

# cométha

Partenariat d'innovation

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

## UN PARTENARIAT D'INNOVATION AU SERVICE DES MONDES DU TRAITEMENT DES DÉCHETS ET DE L'ASSAINISSEMENT

---

ACTES DE LA MATINÉE TECHNIQUE  
DU **21 SEPTEMBRE 2018**



l'agence  
métropolitaine  
des déchets  
ménagers





## AVANT-PROPOS

Le 21 septembre, le SIAAP et le Syctom ont organisé à l'Auditorium Le Monde (13<sup>ème</sup> arrondissement de Paris) une Matinée technique sur le projet Cométhà de traitement commun des boues des eaux usées et de la fraction organique des ordures ménagères résiduelles.

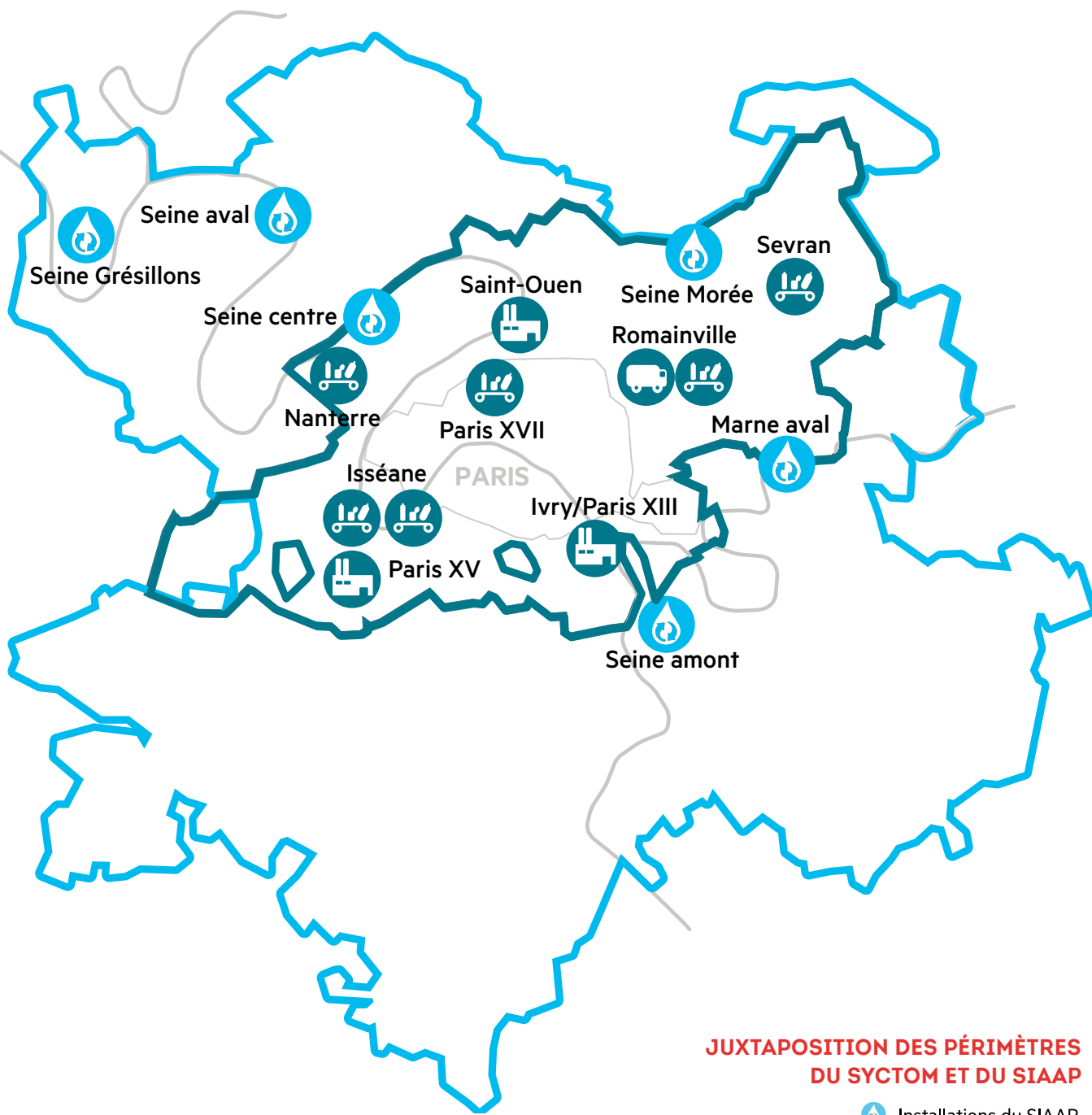
Pour la mise en œuvre de ce projet inédit, le SIAAP et le Syctom ont retenu la procédure du partenariat d'innovation.

Le défi est relevé par 4 groupements pluriels, associant des entreprises (grandes et petites), des laboratoires, des universités et des startups :

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

La Matinée technique s'inscrivait à mi-chemin de la première phase du projet : elle fut l'occasion de présenter l'état d'avancement du projet Cométhà et les premières propositions des groupements titulaires.

La Matinée technique était animée par Carine Morin-Batut, Directrice générale de l'Astee - Association scientifique et technique pour l'eau et l'environnement.



## LE SYCTOM, L'AGENCE MÉTROPOLITAINE DES DÉCHETS MÉNAGERS



L'agence  
métropolitaine  
des déchets  
ménagers

Le Syctom est le premier opérateur public européen de traitement et de valorisation des déchets ménagers, avec un territoire de 5,8 millions d'habitants soit la moitié de la population francilienne. Créé en 1984, il regroupe 85 communes, dont 82 communes de la Métropole du Grand Paris. Ces communes sont réparties sur 5 départements : Paris, Hauts-de-Seine, Seine-Saint-Denis, Val-de-Marne et Yvelines.

Le Syctom a traité en 2017 près de 2,3 millions de tonnes de Déchets ménagers et assimilés (DMA) dans ses installations de valorisation énergétique, de transfert et de tri.

Le Syctom est administré par un Comité syndical, composé depuis le 1er 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 ». Acteur responsable, il allie performance industrielle, innovation et exemplarité environnementale pour mener sa mission de service public au cœur de la métropole. Le Syctom participe à l'émergence d'un modèle plus vertueux et plus durable, l'économie circulaire, pour la transition écologique et la ville de demain.



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

## 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)

## PROGRAMME

<b>OUVERTURE DE LA MATINÉE TECHNIQUE</b>	<b>5</b>
<b>LE PROJET COMÉTHA</b>	<b>8</b>
<i>TEMPS D'ÉCHANGES</i>	<i>12</i>
<b>LES PROPOSITIONS DES GROUPEMENTS TITULAIRES</b>	<b>15</b>
<b>INTERVENTION DU GROUPEMENT SUEZ / ARKOLIA ÉNERGIES / ETIA</b>	<b>16</b>
<b>INTERVENTION DU GROUPEMENT TILIA / GICON FRANCE-BIOGAZ / DBFZ / FRAUNHOFER IGB</b>	<b>20</b>
<i>TEMPS D'ÉCHANGES</i>	<i>24</i>
<b>INTERVENTION DU GROUPEMENT VINCI ENVIRONNEMENT / NALDEO / CEA LITEN</b>	<b>26</b>
<b>INTERVENTION DU GROUPEMENT CMI PROSPEROL / SOURCES / UNILASALLE / UTC</b>	<b>30</b>
<i>TEMPS D'ÉCHANGES</i>	<i>34</i>
<b>CONCLUSION DE LA MATINÉE TECHNIQUE</b>	<b>36</b>

# Ouverture de la Matinée technique



CARINE MORIN-BATUT  
DIRECTRICE GÉNÉRALE DE L'ASTEE,  
ANIMATRICE DE LA MATINÉE TECHNIQUE

En 2014, un nouveau cadre partenarial a été instauré : le partenariat d'innovation. C'est l'un des outils déployés pour atteindre les objectifs du pacte national de compétitivité et de croissance, qui fixe à 2 % la part des achats innovants d'ici 2020.

C'est en 2014 également que l'Astee a lancé une réflexion sur l'innovation dans les domaines de l'eau et des déchets. Cette réflexion a débouché sur un certain nombre d'engagements et sur la nécessité de mutualiser, de coordonner les forces, de trouver des moyens pour faciliter l'innovation, de lever les barrières et notamment les barrières du décloisonnement. L'Astee s'engage à favoriser l'émergence des modes de gouvernance qui dépassent le cadre des limites géographiques et institutionnelles. L'Astee s'engage également à rapprocher les cultures professionnelles en multipliant les rencontres transversales entre professionnels pour enrichir les débats et partager les bonnes pratiques.

Décloisonnement, synergie, mutualisation. C'est une idée qui a germé il y a quelques années et qui s'est transformée aujourd'hui en projet : le projet CométhA, objet de la Matinée technique. D'une part, il sera question du premier partenariat d'innovation dans le monde de l'eau et des déchets. D'autre part, les promesses techniques faites à ce stade seront présentées, avec une intervention de chacun des quatre groupements titulaires en piste dans cette aventure.



MARTIAL LORENZO  
DIRECTEUR GÉNÉRAL DES SERVICES DU SYCTOM

Le Syctom est l'agence métropolitaine des déchets ménagers. Il a pour mission de traiter et de valoriser l'ensemble des déchets ménagers sur son territoire qui compte 6 millions d'habitants et représente 2,3 millions de tonnes de déchets ménagers traités chaque année. Le Syctom ne produit pas de déchets ménagers : il reçoit les déchets ménagers et il a l'obligation de service public de les traiter.

La taille et le rôle que joue le Syctom le pousse à s'engager dans la qualité de ses installations, dans la pertinence de ses projections et dans l'anticipation de solutions nouvelles. Cette recherche de solutions nouvelles nécessite de décloisonner les réflexions et de partager les énergies. Au travers de ce partenariat d'innovation, le Syctom et le SIAAP ont décidé d'une nouvelle voie, celle d'un dialogue ouvert et permanent avec tous les acteurs concernés, qu'ils soient institutionnels, associatifs, bureaux d'étude, grands groupes, PME, voire dans certains cas TPE, universités, écoles prestigieuses, laboratoires de recherche publics et privés, chercheurs indépendants. Le Syctom a cherché à les associer et à favoriser le dialogue pour détecter les nouveaux procédés, les nouveaux talents, toutes les initiatives qui permettent de répondre au défi du développement durable.

*« Au travers de ce partenariat d'innovation, le Syctom a décidé avec le SIAAP une nouvelle voie, celle d'un dialogue ouvert et permanent avec tous les acteurs concernés dans un souci de détecter les nouveaux procédés, les nouveaux talents, toutes les initiatives qui permettent de répondre au défi du développement durable. »*

Le défi derrière ce partenariat d'innovation est celui du devenir de la matière organique résiduelle : l'enjeu est d'apporter une solution pertinente pour le traitement de la matière organique encore contenue dans les ordures ménagères résiduelles, tout en mettant fin à l'enfouissement des déchets ménagers et assimilés, première cible au Syctom. Pour avancer vers un avenir zéro déchet non-valorisé, le Syctom soutient le développement de la collecte des déchets alimentaires et la plupart des 12 territoires se sont ainsi engagés dans des expérimentations. Mais elle ne suffira pas, compte tenu de la persistance d'une fraction organique résiduelle dans les ordures ménagères de la poubelle grise. Le mélange avec des boues d'épuration n'est pas un caprice : c'est une opportunité qui a un intérêt technique bien réel.

Derrière ce partenariat d'innovation, le Syctom entend d'ailleurs faire profiter d'autres territoires, qu'il s'agisse de territoires métropolitains ou de collectivités étrangères.

Le partenariat d'innovation est donc une grande nouveauté mais l'ouverture est difficile puisqu'elle doit allier d'une part la taille des marchés du SIAAP et du Syctom, qui peuvent constituer un obstacle à l'accès à la commande publique des petites entreprises, et d'autre part la libre expression des PME. Pour ouvrir la porte, un cadre juridique qui permet à chacun un champ d'expression libre et de qualité a été retenu. Ce dialogue ouvert et interactif avec tous les acteurs membres des groupements est une première à cette échelle. Il rend plus concret et moins hermétique l'accès aux marchés : les acteurs - petits ou grands - ont joué le jeu et ont su encadrer et consolider ces groupements dans un souci de rigueur et d'apport d'expérience.





**JACQUES OLIVIER**  
DIRECTEUR GÉNÉRAL DU SIAAP

L'histoire et la région parisienne ont fait du SIAAP le premier syndicat d'assainissement d'Europe, traitant les eaux usées de 9 millions d'habitants.

