant être démontrée lors des tests en laboratoires de la Phase 1
- **SOLUTIONS ALTERNATIVES**: solutions pouvant se substituer à une ou plusieurs parties de la solution de référence et répondant a priori moins bien aux objectifs du partenariat d'innovation mais présentant un intérêt réel que le groupement cherchera à démontrer lors de la Phase 1, avec une possible intégration dans la solution de référence
- **STRUVITE**: matière fertilisante riche en azote et en phosphore, valorisable en agriculture et produite à partir du traitement des intrants
- **SYNGAZ** (ou gaz de synthèse): produit gazeux issu de procédés thermo-chimiques à haute température (pyrolyse, gazéification), essentiellement composé d'azote (N<sub>2</sub>), de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>), de monoxyde de carbone (CO) et d'hydrogène (H<sub>2</sub>), pouvant être valorisé énergétiquement
- **THERMOPHILE**: se dit de la méthanisation fonctionnant à une température d'environ 55 °C
- **TORRÉFACTION**: procédé de conversion thermo-chimique « doux » (200-350 °C environ), se déroulant en absence ou en présence réduite d'oxygène et permettant de transformer la matière organique en biochar
- **VOIE LIQUIDE**: procédé de méthanisation se déroulant à une humidité comprise entre 5 % et 15 %
- **VOIE ÉPAISSE** (ou pâteuse): procédé de méthanisation se déroulant à une humidité comprise entre 20 et 35 %

## SOMMAIRE

- 2. SYCTOM ET SIAAP, DEUX OPÉRATEURS PUBLICS FRANCILIENS EN SYNERGIE**
- 4. LE SYCTOM, L'AGENCE MÉTROPOLITAINE DES DÉCHETS MÉNAGERS**
- 5. LE SIAAP, SERVICE PUBLIC DE L'ASSAINISSEMENT DES EAUX USÉES**
- 6. LE PROJET COMÉTHA**
- 8. LE PARTENARIAT D'INNOVATION, LA FORME RETENUE POUR LA MISE EN ŒUVRE DU PROJET COMÉTHA**
- 11. SUEZ, ARKOLIA ÉNERGIES ET ETIA: UNE ALLIANCE QUI PARTAGE UN ADN COMMUN EN MATIÈRE D'INNOVATION**
- 19. TILIA, DBFZ, FRAUNHOFER IGB, GICON ET FRANCE BIOGAZ: POUR UN PARTENARIAT DYNAMIQUE, TRANSPARENT, COOPÉRATIF ET OUVERT**
- 27. VINCI ENVIRONNEMENT, NALDEO, CEA LITEN ET INSA DEEP: UNE OPPORTUNITÉ UNIQUE DE METTRE EN COMMUN NOS EXPERTISES**
- 35. CMI, SOURCES, UNILASALLE ET UTC: UNE VÉRITABLE OPPORTUNITÉ COMMUNE AU SERVICE DE L'ENVIRONNEMENT**

# SYCTOM ET SIAAP, DEUX OPÉRATEURS PUBLICS FRANCILIENS EN SYNERGIE

Le Syctom et le SIAAP sont au service du territoire le plus densément peuplé de France: l'agglomération parisienne et le cœur de l'Île-de-France. De par leurs missions, la gestion des déchets ménagers et l'assainissement des eaux usées, ils s'inscrivent pleinement dans l'économie circulaire francilienne et participent au développement d'une réflexion à grande échelle.

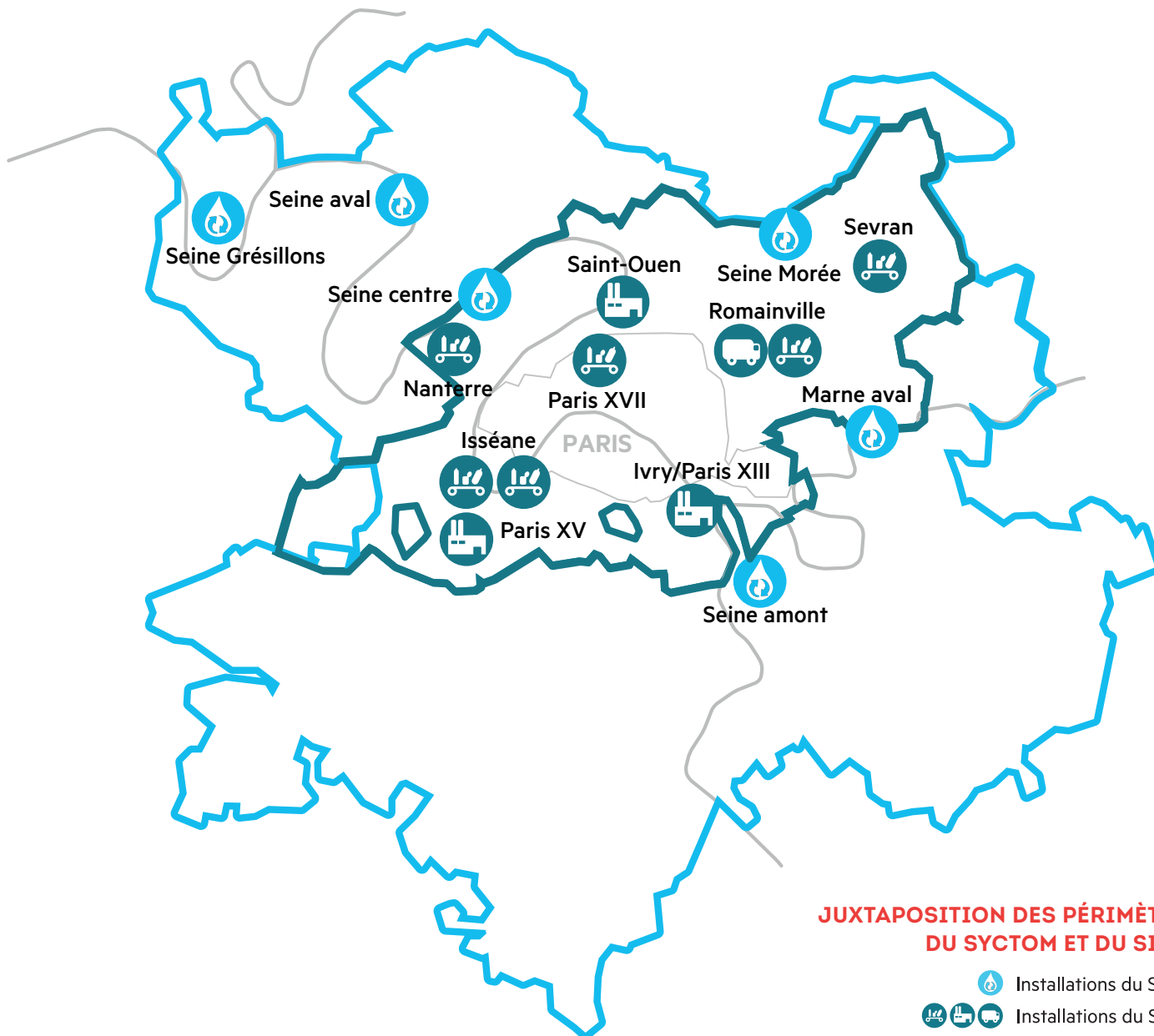
## UN TERRITOIRE ET DES INTÉRÊTS EN COMMUN

Le Syctom et le SIAAP partagent de nombreux points communs. Acteurs publics, ils assurent le traitement des déchets ménagers et l'assainissement des eaux usées ainsi que la production d'énergies renouvelables et de récupération. Acteurs industriels, ils sont confrontés quotidiennement à des défis techniques majeurs, sur un des territoires les plus denses du monde. Acteurs responsables, ils visent une gestion exemplaire de leurs déchets au bénéfice des Franciliens et de leur environnement.





Mettre en commun savoir-faire, expertises, performances et projets leur paraît donc être une évidence: le Syctom et le SIAAP sont convaincus que leur capacité à créer des synergies industrielles leur permettra à moyen terme d'offrir des solutions innovantes, d'optimiser certains projets au bénéfice du développement du territoire et de gagner en efficacité environnementale et énergétique.



|| Mettre en  
commun  
expertises,  
performances  
et projets ||



**JUXTAPOSITION DES PÉRIMÈTRES  
DU SYCTOM ET DU SIAAP**

-  Installations du SIAAP
-  Installations du Syctom
-  Territoire du Syctom
-  Territoire du SIAAP

# LE SYCTOM, L'AGENCE MÉTROPOLITAINE DES DÉCHETS MÉNAGERS



l'agence  
métropolitaine  
des déchets  
ménagers

Créé en 1984, le Syctom regroupe 84 communes réparties sur 5 départements: Paris, Hauts-de-Seine, Seine-Saint-Denis, Val-de-Marne et Yvelines. Il est en charge du service public de traitement et de valorisation des déchets ménagers d'un territoire de 5,8 millions d'habitants, soit la moitié de la population francilienne. Dans le cadre de sa mission de service public, le Syctom a traité en 2017 près de 2,3 millions de tonnes de Déchets ménagers et assimilés (DMA), dans ses 3 Unités de valorisation énergétique (UVE), son centre de transfert et ses 6 centres de tri de collecte sélective (papiers et emballages).

Le Syctom est administré par un Comité syndical, composé depuis le 1<sup>er</sup> janvier 2017 des élus locaux représentant les 12 Établissements publics territoriaux (EPT) de la Métropole du Grand Paris et la Communauté d'Agglomération Versailles Grand Parc, qui adhère pour une partie de ses communes au Syctom.

Le Syctom, acteur industriel majeur, a pour objectif un avenir « zéro déchet non-valorisé ». À cette fin, il développe ses capacités de tri de collectes sélectives, adapte ses centres à l'élargissement des consignes de tri, gère de nouvelles déchèteries, modernise ses UVE et prépare le déploiement d'un ensemble de solutions pour une gestion optimale des biodéchets.



d'informations sur  
[syctom-paris.fr](http://syctom-paris.fr)

Projet d'Iury-Paris XIII



Crédit photo : AIA Life Designers

# LE SIAAP, SERVICE PUBLIC DE L'ASSAINISSEMENT DES EAUX USÉES



Le SIAAP, Syndicat interdépartemental pour l'assainissement de l'agglomération parisienne, est l'acteur public de référence pour l'assainissement des eaux usées domestiques, industrielles et pluviales, au service de 9 millions d'habitants. Une fois transportées vers l'une de ses usines, tout au long d'un réseau de 440 kilomètres de canalisations, 2,3 millions de m<sup>3</sup> d'eaux usées sont dépolluées, chaque jour, dans 6 usines de traitement des eaux usées, avant d'être rejetées dans la Seine et dans la Marne, en permettant le maintien du bon état écologique des eaux et la préservation de la biodiversité. Le Conseil d'administration du SIAAP est composé de 33 conseillers départementaux désignés par les 4 départements le constituant : Paris, Hauts-de-Seine, Seine-Saint-Denis et Val-de-Marne.

Acteur engagé pour l'environnement, le SIAAP réalise une mission d'intérêt général qui va au-delà du traitement des eaux usées : valorisation énergétique des sous-produits issus de l'épuration des eaux usées, protection des milieux naturels, anticipation des évolutions aussi bien climatiques que démographiques. Depuis 2016, le SIAAP a engagé un plan stratégique de long terme : « SIAAP 2030 : ensemble, construisons l'avenir », pour donner au SIAAP les moyens d'être toujours plus performant, grâce à l'optimisation de ses process, de son organisation et de son outil industriel.



d'informations  
sur [www.siaap.fr](http://www.siaap.fr)

Usine de dépollution des eaux usées Seine aval



Crédit photo : SIAAP



# LE PROJET COMÉTHA

Confrontés à des enjeux similaires sur les matières à traiter et pour la production d'énergie, le Syctom et le SIAAP ont choisi de partager leur expertise pour la conception d'un projet de traitement commun des boues issues de la dépollution des eaux usées et de la fraction organique résiduelle des ordures ménagères : le projet Cométha.

## LES RAISONS D'ÊTRE

Le cœur des missions du SIAAP et du Syctom est de traiter les déchets des usagers : les boues issues de la dépollution des eaux usées et les déchets ménagers et assimilés. Dans leur stratégie industrielle, les deux services publics doivent donc prévoir les installations qui puissent s'adapter à la nature et au volume des déchets réceptionnés.

