

cométha

Partenariat d'innovation

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

DOSSIER DE L'APRÈS-MIDI TECHNIQUE 2025



l'agence
métropolitaine
des déchets
ménagers



FICHE 1

Cométha : ses raisons d'être

FICHE 2

Un partenariat d'innovation inédit dans les secteurs des déchets et de l'assainissement

FICHE 3

L'historique de Cométha

FICHE 4

L'unité pilote de Seine Grésillons

FICHE 5

L'unité pilote de Seine Valenton



PETIT LEXIQUE DE COMÉTHA...

La **MÉTHANISATION** est un processus biologique de dégradation de la matière organique en absence d'oxygène, permettant de produire du biogaz et du digestat. Le **BIOGAZ** est un produit gazeux essentiellement composé de méthane et de dioxyde de carbone. Une fois épuré, il forme du **BIOMÉTHANE** (constitué à plus de 97 % de méthane) qui peut être injecté dans le réseau de distribution de gaz naturel ou utilisé comme carburant pour certains véhicules. Le **DIGESTAT** est un produit pâteux humide résultant de la méthanisation. Composé de matière organique non-dégradée par la méthanisation et de matières minérales, il est riche en **AZOTE** et en **PHOSPHORE**, deux nutriments essentiels à l'agriculture. Dans le cas de Cométha, le digestat est transformé au moyen de **TRAITEMENTS THERMOCHIMIQUES** (pyrolyse, gazéification). Ces procédés permettent - sous action de la chaleur et/ou de la pression, et sous atmosphère contrôlée en oxygène - de transformer une partie du digestat en **SYNGAZ** (gaz de synthèse), essentiellement composé de dioxyde de carbone, de monoxyde de carbone, d'hydrogène et de méthane. Ce gaz de synthèse peut être valorisé pour produire de la chaleur ou bien converti en méthane grâce à la **MÉTHANATION**.

Cométha est mis en œuvre dans le cadre d'un **PARTENARIAT D'INNOVATION**, une procédure favorisant la recherche, au service de l'action publique. Il est organisé en plusieurs phases. La **PHASE 1** a permis une caractérisation des intrants, la recherche et la validation en laboratoire des solutions techniques envisagées et l'étude d'unités pilotes. La **PHASE 2** a permis la construction et l'exploitation de deux **UNITÉS PILOTES**, des installations industrielles de taille réduite qui permettent de confirmer la faisabilité de ce qui a été imaginé en laboratoire et d'évaluer les performances qu'il est réellement possible d'atteindre, dans des conditions s'approchant le plus possible de celles d'une unité industrielle.

1 Cométha : ses raisons d'être

Cométha est le projet commun du Syctom et du SIAAP pour le traitement des déchets organiques solides et liquides. Son ambition : contribuer directement à l'atteinte d'objectifs internationaux, nationaux et régionaux, en recherchant une production optimisée de biométhane, au moyen de solutions technologiques innovantes et respectueuses de l'environnement.

AUX ORIGINES DU PROJET : LA RECHERCHE D'UNE SOLUTION DE TRAITEMENT COMMUN, DURABLE ET PERFORMANT

Le Syctom et le SIAAP assurent des missions de service public auprès de plusieurs millions de Franciliens : le traitement des déchets ménagers et des eaux usées. Dans leurs stratégies industrielles, ils poursuivent plusieurs objectifs :

- >> **garantir la continuité des services publics**, en proposant des installations adaptées à la nature et au volume des déchets réceptionnés, tout en tenant compte de l'évolution du contexte réglementaire ;
- >> **construire des outils industriels toujours plus performants**, en exploitant des technologies respectueuses de l'environnement ;
- >> **multiplier les synergies entre les acteurs**, pour une action publique efficace ;
- >> **contribuer à la transition énergétique**, en maximisant la valorisation des déchets solides et liquides.



l'agence
métropolitaine
des déchets
ménagères

Le Syctom est le premier opérateur public européen de traitement et de valorisation des déchets ménagers, avec un territoire de près de 5,7 millions d'habitants. Créé en 1984, il regroupe aujourd'hui 81 communes en Île-de-France, réparties dans 11 territoires adhérents. Le Syctom a traité en 2024 environ 2,2 millions de tonnes de Déchets ménagers et assimilés (DMA) dans ses installations de valorisation énergétique, de transfert et de tri.

Service public responsable, le Syctom prend toute sa part dans la construction d'une ville durable, respectueuse de son environnement et de ses habitants. Il agit en faveur du développement durable, pour réduire les quantités de déchets, améliorer leur valorisation et préserver les ressources naturelles. Le Syctom allie performance industrielle, innovation et exemplarité environnementale pour mener sa mission de service public au cœur de la métropole.