Cette Matinée technique est l'illustration d'une volonté politique du SIAAP et du Sycatom, mais également des autres grands syndicats techniques de l'Île-de-France, de rappeler, parce que méconnu, notamment à l'État, leur rôle essentiel pour la vie des citoyens. D'autre part, le partenariat illustre une volonté technique, issue de cette volonté politique, de travailler ensemble pour mettre leurs compétences en commun et surtout d'avoir une approche plus transversale, en cassant les silos de spécialité.

Le premier message est donc celui de l'utilité, de l'intérêt pour l'usager, de l'union de ces compétences entre acteurs publics majeurs.

*« Nous agissons, SIAAP et Sycatom, chacun de notre côté dans le domaine qui est le nôtre, mais aussi ensemble – et c'est le cas avec ce partenariat d'innovation – pour répondre aux défis environnementaux auxquels notre planète est confrontée, en participant activement, et je dirais même proactivement, au processus de transition énergétique décidé par notre nation. »*

Le deuxième message est que SIAAP et Sycatom, agissent chacun de leur côté dans leur domaine respectif, mais aussi ensemble pour répondre aux défis environnementaux auxquels la planète est confrontée, en participant activement et même proactivement, au processus de transition énergétique décidé par la nation. L'objectif est de trouver des solutions viables, pérennes, économiques, en tant que services publics œuvrant au meilleur service et au meilleur coût.

Le troisième message est celui, pour toute entreprise publique ou privée, de l'importance de l'innovation. L'innovation est dans l'ADN du SIAAP depuis qu'il existe : il y a une vraie volonté de faire de l'innovation un moteur pour le développement du SIAAP, mais aussi de l'industrie française. Le partenariat d'innovation, aujourd'hui, est pleinement inscrit dans cette volonté politique. Il est aussi l'illustration que nous transformons peu à peu nos stations d'épuration, de pôles de dépollution en pôles de transformation pour la valorisation de ressources.

Au final, cette Matinée technique, très bel exemple de coopération qui sera sans doute poursuivi et approfondi par la suite, est une très belle vitrine des aspirations du SIAAP. Elles se traduisent dans les plans stratégiques SIAAP 2030 : un service public performant, soucieux des usagers et de leurs deniers, de l'environnement, aidant à façonner la ville de demain pour qu'elle soit plus humaine et durable.

## Le projet Cométhà



DENIS PENOUEL  
DIRECTEUR GÉNÉRAL ADJOINT PROSPECTIVE  
DU SIAAP

Il est nécessaire de répondre à trois changements de paradigme dans la manière dont la planification des villes est envisagée. Les ressources sont limitées. La densification urbaine est croissante : 6 milliards de personnes vivront dans les villes en 2030. Enfin, un avenir incertain sous-tend la planification des villes : le dérèglement climatique.

Il est question de collecte sélective de déchets ménagers mais également de collecte sélective des eaux pluviales ; il est aussi question de récupération d'énergie, de réutilisation de l'eau et de seconde vie des déchets. Le vocabulaire est proche mais les deux mondes - eau et déchets - ont avancé ce dernier siècle en fonctionnant en silos, de façon totalement cloisonnée. Les mondes ne se parlaient pas alors que les deux secteurs interagissaient. Le SIAAP reçoit ce qui relève des besoins vitaux de l'humain : urine et fèces. Quant au Sycatom, il gère ce qui se retrouve dans la poubelle. Le projet Cométhà, c'est la synergie de ces produits organiques qui pourraient s'ignorer, mais qui ont décidé de se retrouver.

Le SIAAP s'appuie sur deux évolutions récentes : la loi de transition énergétique et la révision du PRPGD d'Île-de-France. La possibilité est offerte aujourd'hui à la méthanisation des boues de pouvoir injecter du méthane dans les réseaux nationaux ou locaux de gaz. Le SIAAP s'appuie aussi sur une approche internationale qui initie et favorise ces démarches transversales, l'Agenda 2030 de l'ONU, avec ses 17 objectifs de développement durable, qui prône la transversalité comme bonne pratique indispensable, et qui contient trois enjeux :

- l'enjeu d'universalité ;
- l'enjeu de communication, pour entraîner à la fois les professionnels, les institutions, les gouvernements, mais également la société civile, et après les habitants ;
- l'enjeu de coopération, aujourd'hui illustré par la coopération entre le SIAAP et le Sycatom.

Il est nécessaire de développer une vision partagée qui soit forte. Il est nécessaire que la gouvernance ou que les institutions permettent cette collaboration, ce qui est désormais le cas. Il est nécessaire de casser les silos et cette démarche commence. Il faut dès lors développer des outils de planification et mettre en place des mécanismes innovants de passation de marché ou de financement.

S'agissant du cas particulier du Sycatom et du SIAAP, les deux opérateurs publics franciliens qui se mettent en synergie, une réflexion à l'échelle de la métropole a débuté il y a quelques années. Demain, ils développeront ensemble des productions d'énergie renouvelable ou de récupération, en appui de la transition énergétique. Du fait des emprises foncières dont dispose le SIAAP, la mutualisation des équipements est envisageable. Enfin, la Seine relie les installations et peut être utilisée comme vecteur de transport.

*« Nous développerons séparément et demain ensemble des productions d'énergie renouvelable ou de récupération, en appui de la transition énergétique. »*



**PIERRE HIRTZBERGER**  
DIRECTEUR GÉNÉRAL DES SERVICES  
TECHNIQUES DU SYCTOM

Le Syctom dispose d'une fraction organique résiduelle, contenue dans les ordures ménagères résiduelles. L'idée est de la valoriser en y incluant des boues issues de l'épuration des eaux usées et deux autres substrats peut-être un peu plus originaux : le fumier équin et les graisses qui proviennent essentiellement des stations d'épuration.

Le projet Cométha cherche à valoriser le carbone qui est contenu dans ces 4 gisements, mais également à extraire le phosphore et l'azote. Le phosphore une ressource fossile, qui est détenue dans des zones géographiques du monde qui ne sont pas forcément très stables. Un certain nombre de pays ont déjà pris des engagements très forts de valorisation du phosphore et il faut que la France s'engage dans ce chemin.

L'ambition est de montrer que 1+1 égal au minimum 3, peut-être même 4. Il y a un vrai intérêt à ne pas traiter ces substrats séparément, mais à chercher des synergies entre ces derniers en développant des solutions innovantes. La démarche consiste à

trouver des procédés qui vont extraire beaucoup plus de carbone que les procédés classiques et valoriser au maximum ce carbone, sous forme de biométhane. Le SIAAP est le premier producteur français de biogaz et le Syctom a toujours promu la production de biométhane dans les procédés biologiques. Avec le projet Cométha, il est possible de

*« Il faut que nous sortions un peu de ce que nous connaissons habituellement, et de la manière que nous avons habituellement de piloter les projets, pour faire toujours attention de donner la chance aux idées et d'être dans une vraie démarche partenariale avec nos 4 équipes. C'est donc également un défi au quotidien pour sortir de nos réflexes. »*

#### PRIORISER

Fraction  
organique  
résiduelle

#### INCLURE

Boues des  
eaux usées

#### ÉTUDIER

fumier  
équin

#### ENVISAGER

GRAISSES

contribuer à l'atteinte d'un mix de 100 % de gaz renouvelable dans les tuyaux français d'ici 2050. Si le carbone est extrait, il y a moins de résidus à gérer. Le bilan énergétique doit être plus que largement positif : il ne faut pas que consommer plus d'énergie que ce qui est produit.

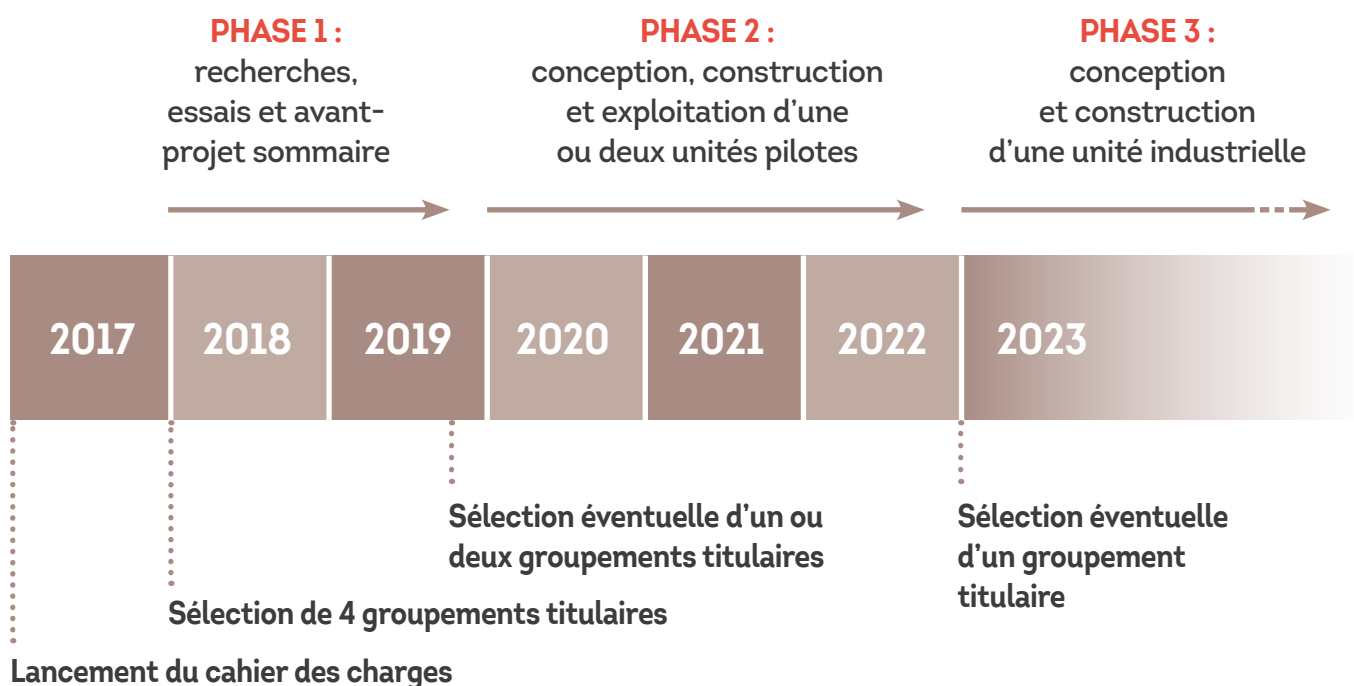
Le Sycotom et le SIAAP veulent aussi valoriser la connaissance issue du projet, avec l'ambition de faire avancer la science.

Le partenariat d'innovation est une procédure que le gouvernement estime être au service de l'innovation. Elle permet en effet aux équipes d'avoir une recherche financée avec un cadre équilibré et adapté de protection de la propriété intellectuelle. Ce cadre fait reconnaître l'argent investi par les deux collectivités dans ce projet, tout en acceptant le fait qu'il y a déjà des connaissances antérieures qui sont apportées par les équipes. L'idée n'est pas d'aller acheter une technologie sur une étagère : il s'agit de travailler des projets pour arriver à une solution sur mesure qui correspond aux besoins des deux collectivités. Si Cométha se poursuit et que l'installation industrielle est construite, il n'y aura pas d'obligation de remise en concurrence puisque

la procédure du partenariat d'innovation permet à la fois de financer une phase de recherche, une étape de pilote industriel et ensuite la construction d'une installation de niveau industriel. Le monde de la propriété intellectuelle reste difficile à maîtriser totalement. C'est pourquoi de nombreux échanges ont eu lieu pour déterminer la bonne durée du partenariat : les collectivités veulent que le projet avance vite mais les équipes de recherche ont besoin de temps.

Le partenariat d'innovation SIAAP Sycotom est une procédure en entonnoir qui a eu beaucoup de succès, avec 9 candidatures au départ. 6 équipes ont été admises puis 4 marchés ont été attribués. Avec les 4 groupements, le partenariat en est à sa première phase, et la conduite des projets est menée en parallèle. Il s'agit de quelque chose de très innovant pour le SIAAP et le Sycotom. D'habitude, les maîtres d'ouvrage suivent un seul et unique groupement. Avec Cométha, il y a 4 équipes, ce qui sort des connaissances habituelles et oblige à rester dans une vraie démarche partenariale en donnant la chance à toutes les idées.

#### LE PROGRAMME DU PARTENARIAT D'INNOVATION



La première phase, consacrée à la recherche et au développement, dure 18 mois et doit s'achever au second semestre de 2019. À l'issue de cette phase, les deux collectivités feront le choix de deux projets au plus et deux pilotes industriels seront construits. Puis, à l'issue de l'exploitation de ces pilotes, les deux collectivités prendront la décision, éventuelle, de construire une usine à taille industrielle à partir de 2023.