À l'échelle du SIAAP, la valorisation matière des boues est historiquement privilégiée, par épandage ou compostage. Toutefois, l'éloignement croissant des sites utilisateurs et la complexification des contraintes de gestion de ce mode de valorisation rendent nécessaire la recherche d'autres formes de valorisation, durables et de proximité, au bénéfice d'une économie circulaire privilégiant les circuits courts.

Concernant les déchets ménagers, un des enjeux est d'apporter une solution pertinente pour le traitement de la matière organique contenue dans les ordures ménagères tout en mettant fin à l'enfouissement des déchets. Si la mise en œuvre de la collecte séparative des biodéchets contribuera à cet objectif, elle n'y suffira pas, avec la persistance d'une Fraction organique résiduelle (FO<sub>r</sub>) dans les ordures ménagères. Le Syctom envisage donc la création d'installations de prétraitement permettant de réduire les tonnages orientés en incinération, en séparant notamment la FO<sub>r</sub>. Cette fraction doit faire l'objet d'une valorisation innovante à la fois énergétique et matière, la

valorisation par retour au sol étant interdite dans le cadre du partenariat d'innovation et l'enfouissement restant la solution la moins adaptée.

Pour les boues des eaux usées et pour la FO<sub>r</sub>, le SIAAP et le Syctom font face au même défi : la valorisation des déchets ultimes. C'est donc logiquement, et dans la lignée de leur coopération historique, qu'ils se sont associés pour imaginer une solution commune répondant à leurs besoins.

## UN CONTEXTE PROPICE

### À LA PRODUCTION DE GAZ RENOUVELABLE

La production de gaz renouvelable est depuis quelques années encouragée par les pouvoirs publics. La Loi de transition énergétique pour la croissance verte (LTECV) prévoit de porter à 10 % la part du gaz renouvelable en 2030. L'ADEME, GRT Gaz et GRDF jugent qu'atteindre un mix de gaz 100 % renouvelable est possible d'ici 2050. La Région Île-de-France, dans son Plan énergie climat, prévoit que les énergies renouvelables représentent 40 % de la consommation francilienne en 2030 et 100 % pour 2050. Ces objectifs ambitieux doivent désormais se traduire dans des projets et des actions concrètes.



## LES AMBITIONS

**Démontrer la pertinence du mélange:** aucune solution n'existe à ce jour pour co-méthaniser les boues des eaux usées, les FOR, les graisses d'épuration, voire le fumier équin. Des procédés innovants restent à imaginer. Le projet Cométhà entend démontrer que le mélange d'intrants est susceptible de déboucher sur un bilan énergétique et environnemental très supérieur à celui atteint dans le cadre de filières séparées.

**Développer des solutions innovantes et conformes aux objectifs de transition énergétique et de production d'énergies renouvelables et de récupération:** depuis l'adoption de la LTECV, les appels au développement d'énergies renouvelables et de récupération, alternatives aux énergies fossiles, se multiplient. Le projet Cométhà pourrait permettre d'envisager à une large échelle des productions énergétiques de récupération avec un niveau de performance inégalé.

**Maximiser la transformation de la matière organique:** outre la production de gaz renouvelable, l'ambition du partenariat d'innovation est aussi d'aboutir à une solution technique maximisant la transformation de la matière organique avec à la clé un volume minimisé de sous-produits. Une ambition qui répond à l'enjeu majeur de traitement de déchets ultimes produits par les habitants et que les collectivités ont le devoir de traiter.

**Conforter la responsabilité du SIAAP et du Syctom:** le projet Cométhà est un pari ambitieux que le SIAAP et le Syctom relèvent compte tenu de leur responsabilité liée à la taille et aux enjeux du territoire sur lequel ils interviennent. Les réflexions menées dans le cadre de ce partenariat d'innovation doivent faire avancer la recherche au service de l'ensemble des acteurs des filières de l'assainissement des eaux usées et du traitement des déchets ménagers.

### PRIORISER

**76 000**  
tonnes de FOR\*

### INCLURE

**Boues des  
eaux usées\*\***

### ÉTUDIER

**20 000**

**tonnes de  
fumier équin\***

### ENVISAGER

**500 TONNES DE GRAISSES\***

\* Tonnages exprimés en matières brutes

\*\* Dans une proportion significative pour participer à l'optimisation du procédé

# LE PARTENARIAT D'INNOVATION, LA FORME RETENUE POUR LA MISE EN ŒUVRE DU PROJET COMÉTHA

Considérant leurs besoins et leurs attentes en matière d'innovation, le Syctom et le SIAAP ont choisi la procédure du partenariat d'innovation pour mettre en œuvre le projet Cométha. Leur action conjointe en ce sens s'inscrit dans l'objectif de développement durable n° 17 de l'ONU qui suggère « *des partenariats efficaces entre les gouvernements, le secteur privé et la société civile* », notamment pour les secteurs relatifs à l'énergie durable.

## UNE PROCÉDURE FAVORISANT LA RECHERCHE ET LE DÉVELOPPEMENT AU SERVICE DE L'ACTION PUBLIQUE

Le partenariat d'innovation permet de mettre en place un cadre propice aux travaux de recherche et de développement, au bénéfice de tous. D'une part, les entreprises, les laboratoires/universités et startups sont rémunérés pour leurs travaux, reçoivent les moyens nécessaires à leurs recherches et sont protégés en termes de propriété intellectuelle. D'autre part, les maîtres d'ouvrage obtiennent un système de traitement sur mesure, inexistant à ce jour sur le marché, dans un délai raisonnable et sans remise en concurrence à l'issue des premières étapes de recherche et développement.

## UN DÉFI RELEVÉ PAR 4 GROUPEMENTS PLURIELS

Le cahier des charges du partenariat d'innovation pour le cotraitement des boues des eaux usées du SIAAP et de la fraction organique résiduelle du Syctom a été lancé début 2017. La démarche a été reçue très favorablement par les acteurs du secteur avec pas moins de 9 candidatures reçues.

Après examen des dossiers, 4 groupements ont été retenus en décembre 2017 pour participer à la première étape du partenariat d'innovation :

- CMI / Sources / UniLaSalle / UTC
- Suez / Arkolia Énergies / ETIA
- Tilia / GICON France Biogaz / DBFZ / Fraunhofer IGB
- VINCI Environnement / Naldeo / CEA LITEN


Chaque groupement associe des entreprises - grandes et petites, des laboratoires, des universités et des startups. Dès à présent, le Syctom et le SIAAP se félicitent de la diversité des approches et les apports de chacune des parties de ces groupements pluriels.



d'informations sur les  
4 groupements pages 11 à 41

## LE DEGRÉ DE MATURITÉ ATTENDU (TRL)

Les attentes du Sycotom et du SIAAP sont fortes en matière de recherche, de développement et d'innovation. La mise en application de ces solutions doit toutefois s'effectuer à moyen terme. C'est pourquoi le niveau de maturité technologique - Technology readiness level (TRL) - visé est compris entre 3 (conception préliminaire) et 8 (préproduction).



TRL 9	Commercialized
TRL 8	Pre-production
TRL 7	Field Test
TRL 6	Prototype
TRL 5	Bench / Lab Testing
TRL 4	Detailed Design
TRL 3	Preliminary Design
TRL 2	Conceptual Design
TRL 1	Basic Concept

## LES ÉTAPES CLÉS DU PARTENARIAT D'INNOVATION

La phase 1, de début 2018 à mi-2019, est dédiée à la recherche et aux essais en laboratoire. Ses travaux terminés, chaque groupement proposera un Avant-projet sommaire (APS) de pilote industriel. Les projets seront évalués par le Sycotom et le SIAAP, qui retiendront un ou deux groupements si les résultats sont concluants au regard des objectifs fixés.

La phase 2, de fin 2019 à fin 2022, sera consacrée à la construction et à l'exploitation d'un ou plusieurs pilotes industriels visant à éprouver sur le terrain et dans des conditions

d'exploitation réelles les solutions proposées par un ou deux groupements. Le ou les prototypes industriels seront installés sur un terrain du SIAAP situé à Seine Amont ou à Seine Aval. À l'issue de cette phase, un seul groupement sera sélectionné, si les résultats sont concluants.

La phase 3, de fin 2022 à fin 2026, consistera en la construction et en la mise en service d'une unité industrielle, sur un terrain du SIAAP.

## LE FINANCEMENT ET LES SUITES DU PROJET

À ce jour, le coût prévisionnel de l'opération est estimé à environ 90 millions d'euros, en incluant l'unité industrielle définitive qui succédera au pilote industriel.

Le partenariat d'innovation est supervisé par un Comité de pilotage présidé par le président du Sycotom et composé à parité de représentants du Sycotom et du SIAAP dont son président. À l'issue de la première phase, le Comité de pilotage se réunira pour déterminer les participations financières

respectives du Sycotom et du SIAAP au projet en fonction des solutions retenues.

Le Sycotom et le SIAAP sont accompagnés de bureaux d'études pour l'assistance à la maîtrise d'ouvrage: SETEC Énergie Environnement, SETEC Hydratec, SAGE Engineering et Méthaconsult. Ils sont également conseillés sur le plan juridique par la SCP Sartorio & Associés et sur le plan communication par Parimage.



**SUEZ, ARKOLIA ÉNERGIES ET ETIA:  
UNE ALLIANCE QUI PARTAGE  
UN ADN COMMUN  
EN MATIÈRE D'INNOVATION**



Pour les collectivités et les industriels, il est essentiel de gérer de façon optimale les ressources. L'enjeu de la performance environnementale est au cœur de la stratégie des clients de SUEZ, qui a fait de l'économie circulaire une de ses priorités en matière de recherche et développement. Dans ce domaine, le Groupe investit chaque année plus de 70 millions d'euros.

Fort de ses partenariats avec le monde universitaire et de 5 brevets déposés, ARKOLIA Énergies ne cesse d'innover, comme le démontre sa troisième place au palmarès 2018 des inventeurs de la French Tech en Occitanie-Montpellier. Son procédé de méthanisation Arkométha® a été lauréat du Trophée Expobiogaz 2013, des appels à manifestation d'intérêt et des appels à projet déchets organiques retour au sol traitements et énergie de l'ADEME.

Le Groupe ETIA possède un laboratoire de R&D ainsi que des bureaux d'études experts en matière d'innovation technologique et de mise au point des procédés. ETIA est labellisé BPI Excellence depuis 2010 pour sa politique d'innovation, avec 68 brevets déposés et environ 10 % de son chiffre d'affaires consacré à la R&D.

**UN PARTENARIAT D'INNOVATION  
POUR RÉPONDRE AUX NOUVEAUX  
ENJEUX DES SERVICES PUBLICS**

Pour notre équipe, ce projet est doublement motivant de par son contenu à forte valeur environnementale et sa forme contractuelle, celle d'un partenariat d'innovation.

Dans ces conditions, donner naissance à un procédé de traitement commun des boues du SIAAP et de la fraction organique des ordures ménagères résiduelles du Syctom permet de proposer une solution en parfaite adéquation avec les attentes et les besoins des donneurs d'ordre.

En effet, notre équipe s'engage aux côtés du Syctom et du SIAAP dans une démarche qui va bien au-delà d'une offre conforme à un cahier des charges. Plus ouvert, le partenariat d'innovation enclenche une dynamique de co-construction au service d'une solution qui est perfectionnée au fil des phases de recherche et développement et en fonction des résultats des expérimentations. Pour une meilleure performance, il est possible, grâce à notre regroupement d'acteurs, de suggérer des

améliorations sur toute la chaîne de traitement des intrants et pas uniquement sur le procédé de co-méthanisation.

Notre solution sera le fruit d'une collaboration féconde entre parties prenantes qualifiées : organismes publics, startups, PME et grands groupes. Notre solution est particulièrement performante car elle combine des approches plurielles technologiques ou industrielles, qu'elles soient logistiques, techniques ou réglementaires. L'ensemble des étapes fonctionnelles de notre proposition est par ailleurs approfondi avec le Syctom et le SIAAP.