Pour augmenter les performances de valorisation, dans un cadre réglementaire de plus en plus exigeant, le Syctom met l'accent sur l'innovation. En développant des projets de R&D et des partenariats, il participe à la transition énergétique de nos sociétés, en faveur d'une croissance verte.

Pour en savoir plus :

<https://www.syctom-paris.fr/engagements/innovations.html>



Service public de l'assainissement francilien

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 plus de 9,2 millions d'habitants. Une fois transportés vers l'une de ses 6 usines de traitement des eaux usées, tout au long d'un réseau de 480 kilomètres de canalisations, 2,5 milliards de litres d'eaux usées sont dépollués, chaque jour, avant d'être rejetés dans la Seine et dans la Marne, permettant ainsi le maintien du bon état écologique des eaux et la préservation de la biodiversité.

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, protection des milieux naturels, anticipation des évolutions aussi bien climatiques que démographiques.

Le SIAAP est engagé dans un plan stratégique industriel de long terme visant à assurer la performance, la robustesse et la résilience du système d'assainissement. Il apporte une réponse efficace aux exigences réglementaires, territoriales et climatiques, en cohérence avec la stratégie de sécurisation industrielle des sites et les ressources humaines et financières disponibles.

Pour en savoir plus :

<https://www.siaap.fr/le-siaap/missions/presentation/>

<https://www.siaap.fr/le-siaap/schema-directeur-industriel/>



UN DÉFI PARTAGÉ : VALORISER DES DÉCHETS À FORTE TENEUR EN MATIÈRE ORGANIQUE

CométhA vise le **développement de solutions innovantes et coordonnées** pour le traitement commun de déchets solides et liquides qui ont pour points communs une forte teneur en matière organique et des inconnues quant à leur traitement.

Sur le territoire du Sycatom, la **Fraction organique résiduelle (FOR) représente 30 à 40 % des ordures ménagères**. L'obligation de développer le tri à la source des biodéchets pour permettre un retour au sol soit de

digestats soit de composts de bonne qualité, réduira de fait la part de la matière organique présente dans les ordures ménagères. En attendant que 100 % des biodéchets soient captés, des solutions de traitement complémentaires sont à imaginer pour valoriser cette matière organique.

Le SIAAP, quant à lui, doit prendre en compte l'avenir incertain des **boues issues de stations d'épuration urbaines**, dont le retour au sol pourrait être remis en cause. De nouvelles contraintes pourraient être imposées à l'épandage et au compostage. S'ajoute à ces contraintes l'éloignement de plus en plus important des sites de valorisation.

LES OBJECTIFS DE COMÉTHA

Cométha vise à **offrir un terrain d'expérimentation pour de nombreux procédés et pratiques d'avenir** dans le traitement des déchets et l'assainissement des eaux usées : la cométhanisation, les procédés de traitement thermiques alternatifs à l'incinération, la méthanation et les solutions de récupération des nutriments (azote et phosphore).

Le projet Cométha ambitionne ainsi de construire des connaissances et des expériences :

- >> sur les valorisations matière et énergétique possibles de ce qu'il restera après la mise en place du tri à la source des déchets alimentaires ;
- >> sur les procédés d'extraction possibles de l'azote et du phosphore présents dans les boues, la FOR, le fumier ou les graisses ;
- >> sur la pertinence de travailler avec des mélanges d'intrants pour l'optimisation des valorisations matière et énergétique.

LES ACTEURS DU PARTENARIAT D'INNOVATION

Au-delà de la maîtrise d'ouvrage et des groupements titulaires du partenariat d'innovation, le projet Cométha mobilise de nombreux intervenants.

Un partenariat avec le SMET 71 et le SMITVAD pour la fourniture de fraction organique résiduelle

Le Syctom et le SIAAP ont fait appel à des partenaires pour fournir la FOR nécessaire aux essais :

- >> En phase 1, les groupements titulaires ont utilisé une fraction organique résiduelle issue de l'unité de tri-méthanisation-compostage Ecocea du **SMET71** à Chagny. Le SMET71 est l'établissement public chargé du traitement des déchets des 360 000 habitants de l'est de la Saône-et-Loire et du sud de la Côte d'Or, soit 9 collectivités et 343 communes. Ecocea traite 70 à 75 000 tonnes d'ordures ménagères résiduelles chaque année et injecte 24 GWh/an de biométhane sur le réseau ;
- >> En phase 2, les unités pilotes sont approvisionnées en fraction organique résiduelle de l'unité de tri-méthanisation-compostage du **SMITVAD**, à l'E'Caux Pôle de Brametot. Le SMITVAD est un syndicat mixte qui regroupe 183 communes du Pays de Caux, en Seine-Maritime. Il gère le traitement des ordures ménagères et déchets assimilés de 89 000 habitants. L'E'Caux Pôle traite 30 000 tonnes d'ordures ménagères résiduelles chaque année, et produit environ 8 000 tonnes de compost et 2 à 3 000 MWh d'électricité.