Pendant la première phase, 4 types de produits peuvent rentrer dans le système et doivent être caractérisés par les équipes. En réalité, il y a plus que 4 types de produits car différentes boues

d'épuration sont testées, de différents sites du SIAAP et de différentes qualités. Ensuite, les équipes définiront un système de traitement global qui répond aux objectifs des deux collectivités avec un protocole expérimental adéquat. À l'issue d'une étape de tests en laboratoire, il sera demandé aux équipes de travailler à l'élaboration d'un avant-projet sommaire du pilote industriel.

Dans un an, les deux collectivités feront le choix de la manière dont elles souhaitent poursuivre ce partenariat. Quels que soient leurs choix, les échanges actuels sont de très bonne qualité et avancent de manière positive.



# Temps d'échanges

## Quel serait le statut juridique des pilotes et qui en seront les propriétaires ?

**Pierre HIRTZBERGER** : Ces deux pilotes seront installés sur des lieux qui sont aujourd'hui des sites industriels du SIAAP qui, contrairement au Syctom, dispose de place sur ses installations. Les collectivités seront copropriétaires des installations. La question se pose également de potentiellement pouvoir continuer à faire fonctionner ces pilotes au-delà du délai qui est prévu aujourd'hui dans le projet, puisque ce sont des installations qui pourront servir à tester d'autres intrants.

## La démarche poursuivie par le SIAAP et le Syctom existe-t-elle déjà à l'étranger, soit en termes de partenariats, soit dans l'objet technique lui-même ?

**Pierre HIRTZBERGER** : Avant de lancer la procédure de partenariat d'innovation, un benchmark est obligatoire. Une seule installation a été trouvée, en Pologne, qui traite de la fraction organique résiduelle et dont l'objectif initial était aussi de mettre des boues dans l'usine. Pour l'heure, il n'y a pas de boues qui ont été ajoutées dans cette installation polonaise.

**Denis PENOUËL** : Il est assez exceptionnel que des personnes des domaines des déchets, de l'eau et de l'énergie, puissent être réunies. Le projet Cométhà démontre que, jusqu'à présent, ces voies n'avaient pas été réellement explorées. L'objectif de départ du SIAAP et du Syctom est le mélange des produits organiques pour qu'il y ait synergie et que les résultats du mélange soient meilleurs que ceux de chaque déchet pris séparément.

## Si le pilote est propriété du SIAAP et du Syctom, à qui appartient le procédé ? Et n'est-ce pas un obstacle à une vraie innovation ?

**Pierre HIRTZBERGER** : Les connaissances antérieures que les titulaires apportent restent leur propriété. Ils les mettent à disposition des deux collectivités. Les résultats qui seront issus du projet Cométhà appartiennent par contre en totalité au SIAAP et au Syctom. Toutefois, un système est prévu pour accorder des licences aux quatre titulaires pour pouvoir utiliser les produits de leurs recherches.

## Quelles étaient les raisons de ce parti pris initial d'absence de retour au sol de la matière organique ?

**Pierre HIRTZBERGER** : Le Syctom et le SIAAP ont identifié un contexte où le retour au sol des boues d'épuration devient difficile dans des conditions satisfaisantes de faisabilité technique et économique d'une part. Par ailleurs, de nombreuses polémiques apparaissent sur le retour au sol des produits qui sont issus du tri mécanique.

**Martial LORENZO** : La collecte sélective des déchets alimentaires à la source, déchets qui vont retourner au sol, est une voie nouvelle qui s'ouvre. Toutefois, tant que des quantités plus importantes n'ont pas été atteintes en termes de collecte sélective des déchets alimentaires à la source, ils restent dans la poubelle grise. Le Syctom a fixé une règle fondamentale : la partie fermentescible résiduelle dans les ordures ménagères ne retourne pas au sol.

## Quelles sont les différences entre Cométhà et ce qui était envisagé il y a quelques années dans le cadre du projet du Blanc-Mesnil ?

**Pierre HIRTZBERGER** : Le projet historique SIAAP-Syctom porté à Blanc-Mesnil était un projet de cométhanisation de boues d'épuration avec des biodéchets triés par les ménages. Sur le plan réglementaire, il y aurait probablement eu des difficultés à le porter aujourd'hui. Sur le plan technique, à l'époque, il n'y avait pas d'exigences particulières sur les procédés : il s'agissait d'un traitement des boues en mélange avec des biodéchets.

*Bien qu'abandonné, ce projet a permis au Sycotom de progresser, notamment sur les questions de copropriété du domaine public. Aussi, il aurait été difficile de se lancer dans de bonnes conditions sur le projet Cométhà sans avoir en amont travaillé ensemble et harmonisé les méthodes de travail pour le pilotage de ce genre de projet industriel*

**Est-il envisagé d'aller au-delà de cette Matinée technique, d'imaginer des publications à partir des nombreux résultats obtenus au bout de 18 mois de recherche et de développement ? Des engagements sont-ils déjà pris avec les différents titulaires sur la publication des résultats, leur restitution ?**

***Pierre HIRTZBERGER** : Il n'y a pas d'engagement si ce n'est la mise en œuvre d'une démarche de transparence, dans les limites du respect de la plus-value et du travail que font les uns et les autres. L'objectif est d'organiser une rencontre quand les résultats seront disponibles. Aussi, la Matinée technique pourra être réitérée à la fin de la première phase, dans le strict cadre des règles de propriété intellectuelle qui ont été fixées. Le projet Cométhà ne doit pas rester un projet confidentiel.*

**Le budget global serait de 90 millions, comprenant l'unité finale. Quelle est la part sur la première phase ?**

***Pierre HIRTZBERGER** : Le coût de la première phase, pour les quatre équipes, représente 9 millions d'euros. Ensuite, pour la deuxième phase, les coûts de pilote seraient différents d'une équipe à l'autre. Le budget pour cette deuxième phase variera en fonction des choix que feront les collectivités.*

**Ce projet consacré aux déchets organiques contenus dans la poubelle grise ne risque-t-il pas de freiner la collecte sélective des biodéchets ?**

***Martial LORENZO** : La partie fermentescible dans les ordures ménagères est estimée entre 30 et 35%. Dans tous les lieux où ont été mises en place des collectes de déchets alimentaires à la source, la quantité de parties fermentescibles dans la poubelle grise n'a pas diminué. Par exemple à Lorient, Lille ou Milan, les procédés de traitement des ordures ménagères tiennent compte de la partie fermentescible résiduelle. Le projet Cométhà n'est donc pas en concurrence avec le développement de la collecte sélective des déchets alimentaires. Compte tenu de la taille des installations imaginées, l'objectif est que cette collecte sélective des déchets alimentaires soit dopée et porte vraiment ses fruits dans un délai le plus court possible.*

**Des modifications importantes sur les installations existantes, en termes de tri pour le Sycotom ou pour la production de biogaz du SIAAP, pourraient-elles être induites par les procédés qui seront retenus ?**

***Jacques OLIVIER** : Pour le SIAAP, il n'y aura pas de modifications des installations existantes. La partie mélange des boues avec les déchets organiques représente une infime partie de la production des boues d'une usine d'épuration, que ce soit Seine Aval ou Seine Amont. Il n'y a pas d'effet de masse très important, les installations ne seront pas difficiles à placer.*

***Pierre HIRTZBERGER** : Pour le Sycotom, le gisement est issu d'une installation qui devra être construite, rien de ce qui est actuellement en place ne sera modifié.*



cométha

SAAP

system

Partenariat d'innovation  
Cotraitement des boues des eaux usées  
et de la fraction organique  
des ordures ménagères résiduelles

Échanges

Le Monde



# Les propositions des groupements titulaires



CARINE MORIN-BATUT  
DIRECTRICE GÉNÉRALE DE L'ASTEE,  
ANIMATRICE DE LA MATINÉE TECHNIQUE

La méthanisation (ou digestion d'anaérobie) est un processus biologique de dégradation organique en l'absence d'oxygène, permettant de produire du biogaz et du digestat. Dans le cas du projet Cométha, la matière organique vient de la fraction organique résiduelle des ordures ménagères, des boues d'épuration, du fumier équin et des graisses issues des procédés d'épuration. Ces fractions sont les intrants. Puis, il y a ce qui sort, du biogaz et du digestat, résidu solide, liquide ou pâteux.

Les innovations peuvent intervenir sur la partie intrants pour les préparer et les prétraiter. Il est également possible d'avoir de l'innovation sur la cométhanisation et le traitement du biogaz. Enfin, des innovations sont possibles sur la valorisation énergétique et complémentaire des digestats, de façon à pouvoir maximiser la production de méthane et minimiser les résidus non valorisés.

Il y a donc quatre façons d'innover autour de la méthanisation. Les groupements n'ont pas fait les mêmes choix : certains innoveront sur deux, sur trois, sur quatre blocs alors que d'autres innoveront ou testeront des innovations différentes sur chacun des blocs. Il s'agit bien d'innovation à la fois au niveau des blocs mais aussi sur l'enchaînement des blocs entre eux.

## Intervention du groupement Suez / ARKOLIA Énergies / ETIA



PATRICIA CAMACHO  
ADJOINT CHEF DE PROJET - SUEZ

*« Quelle est notre ambition ?  
Sublimer la matière  
organique, transformer  
100 % du carbone qui est  
présent dans ces ressources  
organiques en énergie verte,  
parce que c'est l'avenir. »*

Il est très important d'extraire des matrices organiques leur énergie ainsi que les éléments qui ont une valeur intéressante aujourd'hui en termes d'azote et de phosphore pour pouvoir répondre aux besoins de demain. Cette problématique est passionnante et ce projet de partenariat est l'occasion pour SUEZ de partager cette passion avec ETIA et avec ARKOLIA Énergies.

Il s'agit de viser les meilleurs résultats possibles par rapport aux objectifs fixés. Dans ce cadre, les savoir-faire et compétences ont été partagés, pour proposer une filière de rupture et répondre ainsi à la demande du Sycotom et du SIAAP. L'ambition est de sublimer la matière organique, c'est-à-dire de transformer 100 % du carbone qui est présent dans ces ressources organiques sous forme d'énergie verte, mais aussi de minimiser les sortants pour pouvoir en tirer des produits sous forme de matières premières qui seront valorisables.

La méthanisation est déjà appliquée dans le domaine des déchets et dans le domaine des boues, mais il s'agit avec Cométhà d'aller plus loin en termes de performance au niveau de la méthanisation et en parallèle de minimiser ces résidus finaux, en les transformant en produits intéressants dans le futur. L'idée est la suivante : où mettre les solutions innovantes pour aller au bout du bout de l'exploitation de ce carbone présent dans ces résidus organiques ?

L'équipe Suez / ARKOLIA Énergies / ETIA est une alliance d'experts. Les experts viennent d'ARKOLIA Énergies, avec sa propre technologie de méthanisation en voie épaisse, qui permet de méthaniser des déchets solides et des déchets pâteux. De même, ETIA par son savoir-faire dans le domaine des traitements thermochimiques, apporte et fournit sa technologie de pyrolyse.

Enfin, Suez apporte son expérience de concepteur, de développeur et d'opérateur de solutions dans le domaine de l'eau et des déchets. Aujourd'hui, 4 experts, 14 ingénieurs et techniciens sont mis à disposition sur ce projet. Au total, 70 années de recherche et de développement sur la méthanisation ont été mobilisées. À titre indicatif, au cours de cette première phase d'expérimentation, plus de 4 000 analyses seront réalisées, à la fois pour caractériser les intrants, mais aussi pour faire le suivi de tous les procédés testés.

Pour maximiser la valorisation de cette ressource organique urbaine et la transformer en énergie, il s'agit d'optimiser la méthanisation conventionnelle, de maximiser la production de biogaz en exploitant la totalité du potentiel énergétique des différents intrants et enfin de transformer les reliquats en produits valorisables, autrement dit en matières premières secondaires.



**NICOLAS BORNET**  
 DIRECTEUR TECHNIQUE  
 ARKOLIA ÉNERGIES

ARKOLIA Énergies est une PME indépendante et innovante, notamment dans la méthanisation avec une équipe R&D d'une dizaine de personnes et son propre laboratoire, qui a permis de développer une technologie propre qui totalise 5 brevets et qui a remporté plusieurs prix : l'Arkométha®. C'est la première technologie française de méthanisation qui a été sélectionnée dans les investissements d'avenir.