Enfin, cette mise en relation autour d'un projet commun apporte des bénéfices technologiques mais aussi organisationnels. Méthodes de travail novatrices, agilité, idées de ruptures, expérience du contexte des marchés publics : chaque jour est une opportunité de se nourrir les uns des autres, dans une émulation qui profite à tous les partenaires du projet.

Notre équipe mobilise 4 experts, 14 ingénieurs et 71 techniciens, notamment dans des startups et universités, pour la conduite de nombreux essais et de plus de 4 000 analyses.

Conclure un partenariat d'innovation avec le Syctom et le SIAAP, c'est participer à la genèse d'une solution de co-méthanisation pionnière, à la charnière de plusieurs mondes - traitement de l'eau, valorisation des déchets, production d'énergie et optimisation de la ressource - aux performances encore jamais atteintes, et unique en Europe. La co-méthanisation est une filière structurante pour la transition énergétique et une opportunité

de développement durable des territoires. Il est également primordial de veiller à optimiser la valorisation matière des sous-produits pour des installations vraiment respectueuses de l'environnement. Grâce à ses performances, énergétique et matière, la filière de cotraitement novatrice proposée au Syctom et au SIAAP créera une boucle vertueuse en Île-de-France pour valoriser au mieux les ressources !



**Philippe Maillard**  
Directeur Général adjoint  
de SUEZ en France



**Laurent Bonhomme**  
Associé et Président  
d'ARKOLIA Energies



**Olivier Lpez**  
Président du Groupe ETIA

## UNE ÉQUIPE MOBILISÉE POUR UN PROJET D'ÉCONOMIE CIRCULAIRE EXEMPLAIRE

Le Groupe SUEZ s'est associé à de jeunes sociétés françaises aux offres complémentaires. La diversité de notre équipe est essentielle: c'est cette alliance qui offre à chacun la possibilité de participer à ce projet d'ampleur. Avec son expérience des

marchés publics et sa vision transverse des marchés de l'eau et des déchets, SUEZ a conçu une solution qui s'appuie sur un assemblage innovant de ses procédés et de ceux de ses partenaires et coordonne les essais réalisés afin de garantir

leur cohérence. ARKOLIA Énergies et le Groupe ETIA apportent leurs technologies de pointe pour proposer la filière globale la plus adaptée aux besoins du Sycotm et du SIAAP.

### SUEZ, UN GROUPE ENGAGÉ POUR L'ÉMERGENCE DE LA FILIÈRE MÉTHANISATION



Crédit photo : SUEZ

Leader mondial dans la gestion intelligente et durable des ressources, le Groupe SUEZ compte 90 000 collaborateurs et a réalisé un chiffre d'affaires de 15,9 milliards d'euros en 2017. SUEZ valorise dans le monde 17 millions de tonnes de déchets par an et produit 3,9 millions de tonnes de matières premières secondaires, ainsi que 7 TWh d'énergie locale et renouvelable.

Avec plus de 50 unités de méthanisation des boues de stations urbaines, 5 unités de méthanisation de déchets (dont 3 planifiées), 3 unités exploitées pour le compte de collectivités et plusieurs projets avec le monde agricole, SUEZ se positionne comme un acteur essentiel de la méthanisation, pleinement engagé pour atteindre l'objectif national de 10 % de gaz vert injecté dans les réseaux à horizon 2030. Au sein de son centre de recherche et développement situé au Pecq (78), le CIRSEE, SUEZ a intégré les laboratoires « METHA'Lab » dédié à la méthanisation et « WASTE'Lab » pour le traitement et la valorisation des déchets. L'ouverture d'un « BioRessourceLab » consacré à la valorisation des déchets organiques biodégradables, en partenariat avec le laboratoire de biotechnologie de l'environnement de l'Institut national de la recherche agronomique (INRA), est également prévue à Narbonne.

#### Unité de méthanisation, nouveau process Amétyst II, Montpellier (34)

Le nouveau process Amétyst II traite les déchets ménagers et assimilés des 430 000 habitants de Montpellier Méditerranée Métropole. Plus important centre de méthanisation par voie sèche en France et référence technique en Europe, l'unité valorise la fraction organique des déchets en produisant du compost et du biogaz. Géré par SUEZ depuis 2008 et transformé à la suite d'un programme d'investissement de 10 millions d'euros, le site a augmenté de 50 % sa production énergétique et alimente en chaleur un écoquartier de 5 000 habitants et une clinique.

- > 173 000 tonnes de déchets ménagers et assimilés transformés chaque année
- > 20 GWh électriques et 14 GWh thermiques produits en 2017
- > 27 000 tonnes de compost normé produites
- > + de 51 % des déchets du territoire sont valorisés en nouvelles ressources





Crédit photo: ARKOLIA Énergies

Créée en 2009, ARKOLIA Énergies propose la construction, clé en main, de centrales de production électrique à partir d'énergies renouvelables. Elle compte plus de 60 salariés et a réalisé un chiffre d'affaires de 39 millions d'euros en 2017. Avec 140 MW installés et 600 MW en portefeuille, elle fait partie des 10 premiers acteurs multi-énergies, français et indépendants.

Sa différence réside dans son approche multi-énergies (solaire, éolien, biomasse), et sa capacité à développer des technologies françaises de rupture, tel que sur les éoliennes offshore, le « solar to gaz » (par méthanation biologique) ou dans la filière biogaz, avec 5 brevets déposés et un budget R&D de plus de 4 millions d'euros sur 3 ans. En partenariat avec différentes universités, elle est soutenue par l'ADEME pour Arkométha®, la première technologie française en méthanisation sélectionnée dans les Investissements d'avenir (IA).

ARKOLIA intervient dans les études et la conception, la construction, l'exploitation et la maintenance afin d'optimiser le rendement des centrales électriques, avec ses moyens internes d'ingénierie technique et financière, son laboratoire de recherche, son suivi des constructions et de la maintenance.

#### **Unité de méthanisation en matière épaisse en continu, Ferme Nagapèse, Parisot (81)**

Une unité pilote de la technologie Arkométha® a été mise en service en 2014 au sein d'une ferme biologique s'étendant sur 120 hectares avec 70 vaches allaitantes. Le but est de diversifier les activités de la ferme en valorisant les effluents d'élevage en énergie. L'énergie thermique produite est réutilisée pour chauffer un séchoir à fourrage et les bâtiments et le digestat est épandu sur l'exploitation.

> 990 tonnes de fumier, 950 tonnes d'ensilage d'herbe, 180 tonnes de déchets de céréales et 480 tonnes de lisier sont traitées

> 1050 Nm<sup>3</sup> de biogaz et 1800 kWh d'électricité sont produits par jour



Crédit photo : ETIA

Fondé en 1989, le Groupe ETIA est un bureau d'ingénierie et équipementier français qui compte 35 salariés et réalise un chiffre d'affaires de 8,5 millions d'euros (dont 95 % à l'international). Il est spécialisé dans l'innovation technologique, les équipements et les procédés de traitement thermique en continu des produits vrac pour l'agro-industrie et la valorisation des biomasses résiduelles et des déchets en matières et en énergies renouvelables. Son portefeuille couvre plus de 150 machines livrées dans 35 pays sur 5 continents. ETIA possède des compétences en :

- > ingénierie mécanique, automatisme: robotique, assemblage et dosage, détection et vision;
- > valorisation des boues de stations d'épuration, des digestats et lisiers;
- > production d'électricité à partir des ordures ménagères et des Combustibles solides de récupération (CSR) et valorisation énergétique des déchets: plastiques et pneus notamment;
- > conversion thermochimique de biomasse: production d'électricité, de chaleur et gaz « verts »;
- > traitement des denrées végétales: séchage, torréfaction, débactérisation, etc.;
- > solutions naturelles pour l'agronomie: production de biochar, d'hydroréten-teurs et fabrication de substrats agronomiques;
- > valorisation des biomasses résiduelles: séchage, torréfaction, production de charbon végétal, conversion thermochimique, gazéification.

### Production de biochar (Indonésie)

Le but de l'installation est de convertir les coproduits et déchets de biomasse en un matériau présentant de meilleures caractéristiques combustibles que le produit initial.

La biomasse torréfiée est un combustible solide hydrophobique, facile à stocker et résistant aux agents externes (champignons, bactéries, parasites...). La biomasse est chauffée en l'absence d'oxygène à des températures allant jusqu'à 400 °C. Le produit traité a une densité de 350 kg/m<sup>3</sup> et une humidité initiale de 10-12 %. Le gaz produit est brûlé en sortie de réacteur. Pour ce projet, ETIA a livré trois réacteurs Biogreen®.

- > 1500 kg/h de déchets de biomasse
- > Mise en service en 2012

## NOTRE PROJET

### L'AMBITION DE LA FUTURE UNITÉ DE COTRAITEMENT DU SIAAP ET DU SYCTOM : CRÉER UNE BOUCLE DE VALORISATION HAUTE PERFORMANCE

Pour relever les enjeux de performance technique, environnementale et économique, nous avons conçu deux filières, l'une fondée sur un intrant envisagé globalement, l'autre mettant en œuvre des traitements spécifiques selon les intrants.

Au cœur de l'économie circulaire, les systèmes de traitement à énergie positive proposés produisent du biométhane réinjectable dans le réseau ou valorisable sous forme de BioGNL et permettent de valoriser tous les sous-produits sortant du process : une partie du phosphore et de l'azote contenus dans les intrants pourra être recyclée.

### DÉPASSER LES RENDEMENTS HISTORIQUES DE VALORISATION DE LA MATIÈRE ORGANIQUE

Grâce à l'utilisation judicieuse de technologies innovantes de conversion thermochimique et de traitements biologiques comme la méthanation, nos filières de traitement parviennent à convertir en énergie une partie difficilement accessible de la matière organique. C'est cet assemblage, pensé par SUEZ, qui permet d'augmenter significativement la production de biométhane et de parvenir à une valorisation matière et énergétique maximale de chaque intrant.

Nos filières se construisent ainsi autour de trois ensembles fonctionnels :

1 / La co-méthanisation développée par ARKOLIA Énergies, optimisée grâce à un fonctionnement piston multiphasés et une agitation par le biogaz, maîtrisée et d'exploitation aisée

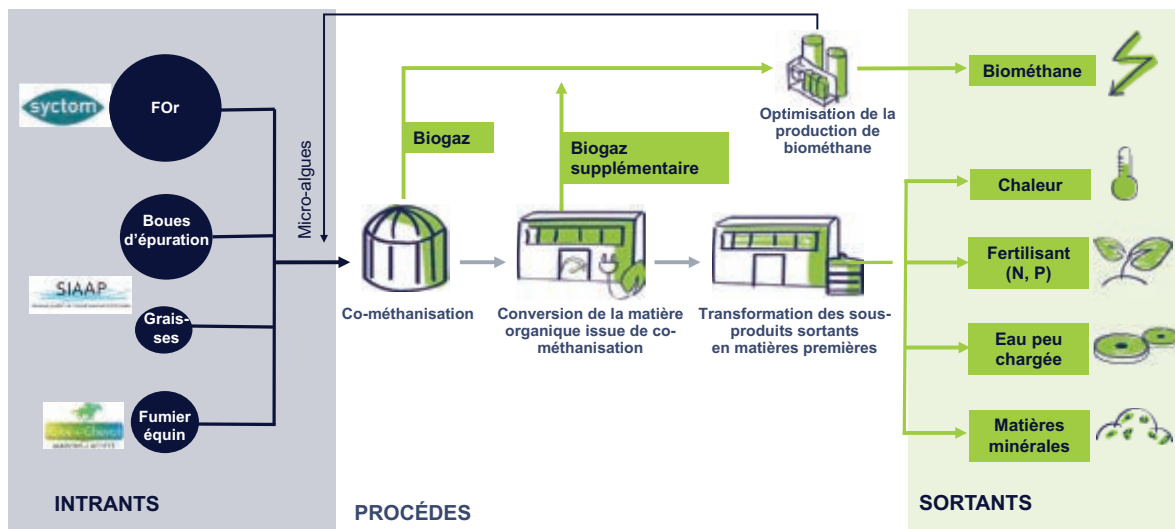
2 / Des procédés de conversion thermochimique permettant d'obtenir :

- un syngaz riche en carbone ensuite transformé par biométhanation ;
- une phase liquide contenant du carbone plus facilement méthanisable.