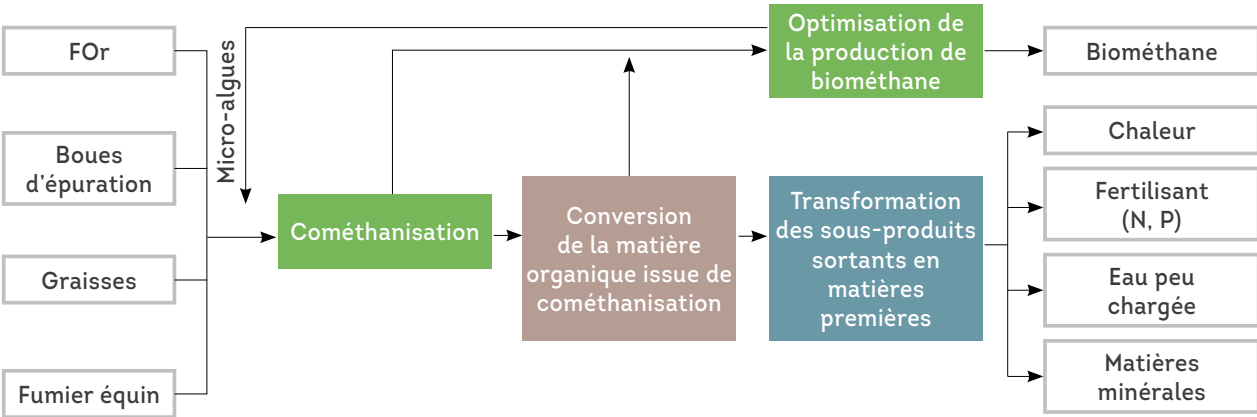
L'objectif de la méthanisation est la dégradation de la matière organique en biogaz. Cette dégradation qui se déroule en 4 étapes principales nécessite des populations bactériennes différentes. C'est pourquoi a été conçu un digesteur qui va maximiser les contacts et qui respecte l'évolution à la fois des bactéries, mais aussi de leur nourriture. La matière avance donc progressivement, exactement comme dans un tube digestif humain. Pour réduire les rejets et limiter les volumes de digesteur dans un souci économique, de la matière épaisse - peu diluée, comme le mélange de boues, de FOR, de graisses et de fumier - est utilisée. Pour agiter cette pâte très visqueuse, le biogaz est comprimé puis injecté dans la matière. La multiplication des points d'injection, dont la fréquence d'agitation est contrôlée, permet d'obtenir un système parfaitement pilotable et

adaptable à la viscosité de la matière - qui se liquéfie au fur et à mesure de sa dégradation - mais aussi au volume souhaité, de manière à conserver les quatre différentes zones qui correspondent aux quatre différentes phases de la dégradation.

Des capteurs en ligne renseignent sur l'évolution des caractéristiques de la matière. Si le substrat évolue et que les limites de ces 4 phases évoluent également, il suffit alors d'adapter l'agitation. D'un point de vue industriel, l'agitation est assurée par des cannes d'injection du biogaz au fond du digesteur, ce qui va homogénéiser la matière tout au long de son processus. La surface de contact bactéries-substrat est alors maximisée. Toute la maintenance s'effectue hors du digesteur, ce qui permet d'intervenir en toute sécurité et sans arrêt de la production.

Grâce à cette technologie, la performance de la méthanisation est optimisée pour convertir la matière organique dégradable, avec une adaptation aux variations des intrants. Cette technologie de rupture a été mise en œuvre pour la première fois sur un pilote qui produit 1 000 m<sup>3</sup> de biogaz par jour et qui fonctionne depuis 2014.

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





MARLÈNE CHOO-KUN  
EXPERTE PROCÉDÉS THERMOCHIMIQUES - SUEZ

Un gisement organique est composé d'une fraction minérale et d'une fraction organique. Pendant la méthanisation conventionnelle, la matière minérale n'est pas touchée. Elle se retrouve directement dans le digestat. Par contre, la fraction organique est composée de deux fractions : une fraction facilement biodégradable et une fraction plus difficilement biodégradable.

À la fin du processus de méthanisation, il reste la matière minérale qui est inerte, le biogaz et la matière organique difficilement biodégradable. Il s'agit alors de prendre une partie de cette matière organique difficilement biodégradable pour la rendre à nouveau facilement biodégradable, et donc réussir à la convertir en biogaz à nouveau.

Il est possible d'utiliser des traitements biologiques, mécaniques, électriques, thermiques ou chimiques, voire de coupler certains de ces traitements. Le groupement a décidé de se concentrer sur les procédés thermiques, en partant du principe qu'ils permettent d'épuiser la matière et d'en convertir un maximum en biogaz. Un des traitements thermiques proposés doit permettre d'avoir une réaction thermochimique en phase liquide, qui permet de solubiliser la matière organique et de la rendre ainsi plus facilement biodégradable. Cette réaction thermochimique permet également de maximiser la séparation des liquides / solides et, donc de diminuer les sortants de l'étape de traitement et d'y concentrer le pouvoir calorifique de la matière. La pyrolyse proposée par ETIA a aussi été sélectionnée : la matière organique difficilement biodégradable, par exemple les composés lignocellulosiques présents dans le fumier, est décomposée avec la température. Cette pyrolyse va fabriquer à partir du fumier une phase solide et une phase gazeuse.

Autour de ces traitements thermiques, d'autres procédés biologiques innovants sont ajoutés, par exemple la méthanation pour aller convertir cette matière - qui a été rendue facilement biodégradable

- en biogaz supplémentaire. Le dioxyde de carbone est utilisé pour faire pousser de la biomasse à nouveau, qu'il est possible de méthaniser et de réexprimer en biogaz. Par ailleurs, des effluents ont une teneur résiduelle en azote et en phosphore, qui seront recherchés pour fabriquer des fertilisants à libération lente et les réintroduire dans le cycle naturel, potentiellement par un retour au sol.

Ces procédés ont été mis en ordre dans une filière. Les 4 intrants sont envoyés en cométhanisation. Le biogaz est fabriqué et épuré pour faire du biométhane et pouvoir le réinjecter dans le réseau de gaz. La phase solide de la cométhanisation est convertie pour rendre la matière de nouveau biodégradable et donc créer du biogaz supplémentaire. Les sous-produits sont ensuite transformés pour faire de la matière première secondaire, par exemple des fertilisants principalement azotés et phosphorés. Surtout, de la chaleur excédentaire est produite.

Une filière alternative a également été envisagée, avec un traitement ciblé et plus efficace pour le fumier, avant réinjection dans la filière globale.

C'est à travers les essais de laboratoire que sera sélectionnée la filière la plus intelligente et la plus pertinente du point de vue environnemental, économique et technique.

*« La question est : comment arrivons-nous à prendre une partie de cette matière organique difficilement biodégradable pour la rendre à nouveau facilement biodégradable, et donc réussir à la convertir en biogaz à nouveau ? »*



**PATRICIA CAMACHO**  
ADJOINT CHEF DE PROJET - SUEZ

La caractérisation des gisements est terminée. Le pari a été pris d'anticiper une série d'expériences pour préparer les essais, être en phase avec le planning et pouvoir apporter les informations nécessaires pour valider l'ensemble des hypothèses de base. Ces essais anticipés permettent aussi de gérer les imprévus, courants dans le domaine de la biologie.

Le groupement propose une combinaison innovante de solutions - innovantes elles aussi - placées judicieusement pour pouvoir produire et maximiser l'énergie, et donc répondre aux enjeux de la transition énergétique. Cette combinaison propose d'atteindre les taux de conversion de la matière organique et de les dépasser de façon drastique par rapport aux solutions conventionnelles de méthanisation. Cette combinaison permet de produire de la chaleur renouvelable, de présenter des bilans à la fois environnementaux et énergétiques positifs, et enfin de produire des matières premières qui pourront être valorisées à nouveau et réintroduites dans les cycles qui leur sont dédiés, avec des filières dédiées. Tous ces efforts doivent permettre de développer un modèle qui rentre complètement dans l'approche de la transition écologique et l'idée d'économie circulaire.

CométhA est un réel challenge : il permet de se positionner sur des solutions d'avenir, ce qui est très motivant. Ce qui est au cœur de cette alliance, c'est de produire mieux, produire davantage de biométhane à partir des déchets et des boues.

# Intervention du groupement Tilia / GICON France-Biogaz / DBFZ / Fraunhofer IGB



CYRIL ROGER-LACAN  
CO-PRÉSIDENT - TILIA

Tilia est une entreprise franco-allemande et européenne créée il y a bientôt 10 ans. Son modèle est fondé sur deux piliers essentiels, qui font également écho aux principes structurants du projet Cométha. Tout d'abord, l'entreprise porte la conviction que la transition énergétique écologique,

*« La transition énergétique écologique, les infrastructures de demain et les services qui leur sont associés s'inventent dans le creuset territorial. »*

les infrastructures de demain et les services qui leur sont associés s'inventent dans le creuset territorial, où il est concrètement possible réaliser le décloisonnement essentiel à l'innovation sous toutes ses formes. Ensuite, il y a entre le conseil classique et la gestion des services publics par des entreprises privées (la gestion déléguée) un espace essentiel pour conduire ces transformations : un espace de partenariat, notamment avec les grands acteurs territoriaux. C'est dans ce type de partenariats que se déploie essentiellement l'activité de Tilia et sa contribution à la transition énergétique. À Paris Saclay, l'entreprise développe depuis 2013 et jusqu'en 2021 au moins, le réseau de chaleur et de froid géothermique. Il s'agit d'un des plus beaux projets français de transition énergétique.

Tilia accompagne l'établissement public dans une conception et un développement intégré et en même temps très concret, très pratique, de ce système énergétique qui devient peu à peu un système multiénergies. L'entreprise conduit également un projet franco-allemand de Smart-Grid transfrontalier avec 18 partenaires industriels. Il s'agit du premier projet qui raccordera les réseaux de distribution électrique de deux pays transfrontaliers.

Gicon - France Biogaz est, elle aussi, extrêmement tournée vers l'innovation. L'entreprise a développé de nombreux procédés innovants qui ont vu leur efficacité en matière de production de biogaz confirmée. Présente à l'international, elle a développé une centaine de projets depuis 2010, dont une quarantaine de projets d'installations de biogaz aujourd'hui en activité. C'est aussi une entreprise qui porte une très grande attention à la fiabilisation des processus de développement et de construction, ainsi qu'au continuum entre la conception, la construction et l'exploitation. Il s'agit d'une des dimensions essentielles du partenariat d'innovation et à laquelle beaucoup d'attention est apportée dans le développement et la conception de la solution technique.

Le groupement travaille également avec deux centres de recherche allemands. Le DBFZ est le plus gros centre d'expertise mondiale entièrement dédié à la matière organique et la biomasse : 140 chercheurs y travaillent quotidiennement sur les sujets précis du partenariat d'innovation, chose très importante puisque la méthanisation implique une multitude de processus, une multitude d'intrants, une multitude d'articulations possibles. Il s'agit d'un domaine dans lequel le retour d'expérience concrète est donc plus important encore pour la recherche qu'il ne l'est dans d'autres domaines industriels (où au fond les procédés sont transposables). Il y a en Allemagne 8 000 méthaniseurs en activité, contre un peu moins de 800 en France, et le DBFZ a bénéficié et bénéficie tous les jours d'un extraordinaire réseau d'échanges avec l'industrie. Le Fraunhofer IGB est membre du consortium, il est spécialisé dans les domaines concernés par le partenariat d'innovation, notamment dans l'utilisation des produits dérivés et des résidus de la méthanisation. Il s'agit d'une entité de l'institut Fraunhofer, un des plus grands instituts de recherche mondiaux.

Ces quatre entités constituent une équipe qui travaille en étroite collaboration avec des maîtres d'ouvrage et leurs assistants à maîtrise d'ouvrage.

Il est important que les systèmes d'infrastructure se réinventent dans un creuset territorial, au contact des besoins, considérables dans le cas présent, puisque le projet concerne 9 millions d'habitants. C'est au contact permanent des besoins que se développe la véritable innovation plutôt que dans des clusters hors-sols liant la recherche. Il est très important pour l'intérêt général, et pour les entreprises, d'avoir ce cadre de travail qui à la fois encourage et sécurise l'innovation.

C'est très important aussi parce que la méthanisation nécessite une extraordinaire mosaïque de compétences très pointues d'experts dont il faut mobiliser les savoirs et les savoir-faire afin de concevoir un projet cohérent et fiable. De toute cette démarche sortira un ouvrage, un service. Le temps imparti est un temps de fiabilisation du processus, un temps de maturité coopérative qui se crée entre les maîtres d'ouvrage et les membres du groupement.

Enfin, le temps est à la recherche de sujets de coopération européenne, et notamment franco-allemande, dans les domaines de l'énergie et de l'environnement. Il arrive que l'on demande aux entreprises de trouver des sujets pour coopérer avec nos amis allemands. Pour CométhA, l'avantage est absolument évident. L'extraordinaire savoir-faire qui a été développé par les entreprises, mais aussi par les centres de recherche, va aujourd'hui fertiliser l'innovation française, puisque le fruit de cette construction commune deviendra la propriété du Sycotm et du SIAAP.



CHRISTOPHE HUG  
CO-PRÉSIDENT - TILIA

Dans ce cadre, un consortium de partenaires disposant d'infrastructures de recherche et d'unités pilotes existantes a été construit, afin de pouvoir démarrer rapidement les essais.

Au cours de la première phase, il n'y a pas de solution fixe mais une solution de référence avec quelques possibilités d'adaptation. L'enjeu est de pouvoir comparer plusieurs idées afin de proposer la meilleure des alternatives possibles et d'aboutir à une proposition convaincante. Les technologies sont toujours testées en deux étapes. La première étape a pour but d'optimiser individuellement des procédés plus ou moins stabilisés, avec les intrants qui sont à traiter dans le cadre du partenariat d'innovation. La seconde étape vise à déterminer la combinaison optimale à partir d'une matrice de décision technique en premier lieu, mais aussi à partir de critères économiques et de fiabilité du processus final. Les objectifs prioritaires sont naturellement les objectifs techniques et d'innovation. Des objectifs de fiabilisation et des objectifs de réalisation sont également intégrés. Les paramètres de vitesse de réaction et de volume de réacteur jouent par exemple un grand rôle en termes d'économie globale du projet.

Pour le prétraitement, deux solutions sont possibles :

- un prétraitement mécanique avec un broyage plus ou moins avancé, surtout pour le fumier, afin de le rendre plus accessible à la biodégradation ;
- un prétraitement thermique, avec hydrolyse thermique, pour une grande partie des intrants. L'objectif est alors d'améliorer l'accessibilité du carbone et sa conversion, de réduire les temps de réaction et ainsi obtenir, dans des contraintes technico-économiques de performance, une solution innovante et fiabilisée.

Pour la deuxième partie, sont étudiées et testées en parallèle trois solutions de cométhanisation avec les intrants qui sont confiés, pour ensuite intégrer

*« Dans les projets de méthanisation, l'expérience que nous et nos collègues avons acquis dans différents projets à travers le monde nous permet de tirer une conclusion : tout dépend des intrants. Nous avons donc consciemment décidé de ne pas proposer une seule solution, mais plutôt, durant cette première phase de recherche, de tester plusieurs modules, de les optimiser d'abord individuellement et ensuite en combinaison les uns avec les autres »*

la technologie de méthanisation la plus pertinente dans le système de traitement global :

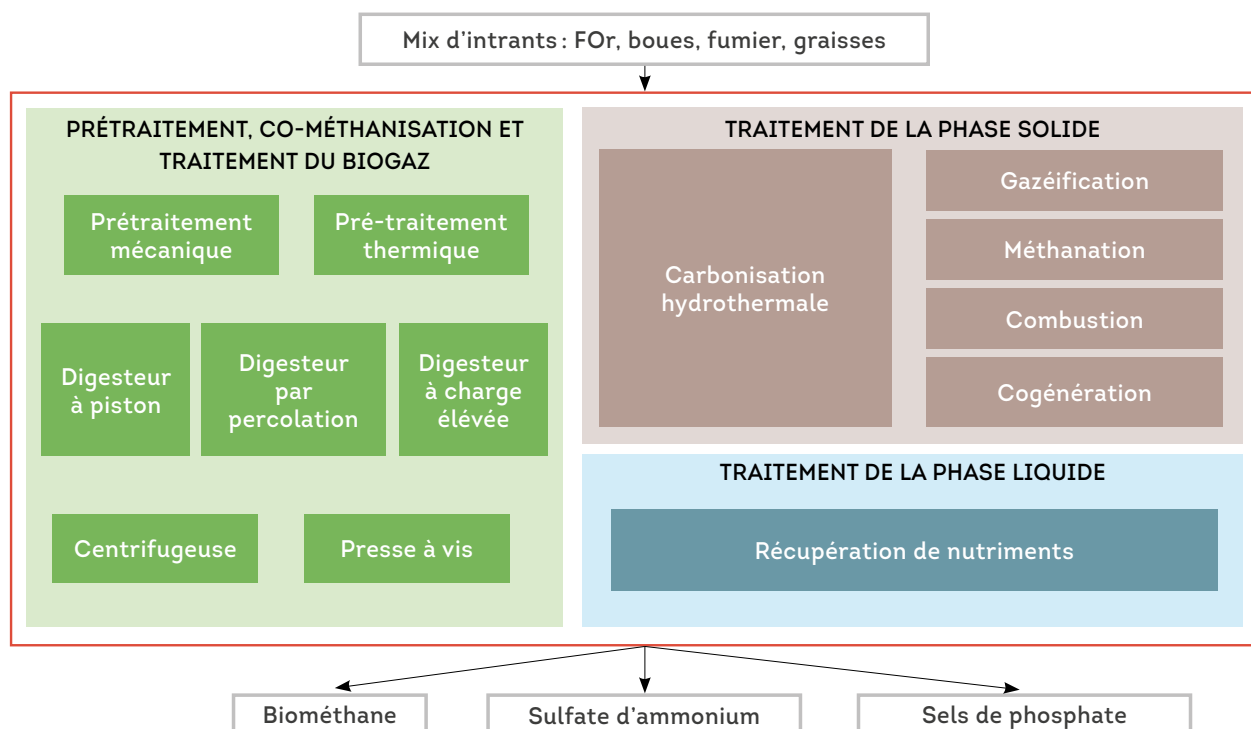
- la solution de référence est le digesteur à piston du DBFZ, qui est aujourd'hui en test avec les intrants reçus. L'intérêt du réacteur à piston repose sur sa fiabilité face à une importante variabilité des intrants, mais aussi face à la présence d'indésirables. Le réacteur fonctionne comme un bouchon : la biomasse est poussée à l'intérieur du réacteur, et tous les indésirables sont entraînés par la masse. Il n'y a pas de zone morte, le verre et le plastique ne restent pas bloqués au sein du digesteur. La digestion est homogène, le temps de séjour sécurisé pour toute la biomasse et des performances tout à fait acceptables par rapport à la qualité des intrants sont obtenues, avec des qualités de gaz qui évoluent sur la longueur de ce réacteur à piston ;

- la deuxième possibilité est le digesteur par percolation à deux phases de Gicon : une phase solide - qui se consacre essentiellement à l'hydrolyse des matériaux et du matériau disponible - puis une phase liquide avec les percolats, autrement dit une méthanogénèse dans un digesteur à voie liquide. L'objectif est d'être capable de traiter des intrants qui par définition ne sont pas forcément stables, de bien fonctionner malgré les indésirables, de pouvoir gérer un taux de méthanisation important et d'adapter le processus avec différents taux de recirculation pour atteindre une performance finale optimale ;

- le dernier procédé testé est un procédé Fraunhofer de digestion à charge élevée. Les deux procédés décrits précédemment fonctionnent avec des taux



## PRÉSENTATION DES TECHNOLOGIES POSSIBLES POUR LE SYSTÈME DE TRAITEMENT



de matière sèche se situant entre 20 et 30 %. Le digesteur à charge élevée fonctionne, lui, avec des taux de matière sèche un peu plus faible, mais avec des charges volumiques bien plus importantes. L'enjeu est de voir quel est le comportement de ce type d'installation avec le mix d'intrants.

Pour le traitement de la phase solide, le choix a été fait de s'engager vers un procédé thermo-chimique de conversion du carbone, déjà connu dans le domaine des boues et en cours d'amélioration pour le mix d'intrants proposé. Dans le cadre des essais, du biocharbon a déjà été produit grâce à ce procédé. Le séchage du biocharbon est très peu énergivore et permet d'obtenir un matériau utilisable facilement, homogène et hygiénisé. Un procédé de gazéification peut être mis en place - si cela est jugé économiquement pertinent et suivant ce que décide le donneur d'ordres. Des utilisations énergétiques pures telles que la combustion ou la cogénération sont aussi envisageables.

Pour la phase liquide, il est prévu une récupération des nutriments pour transformer la matière au maximum dans une optique de développement durable et dans un cadre économique et d'exploitation stabilisée. Deux voies sont testées : une récupération chimique - c'est un procédé Fraunhofer qui s'appelle BioEcoSIM - et une récupération électrochimique ePhos.

Les tests ont été démarrés très rapidement grâce aux infrastructures de recherche à disposition dans le groupement. Les résultats de caractérisation ont été obtenus et les réacteurs sont expérimentés. L'étape n'est plus celle du batch mais celle du continu, avec un chargement journalier de biomasse. Depuis peu, les premiers digestats sont étudiés et les essais sur la carbonisation hydrothermale ont débuté. Pour le moment, les résultats sont plutôt positifs. Des décisions seront à prendre prochainement, à proposer et à discuter dans le cadre technique proposé, en prenant en compte les objectifs de méthanisation, de conversion du carbone et de non-retour au sol. En outre, il sera nécessaire d'élaborer une première vision économique de ce que pourrait être le système de traitement à l'échelle industrielle.

# Temps d'échanges

## Qu'est-ce que les « micro-algues » qui apparaissent dans la solution technique proposée par SUEZ ?

**Patricia CAMACHO** : Cette solution propose de faire pousser les micro algues avec le CO<sub>2</sub> qui représente 35% du biogaz. Le CO<sub>2</sub> est récupéré pour faire pousser des algues. Ces algues, qui sont de la biomasse, du carbone, sont réinjectées en méthanisation, pour produire encore plus de méthane.

## Est-ce que vous pouvez nous en dire plus sur la carbonisation hydrothermale ?

**Christophe HUG** : La carbonisation hydrothermale est un procédé thermo-chimique qui présente plusieurs possibilités, suivant les conditions de temps, de température et de pression, pour poursuivre la transformation du carbone dans les digestats. Ce procédé permet un niveau de transformation du carbone qui est techniquement et économiquement faisable. Aujourd'hui, ce procédé n'est pas encore complètement maîtrisé dans le domaine des boues de station d'épuration et encore moins dans le domaine du mix des intrants. C'est un des gros objectifs du projet Cométhà : arriver à une installation semi-industrielle, pilote d'abord et ensuite industrielle. Le produit final est un biocharbon, qui est effectivement déshydraté très facilement. Ce biocharbon peut être valorisé de différentes manières.

## Avec la multiplication d'un certain nombre de procédés thermo-chimiques, la consommation d'énergie ne risque-t-elle pas d'être plus élevée que la production ?

**Marlène CHOO-KUN** : Pour minimiser les sortants, l'eau doit être enlevée de la matière soit par séchage thermique, soit par évaporation. Les procédés thermo-chimiques sélectionnés permettent d'enlever l'eau de manière plus efficace tout en consommant moins d'énergie que par séchage thermique. La filière est productrice d'énergie, donc productrice de biométhane - c'est le premier objectif. Le deuxième est de fabriquer de la chaleur, au moins suffisamment pour les procédés thermiques. La filière étudiée devrait être largement excédentaire en chaleur ; le carbone est valorisé à 100 % sous forme de méthane ou sous forme de chaleur.

**Christophe HUG** : Le risque réside dans le fait que plus les modules sont superposés pour avancer dans la transformation, plus le bilan d'énergie globale est affaibli. Aujourd'hui, le bilan d'énergie est très positif. Il est possible de continuer à utiliser une partie de l'énergie produite pour retransformer du carbone en produit comme le méthane. Ensuite, il faudra voir quel est, en prenant en compte les contraintes de réalisation technico-économique, le niveau de transformation qui est le plus pertinent.

## Quels sont les débouchés pour les résidus valorisables qui sont produits ?

**Christophe HUG** : Le méthane peut être injecté dans le réseau après traitement. Les nutriments, le sulfate d'ammonium et le sel de phosphate sont commercialisables assez facilement : des expériences avec des industriels spécialistes du domaine des engrais ont été faites pour revaloriser ou valoriser ce type de produits. Par ailleurs, suivant ce qui est fait du biocharbon, il reste des cendres, pour lesquelles des pistes de valorisation existent. Pour les résidus restants, des voies s'ouvrent : des produits considérés auparavant comme des déchets peuvent devenir des matériaux, dans le bon sens du terme.

**Patricia CAMACHO** : Il existe aussi une partie struvite, qui est utilisée dans certains pays européens. Pour ces matières premières secondaires, qu'il est possible de produire, il y a une dynamique à mettre en place.

## Sur le plan du bilan énergétique global, est-il plus positif d'épandre les résidus qui contiennent l'azote et le phosphore ou d'extraire à grands coûts énergétiques ces produits ?

**Patricia CAMACHO** : Aujourd'hui, en ce qui concerne les déchets qui viennent de la poubelle grise, il n'y a pas de possibilité de faire un retour directement au sol. Dans cette situation, il faut trouver des solutions pour tirer parti au maximum de ce qui se trouve dans la ressource d'origine.