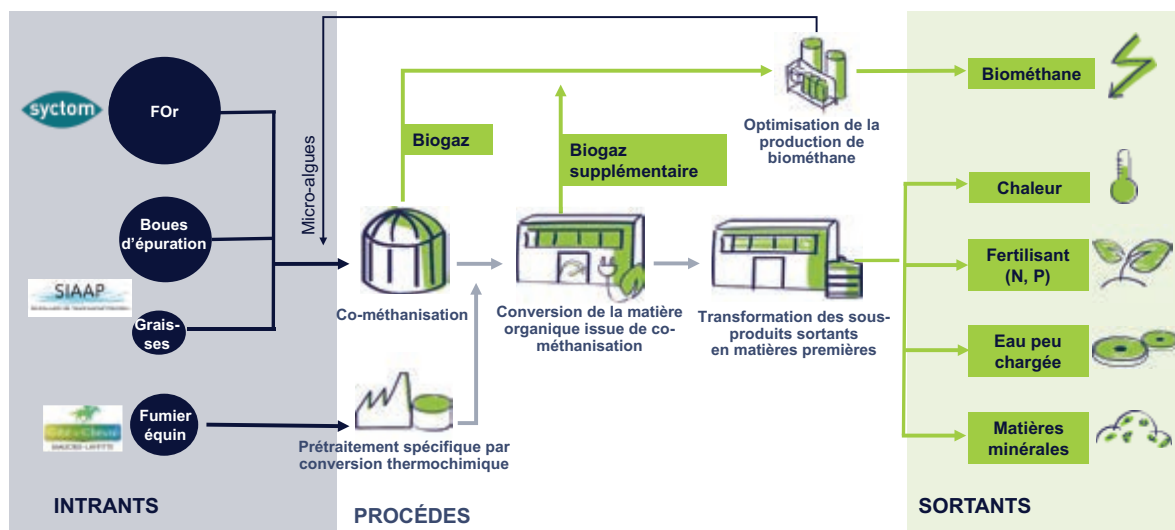
3 / La maximisation de la valorisation des sous-produits :

- utilisation du CO<sub>2</sub> issu de la purification du biogaz pour produire des microalgues, nouvelles sources organiques pour la co-méthanisation ;
- valorisation spécifique du phosphore et de l'azote en matières premières secondaires.

## UNE SOLUTION GLOBALE AVEC UNE FILIÈRE EN CO-MÉTHANISATION DE TOUS LES INTRANTS



## UNE SOLUTION ALTERNATIVE AVEC UNE FILIÈRE DE CONVERSION THERMOCHIMIQUE POUR UN TRAITEMENT SPÉCIFIQUE DU FUMIER ÉQUIN





**TILIA, DBFZ, FRAUNHOFER IGB,  
GICON ET FRANCE BIOGAZ :  
POUR UN PARTENARIAT DYNAMIQUE,  
TRANSPARENT, COOPÉRATIF  
ET OUVERT**



Chèr(e)s participant(e)s à la matinée technique organisée par le Syctom et le SIAAP,

Nous espérons que la présentation de notre groupement et de notre solution technique vous aura donné un aperçu convaincant de nos compétences et de la proposition innovante que nous avons conçue pour le traitement commun des boues du SIAAP et de la fraction organique résiduelle du Syctom. En complément des informations présentées, vous pouvez trouver dans la documentation ci-jointe des informations plus détaillées sur notre groupement, ainsi que sur la manière dont nous abordons le partenariat d'innovation.

Notre proposition, enrichie par le dialogue constant conduit avec les équipes du Syctom, du SIAAP et de leur assistant à maîtrise d'ouvrage, et par le travail approfondi auquel il a donné lieu, répond de façon rigoureuse à l'ensemble des objectifs que ce partenariat d'innovation doit permettre d'atteindre ensemble, grâce à une combinaison innovante de solutions qui pourront être mises en œuvre avec un maximum de sécurité pour le Syctom et le SIAAP. Cette sécurité concerne aussi bien les performances techniques et environnementales attendues que les performances économiques, et la stricte tenue des délais fixés par le cahier des charges.

Ensuite, au-delà de la combinaison des compétences de nos entreprises et organismes, qui allie le meilleur de la recherche européenne et une expérience opérationnelle éprouvée, c'est une véritable équipe franco-allemande, réactive et mobilisée par ce projet, qui s'est formée dès les premières étapes de conception du partenariat, dans le dialogue avec le Syctom et le SIAAP, et en résonance

avec l'esprit du partenariat d'innovation. À l'heure où notre gouvernement met la coopération franco-allemande au cœur du projet économique et environnemental de notre pays, nous sommes persuadés que notre équipe exemplaire pourra faire de ce projet de co-méthanisation une référence européenne de classe mondiale, à la charnière de l'économie circulaire, de la transition énergétique et de la modernisation des grands services publics.

Enfin, le modèle du partenariat d'innovation exige notamment un travail en transparence totale des partenaires les uns avec les autres, et dans leur relation avec le maître d'ouvrage. Tilia ayant, depuis l'origine, fait de l'innovation collaborative et de la transparence deux des clefs de sa méthode, il lui a paru naturel de s'engager pleinement dans la démarche proposée par le Syctom et le SIAAP. Ces principes clés, au même titre par exemple que la neutralité technologique au service de l'optimisation, sont partagés par l'ensemble des membres du groupement.

À cet égard, il convient de souligner que si la solution proposée présente une complète cohérence, et a été étudiée sans laisser de côté aucun paramètre important de conception, d'exploitation ou de performance, ni en ce qui concerne ses différentes étapes, ni en ce qui concerne leur articulation, elle est cependant entièrement « ouverte » au travail collaboratif avec les équipes du Syctom et du SIAAP, et par nature adaptable, dans le cadre d'approches de scénarisation qui sont d'ores et déjà développées en commun, en utilisant les outils du groupement.

Dans cet esprit, nous avons choisi de ne pas intégrer au groupement d'entreprise

de construction à ce stade, et d'organiser le moment venu la sous-traitance en phase 3 en fonction des solutions qui seront finalement retenues dans le partenariat. Tout autre choix aurait contraint la solution, et limité la liberté de choix du Syctom et du SIAAP dans le cadre du projet. Aucune entreprise de construction ne dispose en effet d'une palette de compétences suffisamment large pour garantir, le moment venu, sa capacité à réaliser l'ensemble des solutions.

Cette économie de projet permettra d'adapter au mieux, le moment venu, le cahier des charges des sous-traitances à la visée du projet, et de bénéficier d'une mise en concurrence optimale des sous-traitants pressentis. Il en résultera un bénéfice économique et technique pour le Syctom et le SIAAP.

La combinaison de ces quelques points essentiels garantit à nos yeux un partenariat dynamique, transparent, coopératif et ouvert avec les maîtres d'ouvrage, aux différentes phases du projet.



## PRÉSENTATION DE NOTRE GROUPEMENT

Notre groupement, piloté par Tilia et composé d'entreprises et d'organismes de recherche, partage cinq caractéristiques importantes au regard des attentes exprimées par le Syctom et le SIAAP.

- une vision commune de la transition énergétique et environnementale, de ses fondements technologiques, et du renforcement de l'économie circulaire dans les territoires;
- un rôle pionnier au niveau européen dans le champ de travail et d'expertise qui est le leur, exprimé par des références prestigieuses, en France et en Allemagne notamment;

- une culture d'optimisation et de performance dans les domaines de la consultation lancée par le Syctom et le SIAAP, qui lie l'ensemble des étapes allant de la recherche appliquée et de la conception à l'exploitation opérationnelle des services et infrastructures;

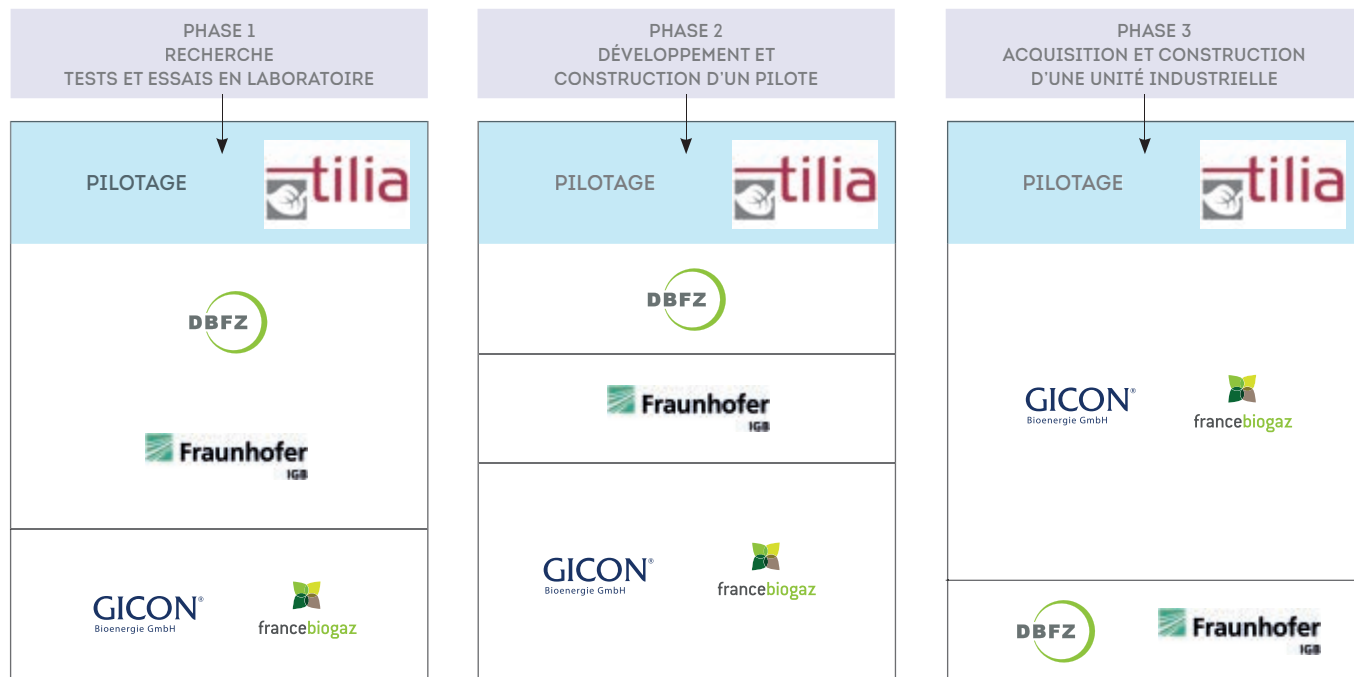
- une expérience partagée dans les domaines de la méthanisation et une maturité coopérative éprouvée, qui leur a toujours permis, dans leurs projets, de combiner l'innovation avec l'atteinte des performances attendues et la maîtrise des risques économiques et technologiques inhérents à ce domaine;

- un enracinement très fort dans la coopération avec des organismes d'intérêt général, dans un cadre de développement local.

C'est cette expérience partagée qui a guidé la formation du groupement, les choix qui dessinent la solution proposée, et les partis de méthode qui la soutiennent.

Dans les pages qui suivent, quelques points clefs de l'expérience et de la culture de chacune de nos organisations, et sur la coopération qui les unit dans le présent projet.

### ORGANISATION DU GROUPEMENT SUR LA DURÉE TOTALE DU PARTENARIAT D'INNOVATION



## TILIA

Cette entreprise franco-allemande, fondée et dirigée par deux Français, Cyril Roger-Lacan et Christophe Hug, déploie aujourd'hui dans 18 pays, avec plus de 100 collaborateurs appuyés par un large réseau mondial d'experts, un savoir-faire de transformation des grands services publics environnementaux, dans un cadre de partenariat qui vise d'abord le renforcement de ses partenaires et clients publics. Son modèle fondamental est donc très proche de celui du partenariat d'innovation.

En Île-de-France et dans le contexte particulier des défis environnementaux du Grand Paris, où s'inscrit le présent projet, Tilia conduit avec succès des projets phares tels que le développement par étapes successives du réseau de chaleur et de froid géothermique innovant du plateau de Saclay (contrat de 7 ans, 2013-2020 ; 50 millions d'euros d'investissement) ou le projet « SIAAP 2030 » de transformation stratégique et d'optimisation opérationnelle du SIAAP. Ces projets témoignent de la capacité de Tilia à conduire des transformations innovantes et profondes dans de grandes organisations industrielles de services environnementaux et énergétiques complexes. D'autres territoires, tels le Grand Lyon, les Hauts-de-France, Berlin ou Hambourg bénéficient de sa compétence.