**Christophe HUG** : Le retour au sol n'est pas possible. Le phosphore étant une ressource limitée, entrer dans des voies de récupération du phosphore de manière générale est le seul moyen de pouvoir avancer. Au cours du travail qui a été mené, seront comparés aussi bien les rendements de récupération que l'influence sur le bilan énergétique des procédés chimique et électro-chimique proposés.



# Intervention du groupement Vinci Environnement / Naldeo / CEA LITEN



**RAINIER SAVRE**  
DIRECTEUR DE PROJET  
VINCI ENVIRONNEMENT

Le groupement comprend trois entreprises : VINCI Environnement, concepteur-constructeur connu dans le métier, Naldeo, ingénierie d'étude, amenant son expertise en termes d'assistance à maîtrise d'ouvrage et de maîtrise d'œuvre, et le CEA, organisme de recherche dont la réputation internationale n'est plus à faire. Le groupement reçoit également le soutien d'un laboratoire, l'école d'ingénieurs INSA de Lyon, ainsi que d'un Expert-Conseil, la société Bio'logic représentée par M. François CAYROL.

La première opportunité du partenariat d'innovation est d'explorer le champ des possibles à partir de technologies existantes. En effet, il ne s'agit pas de partir d'une feuille blanche mais de se servir des technologies à disposition qui sont maîtrisées et dont les limites sont connues, mais qui ne sont pas forcément utilisées sur ce nouveau produit, mélange de FOr et de boues. Cela dit, les technologies existantes connues sont très robustes et demandent encore à être développées et adaptées, afin d'élargir le spectre de leurs capacités. Le travail de recherche et développement pour la partie industrie de ce groupement, en l'occurrence VINCI Environnement et Naldeo, sera de repousser les limites capacitives de ces équipements.

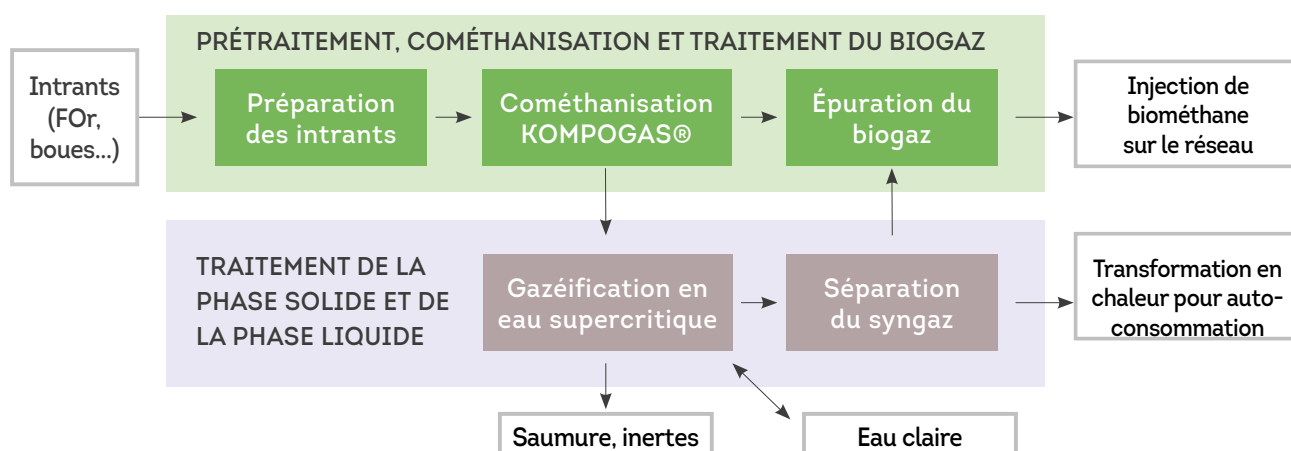
L'autre opportunité concerne plutôt la partie recherche avec le CEA, qui voit ici l'opportunité

*« Deux mondes se rejoignent, en l'occurrence le monde de la Recherche et le monde de l'Industrie. Dans ce partenariat d'innovation porté par le Sycptom et le SIAAP, l'originalité est de permettre à des industriels tels que VINCI Environnement de travailler avec le CEA pour du codéveloppement, non de manière concaténée, mais de manière « épissurée ». »*

de tester de nouvelles ressources sur son dispositif expérimental de gazéification en eau super-critique. Cette nouvelle ressource intégrée dans le dispositif permettra de multiplier les domaines d'application industrielle, car actuellement le CEA travaille essentiellement sur des effluents tels que des liqueurs noires par exemple.

Deux mondes se rejoignent, en l'occurrence le monde de la recherche et le monde de l'industrie. Habituellement, la recherche qui développe des savoir-faire, puis les transmet à l'industrie dans le cadre de sa mission étatique - pour le CEA par exemple - de manière un peu concaténée. Dans ce partenariat d'innovation du Sycptom et du SIAAP, l'originalité est que les industriels vont travailler avec le CEA en codéveloppement, non de manière concaténée, mais de manière « épissurée ». VINCI Environnement, concepteur-constructeur, et Naldeo, ingénierie d'étude, amènent une expertise technique dans le domaine du traitement des déchets ainsi que les retours d'expérience dont ils disposent. Ils sont communiqués au CEA de manière à ce qu'ils puissent les intégrer dès leur conception scientifique. VINCI Environnement, en

## LA FILIÈRE DE TRAITEMENT ÉTUDIÉE



tant que mandataire, veille à ce que les objectifs du contrat soient respectés, c'est-à-dire à délivrer au final une usine parfaitement exploitable, robuste, fiable. Lorsque le savoir-faire sera mature, VINCI Environnement et Naldeo amèneront leurs compétences pour l'intégration des innovations avec celles faites sur les autres équipements pour la circonstance. Tous ces différents savoir-faire seront intégrés dans un processus global afin d'arriver à construire une usine de grande ampleur, très visible parce que très innovante, et qui satisfera à toutes les demandes. Le CEA continuera son suivi pour déverrouiller éventuellement des points techniques et aussi acquérir de son côté des retours d'expérience induits par cette fusion de l'industrie et de la recherche.

La première partie technique est celle du prétraitement, de la cométhanisation et de la préparation du biométhane. Il s'agit de partir de ce qui fonctionne très bien, qui est très robuste, et de l'améliorer de manière à l'adapter aux produits à traiter. L'autre partie, qui sera beaucoup plus innovante sera le traitement de la phase solide et de la phase liquide en le gazéifiant.

D'abord, les intrants sont préparés puis rejoignent un système de digestion anaérobie de type Kompogas®. La cométhanisation Kompogas® génère deux sous-produits : le premier est du biogaz épuré en vue de son injection dans le réseau, l'autre est du digestat sous forme pâteuse qui rejoint le système de gazéification en eau supercritique. Le système de gazéification produit un syngaz qui est épuré et injecté dans le réseau, ainsi que de l'eau claire et de la saumure.

La première innovation - la préparation des intrants - correspond à un prétraitement d'une partie du mélange FOr-boues par des ultrasons. L'idée est

de déstructurer la matière organique en faisant un bombardement par ultrasons. C'est une technologie qui fonctionne sur des stations d'épuration et donne d'assez bons résultats mais qui n'a jamais été pratiquée sur de la FOr et de la boue. L'INSA de Lyon et François CAYROL de la société Bio'logic pilotent ces essais de manière à voir quelle est l'efficacité de ce processus sur ce type de mélange. Il ne s'agit pas de créer d'énergie ex nihilo mais d'accélérer le processus et d'optimiser éventuellement le temps de séjour au sein du digesteur. Il y a un certain nombre de paramètres à observer pour savoir si ce système est efficace ou pas ; l'équilibre économique est aussi étudié. La première innovation est donc le détournement d'un processus qui existe déjà de manière à l'adapter à un nouveau type de produit.

La deuxième innovation concerne la partie cométhanisation, c'est-à-dire le digesteur Kompogas®. C'est un procédé extrêmement connu avec plus de 75 références dans le monde. C'est une technologie très performante, extrêmement robuste, qui est très bien maîtrisée et qui peut traiter plusieurs types de produits. Cependant, il n'existe pas de digesteur qui soit utilisé actuellement pour digérer un mélange de FOr et de boues. Considérant la robustesse de l'équipement, le digesteur fonctionnera très bien mais il y a des paramètres à affiner pour que la digestion se fasse de la manière la plus efficace possible, pour produire un maximum de biogaz avec la matière organique que nous aurons intégrée. Cela peut passer par les temps de séjour, par les températures, le nombre de tours/minute pour le retournement de la matière, etc.

Le troisième procédé innovant concerne le système de gazéification en eau supercritique.



PATRICE TOCHON  
CHEF DE DÉPARTEMENT THERMIQUE,  
HYDROGÈNE, BIORESSOURCES - CEA

La gazéification en eau supercritique est le choix retenu pour valoriser les digestats qui ont une fraction en eau importante, au moins 70 %. Souvent, dans les procédés thermochimiques, dépenser de l'énergie pour faire chauffer ou bouillir de l'eau n'est pas toujours optimal. L'idée consiste à intégrer le digestat dans un réacteur, qui, porté à haute pression et haute température, permet de bénéficier des propriétés particulières de l'eau au-dessus du point critique. Lorsque l'eau est portée au-dessus du point critique, ce n'est plus un gaz, ce n'est plus un liquide, c'est quelque chose qui est différent en termes de fluide, et qui a des propriétés remarquables : des densités élevées, de faibles viscosités, des bons coefficients de transfert. C'est très bien pour l'efficacité énergétique, mais surtout, l'eau supercritique dispose de propriétés de solvant pour casser les molécules. Puisque la demande est de faire de la production de gaz majoritaire, la gazéification a été retenue car elle permet de produire un syngaz, composé majoritairement de méthane, d'hydrogène et de dioxyde de carbone. En fonction de la température et dans une moindre mesure de la pression, il est possible de maximiser un peu plus de méthane ou un peu plus d'hydrogène. Dans le cadre du projet Cométhà, la production de méthane est privilégiée.

Le point de départ est le digestat de cométhanisation, qui est éventuellement réhumidifié. Ensuite, il est pressurisé et mis dans un réacteur, porté à haute température - de 500 à 700°C - et à haute pression. Pour les modèles économiques et les modèles de durabilité, le but est de s'approcher de 500 degrés plutôt que de monter à très haute température, qui requiert l'utilisation de métaux coûteux. Puis, le mélange gazeux à haute température et à haute pression permet lors du refroidissement, de pouvoir séparer naturellement l'eau, le CO<sub>2</sub>, puis ensuite, au travers de membrane, de pouvoir séparer le CH<sub>4</sub> et l'hydrogène.

*« Lorsque l'eau est portée au-dessus du point critique, ce n'est plus un gaz, ce n'est plus un liquide, c'est quelque chose qui est différent en termes de fluide, et qui a des propriétés remarquables. C'est très bien pour l'efficacité énergétique, mais surtout, elle dispose de propriétés de solvant, qui permet du coup de casser les molécules. »*

Ce procédé est à haute température et requiert donc de l'énergie. Une partie de l'énergie est apportée par l'hydrogène produit qui est brûlé. L'autre partie de l'énergie provient de la récupération d'énergie des gaz chauds en sortie, qui permet de chauffer le réacteur et le digestat. Le savoir-faire du CEA en matière d'efficacité énergétique sur les procédés n'est plus à faire. Au sein du réacteur, lorsque les conditions sont supercritiques, les sels ne sont plus solubles. Par conséquent, il y a une précipitation de la saumure avec les sels, qu'il est possible de récupérer par le bas.

La gazéification présente un taux de conversion du carbone en gaz très élevé, supérieur à 90 %. Puisque l'eau est un usage, il n'est pas nécessaire de sécher la matière préalablement. Un syngaz propre est produit et le fait d'être à très haute température et à très haute pression permet de produire ce syngaz sans goudron ni dioxine. Le taux de méthane et d'hydrogène est élevé. Dans ce projet actuel, le méthane est privilégié et l'hydrogène est utilisé pour chauffer le réacteur.

Il y a actuellement des pilotes batch et des pilotes continus. La faisabilité technique sur des boues des eaux usées, sur des micro algues, sur des liqueurs noires et sur des drèches a déjà été démontrée. Pour le CEA, les deux enjeux sont de démontrer la faisabilité avec ces intrants-là - avec une phase de préparation très importante - et de réaliser la montée en maturité, notamment en taille, pour répondre à la problématique du projet Cométhà pour la deuxième phase et surtout la troisième phase.



**RAINIER SAVRE**  
DIRECTEUR DE PROJET  
VINCI ENVIRONNEMENT

Les fonctionnements en batch et en continu sont possibles mais l'un est meilleur que l'autre en termes d'exploitabilité. Il s'agit de faire le bilan des avantages et inconvénients de chacun, de faire un bilan économique et un bilan d'exploitabilité. Par exemple, un process par batch risque de prendre plus de temps alors qu'un process en continu est susceptible de présenter plus de contraintes mécaniques. Ce travail de comparaison est associé à des simulations thermodynamiques qui permettent d'évaluer les besoins énergétiques.

Pour conclure, CEA, Naldeo, VINCI Environnement, ainsi que l'INSA et Bio'logic sont extrêmement motivés pour aller au bout de cet exercice. Les perspectives entrevues maintenant sont extrêmement encourageantes et particulièrement intéressantes pour les domaines de l'industrie et de la recherche, mais aussi pour l'efficacité du service public. Et ce dernier domaine profite à tout le monde.

# Intervention du groupement CMI Prosperol / Sources / UniLaSalle / UTC



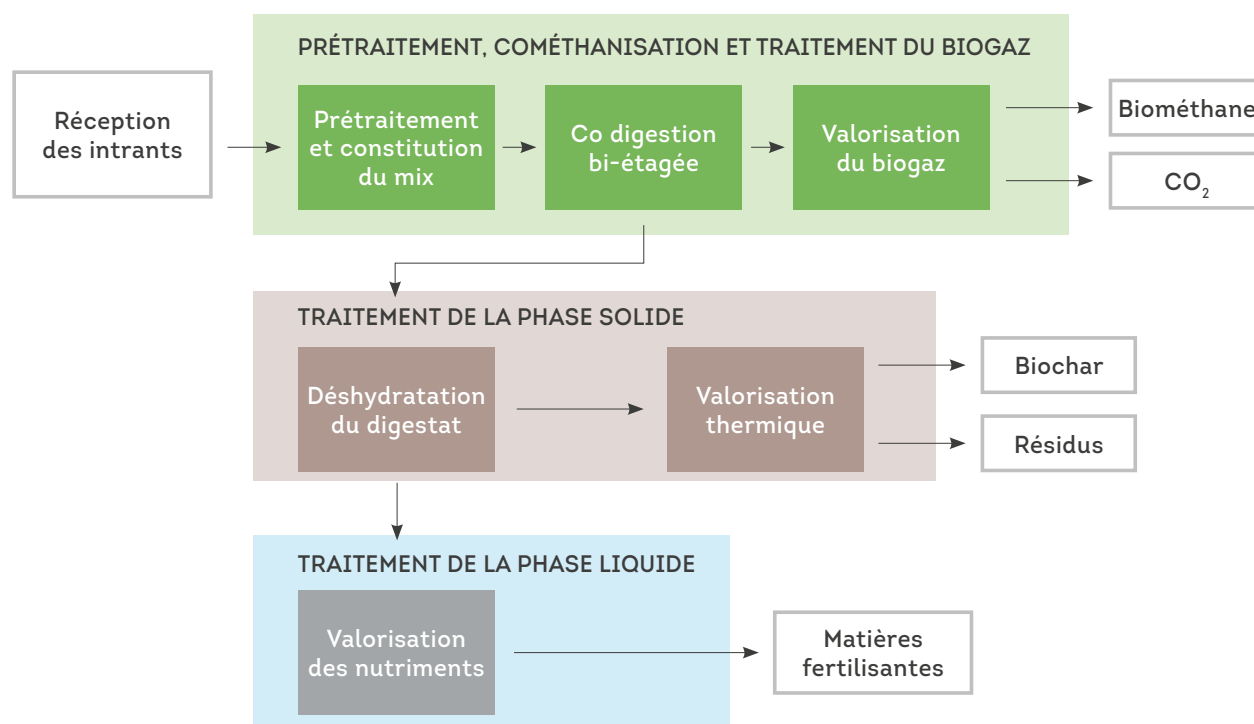
OLIVIER BERNAT  
DIRECTEUR GÉNÉRAL  
CMI PROSERPOL

Le groupement se veut équilibré entre un pôle de concepteurs et un pôle de recherche. Le pôle de concepteurs-constructeurs d'installation, de traitement d'eau, de méthanisation, est constitué par deux PME françaises. Il s'agit de la société CMI Prosperol, qui fait partie du secteur environnement du groupe CMI et la société Sources, qui est une PME française particulièrement dynamique. Les deux entités sont actives depuis de nombreuses années, plus de 40 ans pour l'une d'entre elles, dans le domaine du traitement des eaux et de la méthanisation. Par ailleurs, a été associé à ce pôle de concepteurs-constructeurs d'installations un pôle de recherche avec deux entités qui se connaissent bien, puisqu'elles ont formé il y a déjà un certain temps un groupement d'intérêt scientifique, UniLaSalle Beauvais et l'UTC (Université de technologie de Compiègne) qui sont toutes deux actives depuis longtemps dans le domaine de la méthanisation, et d'une manière plus générale dans le domaine de la conversion de la biomasse. Un certain nombre d'autres entreprises ont été fédérées autour de ce noyau : le groupement donne sa chance aux PME et à quelques entreprises européennes.

Les opportunités créées par ce partenariat d'innovation sont particulièrement intéressantes pour les entreprises. Une des premières opportunités paraît assez évidente : engager ce type de collaboration avec deux maîtres d'ouvrage connus et reconnus pour leur niveau d'excellence et leur niveau d'exigence offre une véritable tribune et une visibilité accrue dans des secteurs extrêmement concurrentiels. Il s'agit d'un des objectifs de ce partenariat d'innovation. Une deuxième opportunité est d'innover dans un cadre sécurisé, pour l'ensemble des partenaires, pour les entreprises, mais aussi pour les maîtres d'ouvrage. Dès le départ, le SIAAP et le Sycotom ont demandé de proposer des solutions qui soient les plus complètes possible et les plus cohérentes. Cet exercice, par rapport à d'autres actions menées dans le domaine de la recherche et développement, est très intéressant : il impose de penser tout de suite à la cohérence et à la complétude d'une solution. Enfin, il s'agit d'une formidable occasion d'avoir une démarche de coopération très étroite avec des partenaires de laboratoires universitaires. La richesse d'une telle démarche collaborative se vérifie au quotidien.



## LA FILIÈRE DE TRAITEMENT ÉTUDIÉE



L'objectif a été dès le départ de construire une solution la plus cohérente et la plus complète possible. Le cahier des charges a permis de dégager trois objectifs majeurs. Le premier est d'optimiser, de maximiser la production d'énergie et d'optimiser le bilan énergétique de l'opération. Le deuxième est d'être dans une démarche de valorisation de produit avec la conversion des déchets en produits. Et enfin, il s'agit d'imaginer une filière flexible, adaptable et donc pérenne. La démarche de développement ne vise en aucun cas à proposer une filière sur catalogue, où des solutions existantes seraient accolées, mais au contraire, à chercher à proposer une filière cohérente et reproductible la plus innovante possible, en respectant les objectifs fixés.

D'abord, des opérations de réception des intrants et des opérations de prétraitement sont faites sur certains de ces intrants. Le mix constitué est admis sur l'étape de digestion. Dans le cas présent, le choix a été fait de travailler sur une codigestion bi-étagée en phase liquide. Le biogaz produit par cette codigestion bi-étagée est valorisé sous forme de biométhane. Du CO<sub>2</sub> est également récupéré, qu'il est aussi possible de valoriser. Le digestat sortant de l'étape de codigestion est

déshydraté avec des technologies les moins énergivores possible. Ce digestat, une fois déshydraté, est thermiquement valorisé. La fraction liquide issue du digestat, après déshydratation, subit une étape de valorisation, avec l'objectif d'en sortir des matières fertilisantes. Le phosphore et l'azote sont extraits avec les procédés qui se veulent les moins énergivores possible. L'exercice a été poussé un peu plus loin avec une vue 3D - à prendre évidemment avec toutes les précautions d'usage. Il demeure tout de même intéressant de visualiser ce que pourrait être l'installation industrielle qu'il est prévu de construire.

La phase de caractérisation des intrants a permis de mettre en œuvre toute une batterie d'analyses physico-chimiques et des mesures de potentiel méthane sur l'ensemble des échantillons fournis par les maîtres d'ouvrage. Avec la solution envisagée, cette étape de caractérisation a permis d'arriver à un mix, un mélange qui est plus optimum que si tous les intrants étaient pris séparément. Cela met en lumière tout l'intérêt qu'il y a à cométhaniser. Ce n'était pas forcément un postulat gagné d'avance mais la phase de caractérisation va dans ce sens. Le mix constitué sur ces différents

intrants permet également d'augmenter le pouvoir tampon de l'ensemble de ce mix et donc d'envisager un procédé de méthanisation qui soit plus stable. Pour l'installation future, à l'échelle industrielle, c'est fondamental : plus les procédés sont stables, plus ils sont faciles à opérer. L'installation doit être capable de faire face à la variabilité de la FOR.

Dans l'étape qui suit, seront réalisés les essais en laboratoire, sur presque toutes les briques technologiques, associées de la manière la plus cohérente possible.

*« Pour des PME comme les nôtres, engager ce type de collaboration avec deux maîtres d'ouvrage connus et reconnus pour leur niveau d'excellence et leur niveau d'exigence aussi nous offre une véritable tribune et une visibilité accrue dans nos secteurs extrêmement concurrentiels. »*

La première brique technologique est le prétraitement des boues. La société Haarslev teste, dans ses laboratoires au Danemark, un procédé de détente flash appliqué à ces boues. L'objectif est de solubiliser le maximum de matière organique pour la rendre accessible à la méthanisation et biodégradable. Les objectifs sont d'adapter ce procédé aux boues fournies. Il est particulièrement intéressant parce que le gisement de boues concourt pour une grande partie à l'équilibre de l'ensemble.

Le cœur du procédé, la méthanisation, est testée dans les laboratoires d'UniLaSalle et de l'UTC. La digestion bi-étagée existe, mais le caractère innovant réside dans le fait de l'appliquer à un mix comme celui-là. D'après les connaissances actuelles, une telle utilisation n'a jamais été faite et l'objectif des essais qui sont menés est d'optimiser les conditions opératoires de ce digesteur bi-étagé.

Une fois produit en quantité suffisante, le groupement fera caractériser le biogaz puis évaluera des procédés d'épuration, avec un objectif très fort qui est l'économie de cette étape d'épuration puisque les procédés d'épuration du biogaz peuvent être relativement énergivores. Comme il existe un souci global d'équilibre énergétique et d'excédent énergétique, une grande partie des travaux est axée sur cet aspect.

Le digestat produit après déshydratation et pré-séchage est traité sur un réacteur de valorisation thermique. La possibilité est laissée, sur cette étape de traitement, de travailler sur deux hypothèses : l'hypothèse de la pyrolyse pour produire un syngaz et l'hypothèse - privilégiée dans l'offre initiale - de la torréfaction visant à produire un biochar. Sur ce sujet, le travail s'effectue avec une autre société de CMI Environnement, la société CMI NESA, qui possède des réacteurs capables de faire le travail de torréfaction. Tout l'enjeu est d'adapter ces réacteurs existants au digestat produit lors des essais de méthanisation, en sachant que ce type d'application n'existe pas à ce jour.

La récupération du phosphore et de l'azote sont deux sujets relativement matures dans certains cas, mais qui méritent malgré tout de vrais essais et un vrai travail d'optimisation. Ce sont deux procédés qui ont des coûts opératoires élevés, notamment énergétiques, également en termes de réactifs. Tout le travail que nous menons pour le phosphore, avec notre partenaire français, une PME française, la société Naskeo, est un travail d'optimisation : adapter un procédé qui existe déjà au traitement de cette phase liquide issue de ce digestat nouveau avec cet objectif de réduire les coûts opératoires.

La démarche est similaire sur l'étape de valorisation. Il est envisagé de valoriser le phosphore sous forme de struvite et l'azote sous forme de sulfate d'ammonium. Un travail est fait sur les essais laboratoire avec une autre société du groupe CMI, qui est la société CMI Europe Environnement, qui a déjà installé de nombreuses unités de récupération du phosphore de par le monde, en utilisant la technologie du stripping d'ammoniac. Une fois de plus, la problématique des coûts opératoires est au cœur des essais menés pour réduire les consommations de réactifs et réduire le coût énergétique de cette étape.

À ce stade, après plusieurs mois de travail enrichissant, il n'y a pas de verrous technologiques identifiés par rapport à la solution technologique imaginée, d'où l'optimisme sur le fait qu'il n'y aura pas de verrous technologiques qui apparaîtront. A été mis en évidence, à travers des essais effectués, le réel et fort intérêt qu'il y a à cométhaniser les boues des eaux usées, la fraction organique résiduelle et le fumier équin. C'était l'idée de base mais encore fallait-il démontrer cet intérêt.