Ses dirigeants, et notamment Christophe Hug qui dirige le présent projet, ont eu à conduire au cours de leur carrière, en pleine responsabilité opérationnelle, de nombreux projets d'investissements de

plusieurs centaines de millions d'euros, incluant des phases de construction. Ils ont également une capacité éprouvée à diriger de façon fructueuse des grands projets de coopération franco-allemande dans le domaine de l'énergie et de l'environnement. À titre d'exemple, les gouvernements français et allemand, puis la Commission Européenne en 2018, ont approuvé le projet copiloté, aux côtés d'Enedis et Innogy par Tilia et Dena (Agence allemande de l'énergie), pour le développement d'une optimisation énergétique territoriale transfrontalière et d'un « smart grid » franco-allemand entre la Sarre et la région Grand Est sur le réseau basse tension (20 kV), dans lequel 18 grands industriels et organismes de recherche se sont engagés.

Dans plusieurs autres projets, Tilia travaille en coopération étroite et concrète avec des chercheurs et des scientifiques, soit dans le cadre de programmes de recherche appliquée - tels que ceux qui sont inhérents à la récupération du phosphore - soit dans le cadre de projets opérationnels : récemment, des chercheurs du CEA ou de l'École des Mines de Paris ont ainsi été intégrés à des équipes projet sur des projets de transition énergétique territoriale.

Tilia apporte donc au projet cette expérience unique de pilotage de projets complexes, et d'intégration de l'innovation dans une vision d'exploitation à long terme, performante et réaliste. Elle apporte également son expérience de première main d'un ensemble de sujets de valorisation énergétique de boues et de déchets, et notamment de méthanisation.

## GICON ET FRANCE BIOGAZ

GICON et sa filiale française France Biogaz est l'un des leaders européens de la conception, de l'ingénierie et de la réalisation d'installations de biogaz à haute performance. Connue pour la fiabilité technico-économique de sa conduite de projets, dans un domaine où trop d'installations, notamment en France, rencontrent des difficultés tenant à des défauts de conception (sécurité des intrants, procédés, débouchés...), ou de réalisation (mauvaise gestion de l'instabilité des intrants et de leur mix notamment), l'entreprise a conçu et réalisé des installations dans ces contextes et avec des « mix » d'intrants variés, incluant diverses formes de déchets et des boues d'épuration.

L'entreprise a parfaitement réussi le transfert des savoir-faire opérationnels et d'innovation accumulés en Allemagne du fait de l'importance et de la relative ancienneté de la part du secteur du biogaz dans la production d'énergies renouvelables, exerce dans lequel d'autres sociétés françaises ont échoué. Le nombre de ses références en installations de méthanisation atteste de sa capacité à apporter au partenariat un ensemble complet de compétences métier sur l'ensemble de la chaîne allant de l'ingénierie à la réalisation. Son expertise a d'ailleurs plusieurs fois été primée, notamment son projet Richmond au Canada, élu au top 100 des projets d'infrastructures innovants.

## LE DEUTSCHE BIOMASSE FORSCHUNG ZENTRUM -DBFZ

Le DBFZ est l'organisme de recherche appliquée et d'innovation leader mondial en matière de recherche sur la méthanisation et l'énergie provenant de la biomasse.

Ses départements « systèmes de bio-énergie », « conversion biochimique », « conversions thermochimiques » et « bioraffineries » emploient 140 collaborateurs.

Le DBFZ a participé à un grand nombre de programmes de conception et de fiabilisation de projets innovants au cours des dernières années, avec une palette étendue de parties prenantes publiques et industrielles. Parmi les plus topiques, rappelons les nombreux projets portant sur l'amélioration des procédés de digestion anaérobie, sur la flexibilisation croissante de l'exploitation et l'exploitation efficace des flux, le comportement des micro-organismes, l'optimisation

des rendements énergétiques et des flux de résidus, les procédés hydrothermaux, et notamment la carbonisation hydrothermale, particulièrement en matière de boues d'épuration.

Ce savoir-faire unique au monde est particulièrement topique pour aborder un projet ambitieux et complexe comme celui du Syctom et du SIAAP, qui implique à la fois une capacité à comparer entre elles, sans a priori, des solutions variées, couvrant une palette très large, et à les articuler dans une filière complète construite « sur mesure » pour le projet, en optimisant leur combinaison et en sécurisant leur enchaînement.

Aux compétences scientifiques rassemblées par le DBFZ, et effectivement mises au service du projet, s'ajoute une capitalisation d'expérience sur des prototypes et des exploitations industrielles sans équivalent. Le DBFZ travaille en effet en immersion dans le monde industriel et celui des services,

et en partenariat avec les parties prenantes assez nombreuses - producteurs ou collecteurs de déchets de différentes natures, énergéticiens, autorités organisatrices, exploitants, utilisateurs de résidus notamment - qui convergent dans les procédés de méthanisation.

## L'INSTITUT FRAUNHOFER

Ce savoir-faire est complété dans le groupement par celui de l'Institut Fraunhofer, organisme de recherche européen de référence en matière d'environnement et de transition énergétique territoriale, tant dans le domaine des sciences « dures » et des sciences du vivant, que dans celui des modèles économiques associés. À ce titre, il conduit à la fois des projets intégrant l'innovation technique et l'optimisation économique, tels le projet Gobi d'optimisation holistique de la chaîne de production du biogaz, et des projets plus ciblés sur des thèmes pertinents pour le projet, telle la récupération du phosphore.

S'agissant des apports combinés des équipes de Tilia, de GICON, du DBFZ et de l'Institut Fraunhofer, il convient de souligner que, dans les domaines techniques couverts par le partenariat d'innovation organisé par le Syctom et le SIAAP, des liens extrêmement forts existent entre l'innovation, les retours d'expérience d'exploitation et la fiabilisation des procédés. En plus du savoir-faire, l'infrastructure de recherche existante (laboratoires, méthaniseurs expérimentaux...) dont le groupement dispose permet également de se concentrer dès l'entrée en phase 1, sans perte de temps, sur les essais à grande valeur ajoutée pour le Syctom et le SIAAP.

Plus que toute autre filière de production d'énergie, la méthanisation dans ses différentes dimensions, ainsi que les différents procédés qui lui sont liés en amont (prétraitements divers) ou

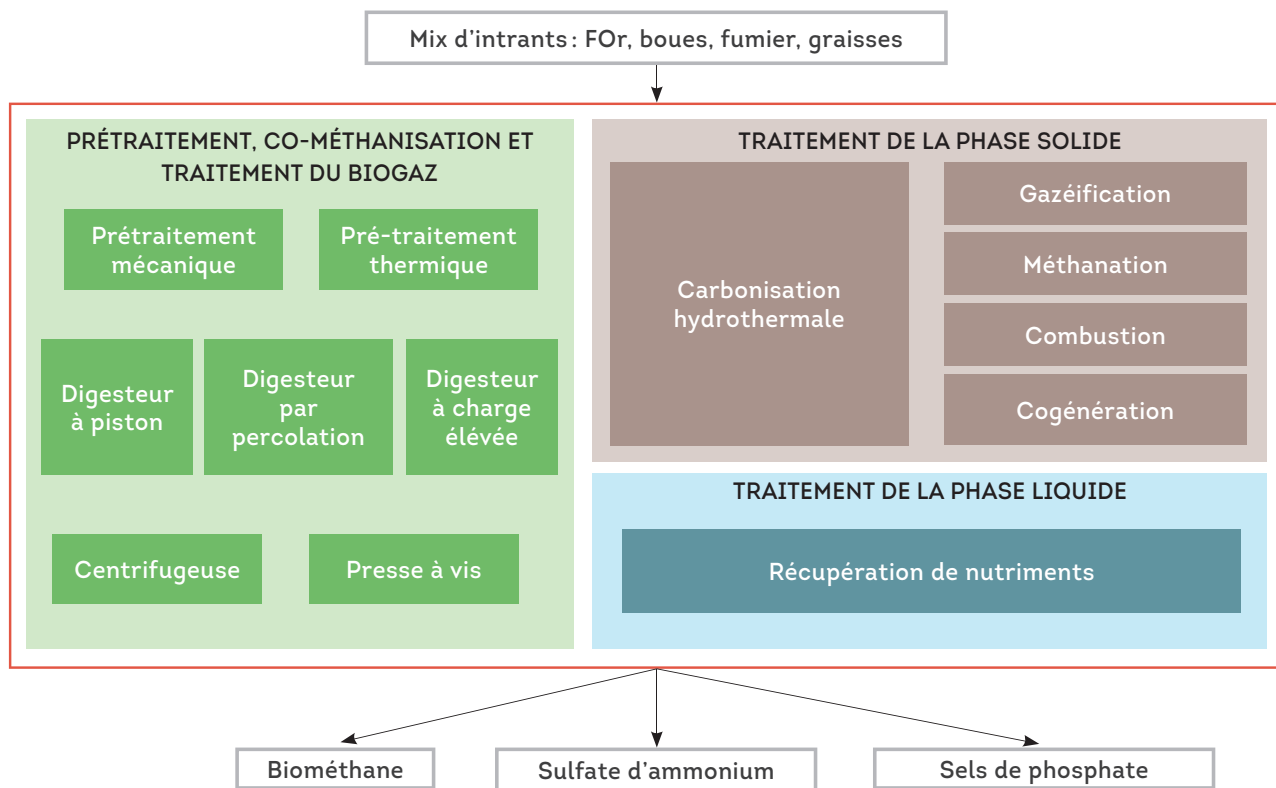
en aval (valorisation des sous-produits et reliquats) est en effet tributaire d'un ensemble de conditions concrètes affectant la matière organique qui en est le cœur, et le contexte physique et biologique dans lequel elle est méthanisée. Aussi l'Allemagne, où fonctionnent actuellement plus de 8 000 installations de méthanisation, et où la filière se développe depuis plusieurs décennies, a-t-elle acquis dans ce domaine un capital d'expérience et une expertise scientifique et industrielle irremplaçables, qui se sont encore accrus depuis dix ans du fait des moyens financiers consacrés à la recherche au soutien de la transition énergétique. Le partenariat lancé par le Syctom et le SIAAP peut être l'occasion de faire franchir, en France à ces procédés de valorisation énergétique de la matière organique qui sont au cœur de la transition énergétique, de nouvelles étapes, et de breveter au profit du Syctom et du SIAAP certaines de ces innovations.

## NOTRE PROPOSITION

Pour respecter l'esprit du partenariat d'innovation, nous n'avons pas voulu concevoir une solution clé en main qui aurait été définie en amont de la phase de recherche. Au contraire, notre proposition se base sur un ensemble de technologies alternatives qui seront d'abord testées séparément puis en combinaison les unes avec les autres afin de déterminer la solution globale la plus efficace pour atteindre les objectifs de performances fixés par le SIAAP et le Syctom. Ainsi, au sein de trois grands modules représentant les 3 piliers de notre

solution, nous avons identifié plusieurs technologies alternatives ou complémentaires dont on trouvera la représentation ci-dessous. La phase de recherche permettra de sélectionner les technologies les plus performantes en fonction des intrants spécifiques à traiter et des objectifs de performance fixés, mais aussi en vue d'atteindre un optimum technico-économique pour une performance globale maximale.

### PRÉSENTATION DES TECHNOLOGIES POSSIBLES POUR LE SYSTÈME DE TRAITEMENT





Crédit photo: Jan Outzeit



Crédit photo: GICON



Crédit photo: Fraunhofer IGB

La phase 1 du projet va nous permettre de mettre en compétition trois technologies de méthanisation différentes afin de choisir la plus performante au regard des intrants et des objectifs du partenariat :

- le digesteur à piston du DBFZ dont les spécificités principales sont d'être particulièrement adapté aux intrants à fort taux de matière sèche, de présenter une bonne tolérance aux indésirables en comparaison aux voies liquides, de pouvoir contrôler le temps de rétention des intrants en évitant les courts-circuits et de permettre de séparer différentes fractions du gaz. Cette technologie présente de surcroît une faible consommation électrique du fait du brassage lent, et elle est particulièrement fiable et éprouvée ;
- le digesteur par percolation de GICON qui s'appuie sur la circulation d'une boucle de percolat constitué en majeure partie de boues, et dont les spécificités principales sont de présenter également une bonne tolérance aux indésirables en comparaison avec les voies liquides, de bien résister à l'usure et de présenter une haute disponibilité ;
- le digesteur à charge élevée du Fraunhofer IGB, dont les principaux avantages sont une charge volumique accrue et un temps de séjour plus court permettant une croissance plus rapide et plus robuste des micro-organismes. Cette technologie permet donc le traitement de plus de substrat pour un volume de digestion équivalent.