Quant au partenariat de l'innovation, ce format nouveau s'est clairement avéré être un formidable vecteur d'accélération du développement notamment pour les entreprises du groupement grâce à la collaboration très étroite qui est née et qui continuera à vivre avec les partenaires des laboratoires universitaires.

L'ambition n'est pas d'aller vers une simple unité de méthanisation. Elle est d'aller vers une solution complète, innovante, productrice d'énergie visant, ce qui est pour nous quelque chose de fondamental, à la conversion de déchets en produits. Pour finir, une citation de Charles Baudelaire dans *Les Fleurs du Mal* : « *Tu m'as donné ta boue et j'en ai fait de l'or* ». Il n'y a aucune ambition à se lancer dans l'alchimie, mais une ambition très forte, particulièrement d'actualité, de s'engager dans cette conversion des déchets en produits.

*« Les premières conclusions que nous pouvons tirer après environ 7 mois de travail très enrichissants, c'est qu'à ce stade, par rapport à la solution technologique que nous avons imaginée, nous n'identifions pas de verrous technologiques. »*

# Temps d'échanges

## Les groupements non-retenus pourront-ils utiliser leurs résultats sur d'autres marchés ou continuer de développer ces expériences ?

**Olivier BERNAT** : Tous les essais menés sont très enrichissants pour les entreprises et pour le maître d'ouvrage. Le cadre en termes de propriété industrielle a été longuement discuté et est clair. La gestion des avancées qui pourraient être effectuées par des groupements, qui ne seraient pas retenus in fine, est prévue dans le contrat avec le Sycotm et le SIAAP.

**Patrice TOCHON** : La mission du CEA est de développer des technologies génériques qui puissent être au service du plus grand nombre, ici dans le domaine de l'énergie. La technologie prévue est une technologie qui a déjà été développée dans d'autres cadres et qui sera améliorée, valorisée et augmentée en TRL au travers des intrants actuels. Le futur est toujours construit sur les enseignements des études antérieures, et, quoi qu'il arrive, la technologie bénéficiera de ces travaux-ci. S'il est possible d'aller à l'échelle industrielle, ce sera une vraie valorisation.

**Rainier SAVRE** : La recherche et développement est permanente au sein de VINCI Environnement. Il y aura un effet apprentissage dans tout ce qui sera étudié avec les partenaires du CEA. Si des idées intéressantes ressortent de ces études, elles seront analysées pour voir de quelle manière il est possible de les exploiter.

**Patricia CAMACHO** : Dans le cadre de ce programme de recherche et de développement, il peut y avoir des recherches et des résultats qui sont fortement intéressants. Même si le groupement n'est pas retenu, de nouvelles approches vont apparaître.

**Cyril ROGER-LACAN** : Les connaissances scientifiques acquises dans le projet serviront dans tous les cas. Aussi, le travail collaboratif qui s'est aujourd'hui mis en place avec les industriels profitera certainement au groupement sur d'autres domaines d'application. Un travail est déjà mené sur des thématiques différentes avec ces mêmes partenaires qui collaborent 7 mois. Cela va au-delà du stade collaboratif car une relation de confiance est née sur des thématiques globales dans le domaine de l'environnement.

**Martial LORENZO** : Pendant des années, la recherche sur traitement des ordures ménagères était réduite. Une telle motivation chez les groupements titulaires est très satisfaisante. En effet, l'un des objectifs de ce travail commun est bien de faire émerger des solutions nouvelles, des briques de technologies nouvelles dans tous ces domaines qui étaient tout de même peu intéressants, ou en tout cas auxquels peu de personnes s'intéressaient.

## Qu'est-ce que la digestion bi-étagée et pourquoi l'avoir choisie ?

**Olivier BERNAT** : L'idée n'est pas d'avoir un seul réacteur dans lequel les étapes se succèdent dans la même cuve, mais d'avoir deux réacteurs en série. Le premier est thermophile, à 55 degrés, et a pour objet de casser la matière première et de générer essentiellement des acides gras volatils, qui sont la nourriture première des bactéries méthanogènes. Ensuite, dans une deuxième étape mésophile à 35 degrés, ces acides gras volatils sont digérés et transformés en méthane. L'intérêt est d'avoir un temps de séjour très court pour le réacteur thermophile, de l'ordre de 2 à 3 jours ; et un temps de séjour un peu plus long, de l'ordre d'une dizaine de jours pour le réacteur mésophile. Cela permet un gain de temps et une meilleure conversion du carbone.

## Quels sont les critères qui permettraient de dire que le projet n'est plus valable, qu'il est trop cher, ou qu'il n'est pas faisable ?

**Martial LORENZO** : Si la réussite était assurée, le partenariat d'innovation n'aurait pas eu d'intérêt. D'abord, les deux meilleurs groupements titulaires seront choisis en fonction des critères et objectifs inscrits dans le cahier des charges. Ensuite, il faudra passer au stade du pilote : ce qui fonctionne parfois en laboratoire peut poser des problèmes d'industrialisation, de mises au point. Le partenariat d'innovation s'inscrit dans cette démarche. C'est donc en fonction des résultats que seront décidés par les deux syndicats qui se sont associés la poursuite ou non de ce dispositif. L'impact sur les finances publiques est un élément déterminant, l'augmentation de la taxe d'enlèvement des ordures ménagères ou de la redevance étant un sujet d'attention particulier pour les élus du Sycotm.

## **Quel serait le bilan énergétique de la gazéification en eau supercritique ? D'où viendrait l'eau utilisée dans le réacteur ?**

**Patrice TOCHON** : L'eau récupérée après séparation des gaz serait réutilisée dans le réacteur. En gazéification supercritique, sur les intrants déjà testés, les taux d'humidité étaient plus importants que les taux actuels. Il est donc possible de réhumidifier les intrants, en boucle fermée pour ne pas avoir de consommation d'eau. Concernant l'efficacité énergétique de l'ensemble, tout repose premièrement sur la récupération d'énergie des gaz sortants permettant de chauffer le réacteur. Deuxièmement, il s'agit d'utiliser l'hydrogène produit pour faire de l'apport. D'après les premiers calculs, avec 50 % d'efficacité énergétique globale sur cet appareil, le système s'auto-entretient. L'objectif est tout de même de produire chaleur et gaz. L'état de l'art sur la gazéification en eau supercritique montre que nous arrivons à atteindre 70 % d'efficacité énergétique. Il reste à faire la démonstration avec les intrants du projet Cométhà.

## **Comment la variabilité des intrants est-elle prise en compte par les groupements titulaires ? Les solutions proposées sont-elles robustes par rapport à cette variabilité ?**

**Olivier BERNAT** : C'est effectivement un paramètre important, même si, compte tenu de l'importance du gisement, il est possible d'imaginer une certaine stabilité dans l'approvisionnement. L'installation industrielle qui sera construite est faite pour durer des dizaines d'années. Elle doit, dans la conception des choses poursuivies, être adaptable et capable de faire face à des variations de quantité et de qualité des intrants. C'est un élément qui a été fondamental dans la construction de l'ensemble cohérent qui est proposé, et qui a présidé à certains des choix qui ont été faits, sur, par exemple, la digestion bi-étagée. C'est au cœur de la réflexion, ne serait-ce que pour garantir au Sycotom et au SIAAP la pérennité de ces installations.

**Rainier SAVRE** : Depuis plusieurs décennies, Kompogas® conçoit des digesteurs qui prennent en compte la variation des décompositions par fraction, parce que dans les habitudes des ménages, il y a toujours ce changement, cette variabilité, cette saisonnalité dans les compositions. Il y a aussi une hétérogénéité du produit, ce qui est le problème le plus complexe à régler, tout au moins en phase de prétraitement. Les digesteurs Kompogas® sont dimensionnés depuis longtemps pour pouvoir justement absorber ces saisonnalités, ces variabilités. Il y a beaucoup de sécurité, du fait que plusieurs types de produits ont déjà été traités.

**Cyril ROGER-LACAN** : Dans le cas présent cas, la variabilité des intrants est intégrée à la fois dans les arborescences de solutions imaginables pour le prétraitement, en fonction de la nature des intrants. Ce n'est pas une filière mixte, c'est un regroupement de procédés et, même quand le maître d'ouvrage aura fait ses choix, l'ensemble des procédés qui formera l'installation aura sa flexibilité propre, la stabilité des intrants restant un enjeu en matière de méthanisation. Une question se pose avec le projet Cométhà : les intrants méthanogènes ne sont pas connus précisément, ils ne le seront qu'au moment où l'ouvrage sera construit. Les essais et certaines formes de méthaniseur ont été privilégiés pour y faire face.

**Marlène CHOO-KUN** : Les saisonnalités et la variation des intrants, dans les métiers de l'eau, sont des enjeux connus, avec par exemple, dans des endroits touristiques, des stations d'épuration qui doublent voire triplent leur charge. L'enjeu est similaire pour les digesteurs. Il y a donc une habitude à gérer les dimensionnements en fonction de ces saisonnalités. Il faut aussi savoir qu'un cométhà a un temps de séjour relativement long à l'échelle des procédés biologiques habituels, d'environ 20 jours. Le digesteur a tout de même un fort pouvoir tampon et sa biologie est solide tant que ne sont pas insérées des choses très polluantes, toxiques.

**Martial LORENZO** : L'adaptabilité fait partie du choix pour départager les groupements titulaires. Les boues de station d'épuration fluctuent aussi certainement un peu. La composition des ordures ménagères, avec toutes les dispositions prises pour les diminuer, pour éviter le gaspillage, varie beaucoup.

## Conclusion de la Matinée technique



CARINE MORIN-BATUT  
DIRECTRICE GÉNÉRALE DE L'ASTEE,  
ANIMATRICE DE LA MATINÉE TECHNIQUE

Le partenariat d'innovation est un nouvel objet peu utilisé dans les domaines de l'eau et des déchets, et pour lequel les évolutions et limites sont encore inconnues. Il y a une première phase, éventuellement une deuxième phase puis une troisième phase. Ce qui est certain, c'est que des avancées seront faites au travers de ce partenariat d'innovation. Dans un an, la première phase sera terminée. Il y aura des résultats, plus d'informations, plus d'éléments d'analyse sur les différentes propositions qui seront testées et optimisées.

Finalement, le partenariat d'innovation est une manière officielle et transparente de financer de la recherche, avec un objectif partagé. Les entreprises, qu'elles soient petites ou grandes, ou les universités avec tous leurs partenaires, des centres de recherche, ont déjà fait un bout de chemin : elles ont déjà des connaissances qui leur sont propres. La maîtrise d'ouvrage joue un rôle de contributeur à ces travaux de recherche, elle les accompagne sur un petit morceau de chemin, qui sera plus ou moins long en fonction des titulaires, parce qu'il n'y en aura qu'un à la fin, s'il y en a un.

*« J'ai apprécié tout à l'heure de voir que nous avons presque autant de personnes de l'eau que de personnes des déchets. C'est vraiment le chemin qu'il faut que nous poursuivions ensemble. Créer des synergies, mutualiser nos forces, vos forces, et faire en sorte que nous puissions avancer en décloisonnant au maximum. »*

C'est aussi la première fois qu'un projet avec une telle capacité de recherche émerge et que cette capacité d'innovation est mise en œuvre. Il est à espérer que le projet Cométhà donne des envies à d'autres maîtres d'ouvrage de se lancer dans ce partenariat d'innovation.

Le projet Cométhà démontre par ailleurs la pertinence et l'intérêt de créer des synergies entre les mondes des déchets et de l'eau. Ce chemin doit être poursuivi : créer des synergies, mutualiser les forces et faire en sorte que les choses avancent en décloisonnant au maximum.

Il s'agit également d'une belle démonstration technique. Le cahier des charges est simple, parce qu'il se résume en quelques phrases, mais très compliqué dans la façon de réussir à atteindre ces objectifs. Sur la base d'une question, il est possible d'avoir au moins quatre approches techniques complètement différentes, avec des spécificités très fortes, des partis pris, des choix. Par la suite, les niveaux de performance promis seront démontrés. C'est quelque chose d'extrêmement intéressant et c'est ce qui donne encore plus de sens au choix qu'ont fait le SIAAP et le Sycdom de ce partenariat d'innovation.

Il reste à souhaiter aux représentants des titulaires un an de recherche et développement fructueux !



**Contacts :**

---

Sylvie Mariaud,  
Relations Collectivités locales et Presse  
0140 134084  
mariaud@sycotom-paris.fr

Laurence Pellisson-Demoulin,  
Direction de la Communication  
et des Relations internationales  
0144 754412  
laurence.pellisson-demoulin@siaap.fr