En complément du module de méthanisation, notre solution est composée de la façon suivante :

- une solution de prétraitement des intrants, qui a pour but d'améliorer leur biodégradabilité avant leur entrée dans le méthaniseur, d'augmenter la durée de séjour dans le digesteur et d'augmenter la quantité de biogaz ;
- un module de récupération des substances nutritives de la phase liquide du digestat ;
- la technologie de carbonisation hydrothermale, permettant la production de biocharbon, produit hygiénisé, stable en stockage et valorisable de multiples manières.

Les voies de valorisation du biocharbon sont multiples et seront elles aussi étudiées en phase 1.

Outre l'atteinte des objectifs définis par le Sycotom et le SIAAP, notre solution de co-méthanisation permet d'utiliser une variété d'intrants profitable pour la stabilité des processus, et repose sur un procédé de méthanisation maîtrisé par le groupement qui pourra être complété par des modules additionnels davantage ouverts à la recherche et à l'innovation. Enfin elle permet de bénéficier de synergies entre le Sycotom et le SIAAP : gains de place dans une région parisienne en manque d'espace, gains économiques grâce au traitement des eaux de procédé directement par le SIAAP plutôt que par une autre unité.



**VINCI ENVIRONNEMENT, NALDEO,  
CEA LITEN ET INSA DEEP:  
UNE OPPORTUNITÉ UNIQUE DE METTRE  
EN COMMUN NOS EXPERTISES**





## INTRODUCTION

Le Syctom et le SIAAP ont construit un partenariat dans le but de mettre en œuvre un projet de traitement commun innovant des ressources organiques issues des ordures ménagères résiduelles et des boues de stations d'épuration.

Les objectifs à atteindre pour cette unité de traitement par co-méthanisation à haut rendement ont été fixés par le maître d'ouvrage :

- > maximiser la conversion du carbone organique des intrants en méthane (objectif prioritaire);
- > maximiser la valorisation énergétique;
- > minimiser de la production des sous-produits.

VINCI Environnement, Naldeo et le CEA ont saisi cette opportunité unique de mettre en commun leurs expertises respectives afin d'accompagner le Syctom et le SIAAP dans ce projet innovant. L'intérêt de notre groupement d'entreprises est la concrétisation à l'échelle industrielle des efforts constants réalisés par nos experts dans les domaines de la recherche et du développement pour l'environnement.

### VINCI ENVIRONNEMENT

Filiale spécialisée du groupe Entrepouse, VINCI Environnement intervient depuis 20 ans dans l'ingénierie du traitement des déchets et des fumées. Héritière d'une prestigieuse lignée d'entreprises (SOGEA déchets, OTVD, TBTE, SPEIC), VINCI Environnement met à la disposition des opérateurs publics et privés son expertise unique de concepteur-constructeur pour réaliser et exploiter des unités de traitement parfaitement adaptées à leurs attentes.

VINCI Environnement possède un savoir-faire reconnu en tri et préparation des déchets, stabilisation biologique, élaboration du compost et affinage, biométhanisation... VINCI Environnement développe aussi des procédés exclusifs éprouvés: BRS® (pré-fermentation en bioréacteur), ECOSILO, ECOTUNNEL... VINCI Environnement développe la licence exclusive d'exploitation sur le territoire français du procédé de méthanisation KOMPOGAS®.

Les procédés de traitement biologique proposés par VINCI Environnement bénéficient d'une évolution constante grâce aux retours d'expérience émanant de nombreuses réalisations tant

en France qu'à l'étranger (Arras, Olawa et Jarocin (Pologne), Clermont-Ferrand, Montpellier, Saint-Lô, Saint-Christophe du Ligneron, Champdeniers, Grenoble Murianette...).

Le traitement thermique des déchets est une composante du savoir-faire de VINCI Environnement qui maîtrise et continue le développement de l'ensemble des techniques d'élimination et de valorisation des déchets par procédé thermique notamment (grille à gradins, grille à rouleaux refroidie à l'eau, four rotatif, procédés innovants IBISOC®, BIONOX, procédés de réduction non-catalytique des oxydes d'azote SNCR).

Pour le traitement des fumées, VINCI Environnement, héritière de la société SPEIC acquise en 1999, est spécialisée dans le traitement de rejets atmosphériques des unités de traitement thermique par procédés secs, humides ou combinés, dénitrification catalytique des fumées (SCR).



## NALDEO, UNE SOCIÉTÉ AU CŒUR DE LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE ET ÉCOLOGIQUE



Naldeo regroupe toutes les compétences et expertises techniques intervenant en ingénierie (maîtrise d'œuvre, études et audits techniques) et en conseil pour des acteurs privés (opérateurs, industriels, fonds et banques). Cette société compte 140 ingénieurs et techniciens répartis sur 9 sites en France et gérant plus de 1000 affaires par an, avec des spécialisations par marché et par domaine technique.

Naldeo dispose d'une expertise sectorielle très pointue dans les secteurs de l'énergie et de l'environnement:

- les réseaux: eau, électricité, gaz, chaleur;
- les outils industriels principaux de la transition énergétique et écologique: centrale thermique, cogénération, géothermie,

chaudière biomasse, station d'épuration et de traitement en eau potable, valorisation matière (matériaux recyclés, biodéchets);

- l'économie circulaire et la valorisation énergétique des déchets: biogaz, combustibles solides de récupération, méthanisation.

Son ADN d'innovation dans les solutions apportées à ses clients publics et privés repose dans sa capacité à traiter de façon globale des problématiques complexes couvrant tout à la fois les dimensions techniques (études, simulations, audits terrain, suivi de chantier), institutionnelles, contractuelles, financières, les études d'impact et la gestion des parties prenantes.

## CEA LITEN



Le CEA est un organisme public de recherche qui intervient dans quatre domaines: la défense et la sécurité, les énergies bas carbone (nucléaire et renouvelables), la recherche technologique pour l'industrie, et la recherche fondamentale. S'appuyant sur une capacité d'expertise reconnue, le CEA participe à la mise en place de projets en collaboration avec de nombreux partenaires académiques et industriels. Fort de ses 20000 chercheurs et collaborateurs, le CEA est un acteur majeur européen dans le domaine de la recherche, accroissant continuellement sa présence à l'international.

Le CEA-LITEN (Laboratoire d'innovation pour les technologies des énergies nouvelles et les nanomatériaux) est l'institut du CEA dédié aux nouvelles technologies de l'énergie. Le laboratoire s'appuie sur des collaborations étroites avec des partenaires publics et privés (350 partenaires industriels et 100 partenaires académiques). Les principaux axes de recherche sont:

- les énergies renouvelables, en particulier solaire et bioressources (biomasse et déchets);
- l'efficacité énergétique: exploiter pleinement l'énergie produite.

Le LITEN contribue au déploiement de solutions de mobilité hydrogène. Il contribue à la mise en place des feuilles de route en France (Ancre, Syndicat des énergies renouvelables, Afhyac, etc.) et en Europe (Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking). En matière d'efficacité énergétique, le LITEN s'emploie à mettre au point des technologies variées dans de nombreux domaines pour proposer des systèmes de récupération d'énergie, des bâtiments moins énergivores, des chaînes de production d'énergie à faible consommation et faible impact écologique...

Le CEA a été identifié en 2017 par Thomson-Reuters/Clarivate comme l'organisme de recherche public le plus innovant en Europe. Le LITEN (budget de 140 millions d'euros) constitue un puissant outil de R&D capable d'aider à relever des défis technologiques complexes et à élaborer les produits, composants et procédés industriels du futur. Il figure parmi les instituts de recherche les plus productifs en termes de propriété intellectuelle, avec un portefeuille riche de plus de 1400 brevets (230 brevets sont déposés en moyenne par an et environ 160 articles scientifiques sont publiés).

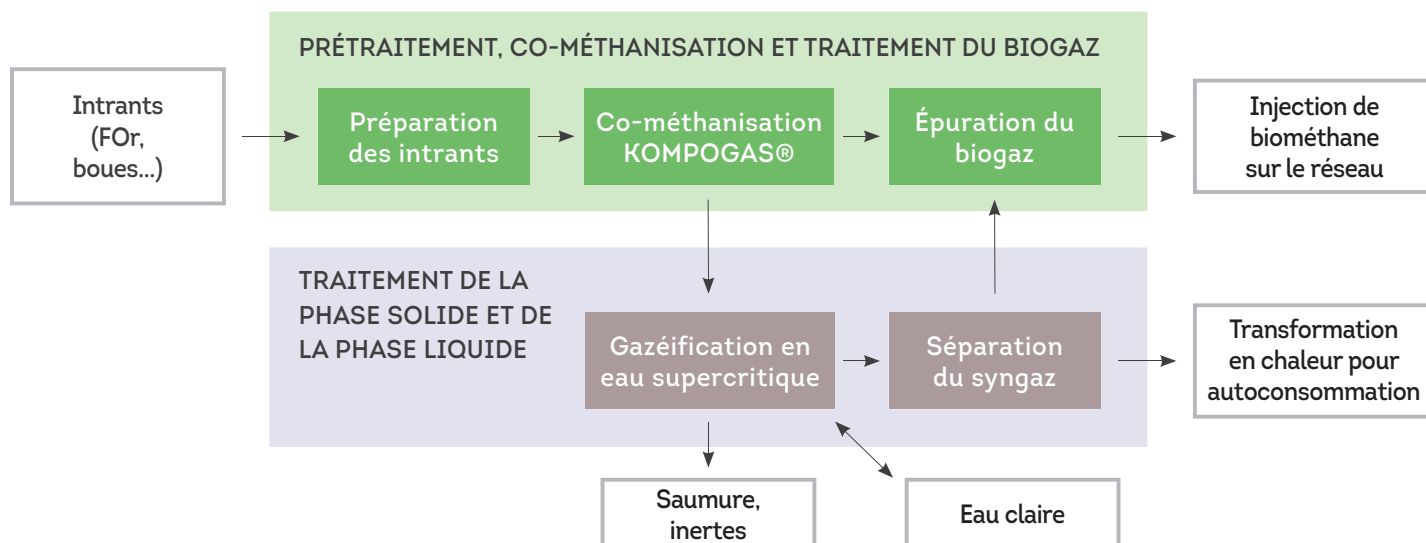
## LE LABORATOIRE DEEP DE L'INSA DE LYON



Le laboratoire DEEP (Déchets, eaux, environnement et pollutions) de l'INSA de Lyon développe ses recherches en sciences de l'ingénieur à partir de questions environnementales concrètes concernant les milieux urbains et industriels. DEEP produit des connaissances, des méthodes et des outils permettant une intervention active sur l'environnement, dans le but de conserver ou de retrouver un bon état écologique pour un milieu donné ou de développer des procédés pour la dépollution ou la récupération des ressources.

Les axes de recherche du laboratoire DEEP sont les suivants :

- les processus d'émission et de transfert de polluants ;
- les procédés de traitement physiques, chimiques et biologiques ;
- l'évaluation des performances des systèmes environnementaux.



## LA FILIÈRE DE TRAITEMENT

### UN PRÉTRAITEMENT AUX ULTRASONS

L'application d'ultrasons sur un liquide entraîne successivement des contraintes de compression et d'expansion. Ces forces permettent la formation de bulles de cavitation qui libèrent une énergie considérable en implosant, entraînant des phénomènes très localisés de pression et de température très élevées (1000 bars et 5000 °C).

Les boues de STEP sont essentiellement constituées de corps bactériens. L'application d'ultrasons sur une boue biologique contribuera à sa dégradation physique en libérant la matière contenue dans les floccs bactériens et en entraînant une lyse cellulaire. Le potentiel méthanogène résiduel des boues sera augmenté dès le démarrage du processus de méthanisation.

### UN PROCÉDÉ DE MÉTHANISATION QUI A FAIT SES PREUVES

Notre proposition pour le cotraitement des boues de stations d'épurations du SIAAP et de la FOR du Syctom fait appel à un procédé de méthanisation robuste et modulaire, capable de traiter un grand nombre de types de déchets. Cette technologie est le système suisse KOMPOGAS®, mis en application industrielle par VINCI Environnement. C'est en amont et en aval de ce procédé, à l'excellente réputation industrielle, que des briques technologiques innovantes ont été ajoutées pour optimiser l'efficacité du processus de production du biogaz.

Le procédé KOMPOGAS® offre les avantages suivants :

- procédé en voie sèche ( $MS \leq 35\%$ ) permettant des économies d'énergie et limitant les pièces d'usure ;
- fonctionnement en régime thermophile augmentant la capacité de traitement du digesteur ;

- digesteur à flux piston entraînant une bonne maîtrise du temps de séjour et favorisant le fonctionnement séquentiel de la digestion ;
- le brassage lent par agitation axiale brevetée assure le dégazage du digestat et empêche la formation d'une couche flottante ;
- il n'y a pas de pièce d'usure dans le digesteur ;
- l'aspect modulaire du digesteur (volume utile raisonnable : 1425 m<sup>3</sup>) offre la possibilité d'arrêter un digesteur sans impacter les autres, il permet aussi de traiter différents flux en parallèle ;
- grâce au design horizontal du digesteur, son intégration paysagère est plus aisée.

Plus de 75 unités de valorisation de la biomasse KOMPOGAS® ont été installées dans le monde.

L'objectif de l'application d'ultrasons sur la FOR est la destruction partielle de la matière organique afin de libérer les bactéries présentes dans celle-ci. L'accessibilité à la matière organique et au cytoplasme des bactéries sera donc favorisée pour les bactéries composant le processus global la méthanisation. L'effet attendu est donc l'optimisation du pouvoir méthanogène du mélange FOR / boues tout en diminuant le temps de séjour nécessaire à sa bonne dégradation dans le digesteur.

L'évaluation du prétraitement par ultrasons des ressources est menée par le laboratoire DEEP de l'INSA.



Crédit photo : VINCI Environnement

## CONTEXTE R&D AU CEA AUTOUR DE LA GAZÉIFICATION EN EAU SUPERCRITIQUE

En 2005, une partie des équipes de thermohydraulique de la direction nucléaire a rejoint le LITEN pour transposer les méthodes, expertises et outils de simulation acquis dans ce domaine à celui de conversion thermo-chimique de la biomasse, puis des déchets. Deux axes principaux ont été développés: la gazéification en voie sèche et les procédés hydrothermaux dont la gazéification en eau supercritique.

Le LITEN a travaillé sur la gazéification en eau supercritique de ressources humides variées dont les microalgues, la liqueur noire, des boues de station d'épuration. Ces travaux ont fait l'objet de plusieurs publications. En 2014, le LITEN a développé son propre pilote de gazéification en eau supercritique en continu, encore unique en France (brevets associés).

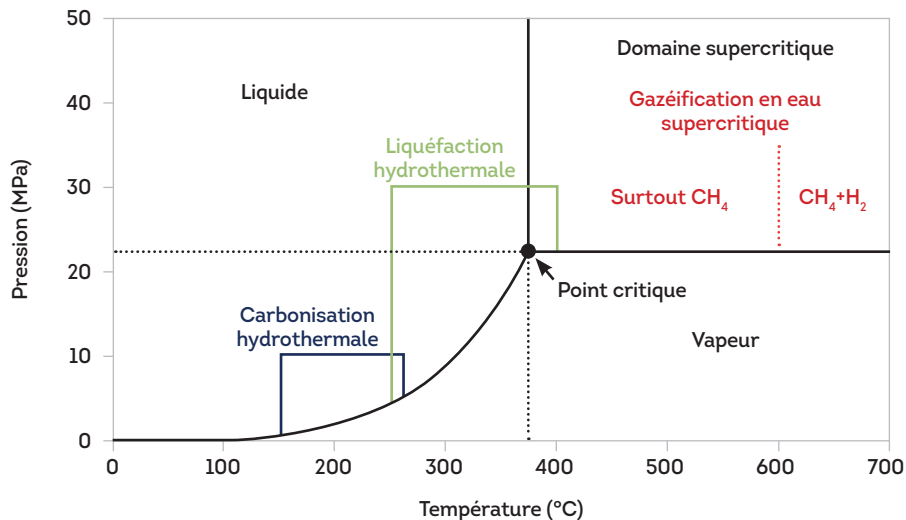
Ce pilote comprend un système d'injection et de mise sous pression de la matière, un réacteur de gazéification, un système de séparation des gaz et de l'eau et un système de vidange de la saumure (et résidus solides) en pied de réacteur.

## LA GAZÉIFICATION EN EAU SUPERCRITIQUE POUR LA VALORISATION DU DIGESTAT

Le digestat issu de la co-méthanisation contient encore une part importante de matière organique et d'énergie qu'il convient de valoriser. Le procédé retenu pour cette étape est la gazéification en eau supercritique.

La réaction de gazéification en eau supercritique se passe dans des conditions de température et de pression élevées, supérieures à celles du point critique de l'eau ( $T = 374\text{ °C}$  et  $P = 221\text{ bars}$ ). Au-delà de ce point, l'eau présente des propriétés de solubilisation des composés

organiques permettant des réactions en milieu homogène avec des cinétiques rapides. Des réactions d'hydrolyse, de déshydratation et décarboxylation des composés organiques se succèdent. Un mélange gazeux est produit, composé notamment de méthane ( $\text{CH}_4$ ) et d'hydrogène ( $\text{H}_2$ ) en proportions variables suivant les intrants et les technologies. Du fait de la constante diélectrique faible de l'eau supercritique, les sels inorganiques sont insolubles et précipitent.



## INTÉRÊT DE LA GAZÉIFICATION EN EAU SUPERCRITIQUE

La gazéification en eau supercritique des digestats de co-méthanisation permet une valorisation énergétique des charges organiques sans séchage préalable. L'eau présente dans le digestat, ici portée à haute pression et température, sert de solvant et de réactif permettant :

- un taux de conversion du carbone organique total en gaz élevé ;
- la production d'un syngaz propre sans goudrons ni dioxines ;
- la production de taux de méthane et hydrogène élevés grâce à des réactions de gaz à l'eau et à méthanation in situ ;
- la récupération de la charge minérale par précipitation puis solubilisation dans une saumure ;
- l'hygiénisation des résidus.

Un certain nombre d'études sur la gazéification en eau supercritique de boues de STEP (principalement pour la production d'hydrogène) ont validé la faisabilité du procédé et son intérêt économique.

Pilote expérimental en continu du CEA (Gaseau),  
fonctionnant jusqu'à 700 °C, 300 bars et 10 L/h



Crédit photo : CEA

## INTÉGRATION ÉNERGÉTIQUE DU SYSTÈME DE TRAITEMENT GLOBAL

L'optimisation de l'énergie produite implique de gérer parfaitement l'intégration énergétique du procédé dans son ensemble et de chaque sous-système. Fort de son acquis historique dans le domaine de la thermohydraulique et des échangeurs de chaleur, le CEA s'est positionné en tant qu'acteur majeur dans le développement de composants et systèmes innovants permettant de répondre aux problématiques suivantes :

- l'intensification des procédés industriels et de leur conduite ;
- la récupération d'énergie sur les procédés et leurs rejets thermiques à bas niveau de température ;

- la valorisation de l'énergie récupérée sur les procédés ;
- le développement de l'intégration énergétique, par couplage entre différents utilisateurs industriels et/ou du secteur habitat/tertiaire.





**CMI, SOURCES,  
UNILASALLE ET UTC :  
UNE VÉRITABLE OPPORTUNITÉ  
COMMUNE AU SERVICE  
DE L'ENVIRONNEMENT**



## INTRODUCTION

Ce partenariat d'Innovation est une réelle occasion de mener une démarche R&D complète visant à concevoir les unités de co-méthanisation de demain. Cette démarche débouchera sur une solution technique performante et dont les résultats auront été prouvés. Il s'agit pour des entreprises innovantes comme les nôtres, d'une véritable opportunité de collaborer avec des instituts de recherches universitaires. Cette collaboration permettra de concevoir des unités de co-méthanisation durables et à la pointe de la technologie. En effet, ces unités permettront de combiner des procédés de traitement issus de différents horizons. Notre volonté est d'élaborer les unités de co-méthanisation de demain qui deviendront le cœur de la valorisation matière et de l'énergie pour les années à venir.

## UN GROUPEMENT COMPÉTENT POUR RÉPONDRE AUX DÉFIS D'UN PROJET D'AVENIR...

LE GROUPE COCKERILL MAINTENANCE & INGÉNIERIE (CMI) conçoit, intègre, modernise et entretient des équipements pour l'énergie, la défense, la sidérurgie, l'environnement et l'industrie en général. Quels que soient les besoins de ses clients, ceux-ci trouvent en CMI un partenaire de choix, autant pour ses compétences d'ensemblier toutes technologies confondues que pour ses solutions de réduction de l'empreinte environnementale des

procédés industriels, ses services spécialisés ou encore son dynamisme en matière d'innovation.

CMI Proserpol, membre du Groupe CMI, assure le rôle de mandataire du groupement de compétences et apporte son expertise dans le domaine du traitement de l'eau et des déchets, acquise par la construction et l'exploitation d'installations clés en main en France et à l'international. Outre les compétences

directement liées à la gestion de projets clés en main, CMI Proserpol s'appuie sur les compétences techniques développées au travers des filiales du Groupe CMI (CMI Nesa, CMI Europe Environnement) pour apporter des réponses adaptées aux challenges techniques soulevés par ce partenariat d'innovation technologique.



Méthaniseur au Pakistan, 2 500 000 EH

Crédit photo: CMI Proserpol

SOURCES, est une société indépendante, au capital de 11 millions d'euros, qui est aujourd'hui dans le top 5 des constructeurs français d'usines de traitement des eaux. 18 ans après sa création, Sources gère simultanément, chaque année, 25 chantiers de construction, sur l'ensemble des régions françaises et à l'export, pour un écoulement annuel de travaux d'environ 40 millions d'euros. La construction d'unités de dépollution des eaux de grande envergure (qualification Synteau à 150 000 EH), valorisant les boues notamment par méthanisation (STEP de Bonneuil en France, 550 000 EH; STEP de Sabarèges, 116 700 EH; Cantinoles,

62 500 EH) lui a permis d'acquérir une véritable expertise dans ce domaine. L'innovation est également au cœur de l'ADN de Sources. Ainsi, au-delà des brevets appliqués à l'environnement déposés chaque année, Sources intègre des technologies innovantes dans de nombreux projets, comme la digestion multi-étagée ou encore le procédé Nereda®. Cette maîtrise réelle et reconnue de Sources en tant que constructeur, associée à sa volonté continue d'innover, assurera une vision précise et adaptée de la conception de notre projet dans le cadre de ce partenariat d'innovation.



Fleury, 1<sup>ère</sup> STEP Nereda



UNILASALLE se présente aujourd'hui comme l'une des plus grandes écoles d'ingénieurs agronomes en France, labellisée EESPIG (enseignement supérieur privé d'intérêt général). Créée historiquement en 1854 et employant 280 salariés dont 120 enseignants-chercheurs, ses domaines de compétence sont les agro-ressources, les sciences agronomiques et animales, les sciences et techniques agroindustrielles, l'agroalimentaire et la nutrition, les géosciences et l'environnement.



L'UNIVERSITÉ DE TECHNOLOGIE DE COMPIÈGNE (UTC), établissement public à caractère scientifique, culturel et professionnel, a été créée en 1972 pour être une université expérimentale. Son équipe de 330 enseignants forme des ingénieurs, masters et docteurs. L'UTC s'est forgée une culture fondée sur le pragmatisme, l'efficacité et la prise de responsabilités.

L'équipe TIMR « Transformations intégrées de la matière renouvelable », a initié dès 2008 avec l'Institut Polytechnique UniLaSalle Beauvais, le développement d'un centre de compétences sur la « Biodégradabilité de la Matière Organique ». L'expertise développée par UniLaSalle Beauvais et l'UTC depuis 2008 lors des projets précédents de recherche menés conjointement dans le domaine de la méthanisation et de la valorisation des coproduits agro-industriels, se traduisant entre autres par des publications en commun et des co-encadrements de thèse, font que les différentes équipes TIMR se complètent parfaitement pour mener à bien les travaux de recherche. Cette collaboration est structurée au travers d'une convention de groupement d'intérêt scientifique dénommé SOLIMÉTHA depuis décembre 2016.

UNILASALLE ET UTC sont impliqués dans la commission méthanisation, récemment renommée Biogaz, du Pôle de compétitivité mondial Industries & Agro-Ressources. Ils produisent conjointement des publications et des communications

dans le domaine et sont membres de comités scientifiques d'événements en lien avec la méthanisation. Enfin UniLaSalle Beauvais est membre du Comité de direction du Club Biogaz ATEE pour le collège Recherche / Enseignement supérieur.



Réacteurs pilotes pour test labo

## ...ENTOURÉ DE PARTENAIRES SPÉCIALISÉS



AIR LIQUIDE, avec l'appui de son centre « Recherche et Technologie », sera impliqué dans la définition et la mise en œuvre d'une solution innovante d'épuration du biogaz, pour la production de biométhane prêt à l'injection sur le réseau de gaz naturel et de dioxyde de carbone à haute valeur ajoutée.



NASKEO ENVIRONNEMENT est une société spécialisée dans le domaine de la méthanisation agricole et territoriale. Naskeo a étudié près d'une centaine de projets de 100 kW électriques à 2,2 MW électriques. Naskeo a également développé et breveté une technologie de récupération de struvite dans les eaux usées, déjà mise en œuvre sur la station d'épuration de Castres. Naskeo intervient ainsi au sein du groupement en qualité d'expert et développeur de cette technologie de précipitation du phosphore adaptée à des effluents issus d'une unité de co-méthanisation.



La société HAARSLEV fournira la compétence nécessaire à l'implémentation d'un prétraitement thermique par détente flash permettant d'augmenter le rendement de l'unité de co-méthanisation et de réduire la quantité de digestat produit. Fort d'une longue expérience dans le traitement thermique d'une large variété de déchets organiques, Haarslev dispose de tout le savoir-faire requis pour optimiser les processus et les équipements nécessaires à la réussite du projet.

Les entités CMI NESA et CMI EUROPE ENVIRONNEMENT (filiales du Groupe CMI), apporteront leurs expertises et savoir-faire respectifs. CMI Nesa conçoit et fournit des réacteurs à soles multiples « The Nesa Solution® » (MHF) et possède une expertise dans la conversion thermique de la biomasse; cette conversion pouvant s'envisager soit par torréfaction, soit par pyrolyse. Des essais dans leurs installations pilotes auront notamment pour vocation de définir quel mode de conversion est le plus approprié. CMI Europe Environnement est expert dans l'ingénierie, la ventilation plastique et le traitement de rejets gazeux corrosifs, nocifs et odorants. La solution de stripping portée par CMI Europe Environnement consiste à trier les contaminants chimiques des eaux usées pour permettre leur valorisation. La solution permettra ainsi d'extraire l'ammoniacale présent en phase liquide pour le concentrer en vue de sa réutilisation.



Pilote de traitement thermique



Pilote stripping azote



Pilote de détente flash

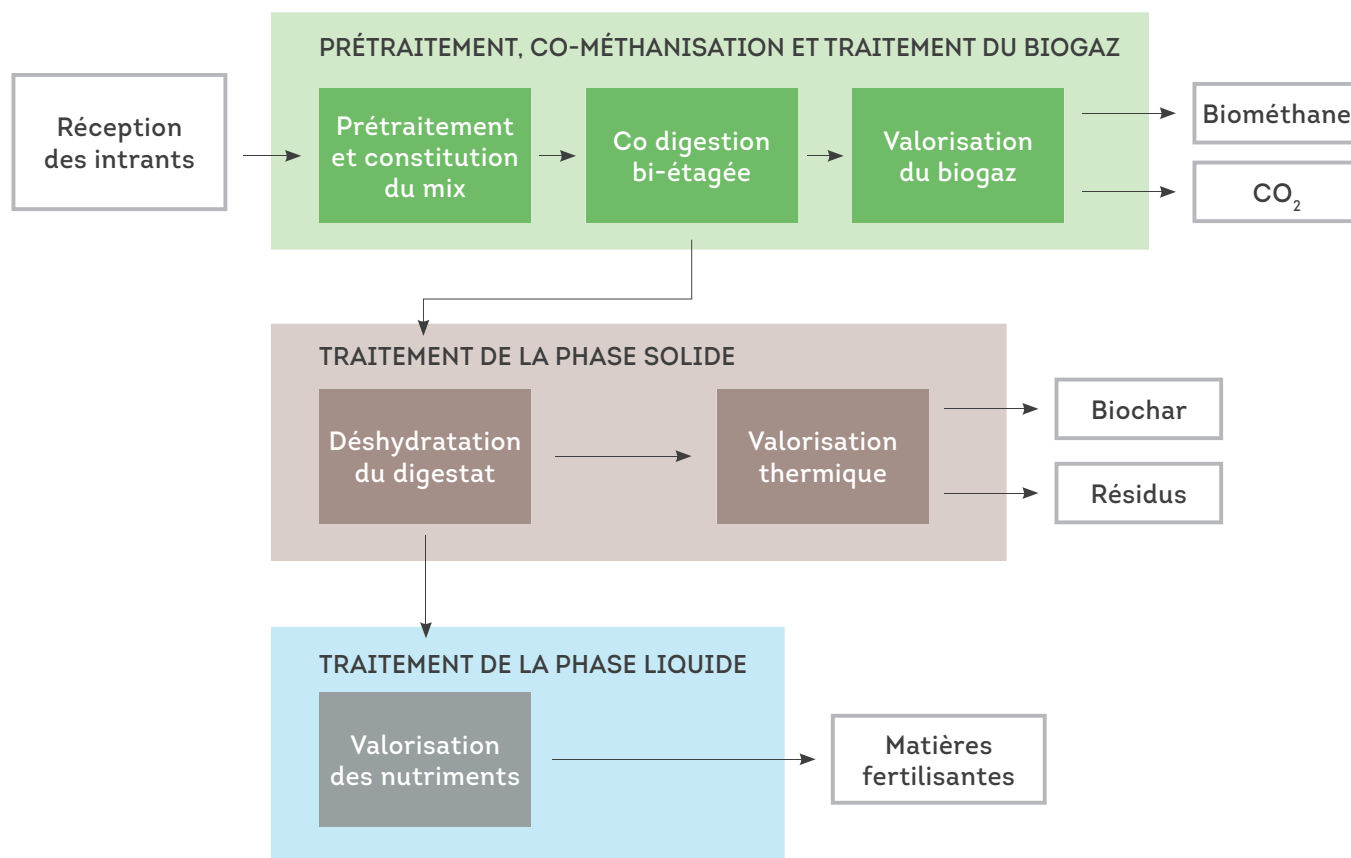
## TRANSFORMER DES DÉCHETS EN ÉNERGIE VERTE ET EN PRODUITS VALORISABLES

La solution technique développée par notre groupement s'est attachée à répondre à 3 objectifs forts et porteurs de sens:

- optimiser le bilan énergétique et financier;
- rechercher une valorisation « produit » maximale;
- réaliser une filière de traitement flexible et adaptable.

Le procédé retenu s'articule en 3 grandes étapes de traitement:

- la co-méthanisation des intrants (production de biométhane);
- le traitement de la phase solide (valorisation du digestat sans retour au sol);
- le traitement de la phase liquide (valorisation des nutriments).





## REPRÉSENTATION 3D DE LA SOLUTION DÉVELOPPÉE PAR NOTRE GROUPEMENT EN PHASE UNITÉ INDUSTRIELLE

### 1 Réception des intrants

À la réception des intrants, ceux-ci sont broyés et mélangés.

Un prétraitement complémentaire est également à l'étude afin d'assurer une élimination efficace des éléments indésirables pouvant nuire à la longévité des équipements installés ou causer des dysfonctionnements.

### 2 Prétraitement des boues

Notre conception prévoit la mise en place d'un prétraitement des boues par détente flash qui provoque la rupture des parois cellulaires des bactéries. Ce procédé permet de faciliter la mobilisation de la matière organique au sein des digesteurs et d'augmenter ainsi la quantité totale de biométhane produit.

### 3 Digestion bi-étagée

Notre groupement prévoit de mettre en place une co-méthanisation par digestion bi-étagée thermophile/mésophile. Cette orientation du procédé permet d'atteindre une forte dégradation de la matière organique ainsi qu'une augmentation des cinétiques de dégradation. De plus, les conditions de fonctionnement et la rhéologie du mélange permettent de s'affranchir de la nécessité de mettre en place un brassage des digesteurs au biogaz, ce qui limite les risques.

Les réacteurs proposés par le groupement sont de type « infiniment mélangé », ce qui limite les risques de dépôt et de perte d'homogénéité du digestat.

Enfin, pour limiter les contraintes d'exploitation et une fois encore réduire les risques, le groupement s'oriente vers un système continu.

### 4 Revalorisation thermique

Après passage sur le premier étage de digestion anaérobie thermophile, les boues à 55 °C seront envoyées sur un échangeur permettant d'assurer le chauffage du mix entrant et le refroidissement du mix digéré à une température de 37 °C, requise pour le deuxième étage de digestion (réacteur mésophile).

### 5 Valorisation biogaz

Notre groupement prévoit la mise en œuvre d'une unité de valorisation du biogaz. Cet ensemble fonctionnel produira du biométhane respectant les spécifications pour l'injection sur le réseau et du CO<sub>2</sub> liquide ou gazeux en fonction des applications visées.

### 6 Séchage du digestat

En sortie du réacteur de méthanisation, le digestat contient encore une forte proportion d'eau (environ 95 %). Afin de limiter les volumes à destination du traitement thermique, une étape de déshydratation mécanique sera mise en place par presse à vis pour amener la siccité du mélange aux alentours de 25 %.

Le digestat déshydraté passera ensuite vers une étape de séchage afin d'augmenter sa siccité jusqu'à 85 % environ.

### 7 Valorisation thermique

Notre groupement a retenu la torréfaction comme solution de référence pour ce projet. La torréfaction permet la valorisation du digestat séché sous forme de biochar. Le biochar produit sera stocké dans 2 silos de 100 m<sup>3</sup> chacun et permettra l'alimentation d'une chaudière à biomasse assurant l'autonomie énergétique de l'installation.

### 8 Valorisation des nutriments

Cette étape aura pour but de récupérer et valoriser l'azote et le phosphore présents dans l'effluent collecté après avoir déshydraté le digestat. La valorisation des nutriments sera réalisée en deux temps. Tout d'abord, l'unité de précipitation de struvite permettra de diminuer les charges de retour en azote et en phosphore tout en autorisant la valorisation d'un produit fertilisant phosphoré.

Toutefois, compte tenu du faible taux d'abattement de la pollution azotée, ce procédé sera couplé avec un procédé de traitement de stripping de l'azote, récupéré sous forme d'engrais sulfaté.

La combinaison de ces deux procédés permettra de diminuer de manière importante la charge en azote et phosphore des effluents renvoyés en tête de station du SIAAP et surtout de récupérer deux éléments précieux par leur agronomique.



Plus qu'une simple unité de méthanisation, c'est donc une solution complète et innovante de production d'énergie et de conversion des déchets en produits que notre groupement a décidé de développer:  
« Tu m'as donné ta boue et j'en ai fait de l'or » (*Les Fleurs du Mal*, Charles Baudelaire).



**Contacts:**

---

Sylvie Mariaud,  
Relations Collectivités locales et Presse  
0140134084  
mariaud@sycotom-paris.fr

Laurence Pellisson-Demoulin,  
Direction de la Communication  
et des Relations internationales  
0144754412  
laurence.pellisson-demoulin@siaap.fr



| l'agence  
métropolitaine  
des déchets  
ménagers