L'assistance à maîtrise d'ouvrage :

Pour conduire le partenariat d'innovation et bénéficier de conseils dans des domaines très précis et assez inédits pour eux, le Syctom et le SIAAP sont entourés de plusieurs assistants à maîtrise d'ouvrage.

setec, société d'ingénierie française fondée en 1957, d'envergure nationale et internationale, regroupe plus de 4 000 collaborateurs en France et à l'étranger. Totalement indépendante, son capital est détenu par ses dirigeants et ses principaux ingénieurs. La vocation du groupe est le conseil, l'assistance à maîtrise d'ouvrage et la maîtrise d'œuvre dans le domaine de l'aménagement du territoire. La liberté apportée par son actionnariat et sa clientèle sous-tend deux principes déontologiques du groupe : l'impartialité et l'indépendance du jugement. La société est organisée en filiales à l'échelle humaine qui favorisent la responsabilité et la motivation des équipes. Sur le partenariat d'innovation Cométha, deux filiales de setec sont intervenues :

>> **setec énergie environnement**, spécialisée depuis près de 40 ans dans les métiers de l'énergie et de l'environnement, intégrant la valorisation des déchets et la gestion environnementale des projets en milieu urbain. Sa stratégie repose sur l'innovation et sur une approche systémique entre l'énergie et l'environnement. La société associe ainsi une expertise pointue dans les grands projets pour proposer aux maîtres d'ouvrage une approche novatrice de leurs territoires et de leurs équipements ;

>> **setec hydratec** est un bureau d'études technique de 220 personnes œuvrant dans tous les domaines de l'ingénierie de l'eau : traitement des eaux, hydraulique urbaine, environnement industriel, hydraulique fluviale, hydraulique maritime, hydrogéologie, ressource en eau.

Sensei avocats assure l'assistance à maîtrise d'ouvrage juridique du projet Cométha. Spécialiste de la sphère publique depuis plus de 40 ans, Sensei Avocats (ex Sartorio Avocats) est une référence incontestable et incontournable en droit public, pour les acteurs privés et publics, en particulier pour les accompagner à l'occasion de leurs grands projets.

Parimage est spécialisée dans l'accompagnement des projets d'infrastructures et d'équipements, notamment industriels, depuis leur genèse jusqu'à leur mise en service. L'agence assure une mission d'assistance à maîtrise d'ouvrage en concertation et communication sur le projet Cométha.

En complément, le Syctom et le SIAAP ont fait appel aux sociétés :

- >> **Benech**, spécialiste en conseils en propriété industrielle ;
- >> **Ecogeos**, société d'expertise et de conseil appliqués aux installations et équipements, qui a réalisé les prélèvements d'intrants et les livraisons en phases 1 et 2.

cométha

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



www.cometha.fr

2 Un partenariat d'innovation inédit dans les secteurs des déchets et de l'assainissement

Au regard de leurs attentes en matière d'innovation, le Syctom et le SIAAP ont retenu une forme particulière de marché public pour la mise en œuvre de Cométhà : le partenariat d'innovation. Il met en compétition plusieurs groupements, dans un cadre propice aux travaux de recherche et de développement, permettant l'émergence de solutions innovantes.

LE PRINCIPE DU PARTENARIAT D'INNOVATION

En l'absence d'idées préconçues sur les filières de traitement à mettre en place et sur les technologies à tester, le Syctom et le SIAAP ont souhaité solliciter les entreprises - grandes et petites, les laboratoires et les universités. Dans cette perspective, la procédure de partenariat d'innovation leur est apparue comme la plus adaptée pour répondre aux objectifs du projet Cométhà.

Cette procédure permet la création d'un **cadre propice aux travaux de recherche et de développement**, au bénéfice de tous :

- >> les groupements titulaires sont rémunérés pour leurs travaux et reçoivent les moyens nécessaires à leurs recherches ;
- >> 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.

UNE RÉPONSE OPÉRATIONNELLE À LA NÉCESSAIRE COLLABORATION ENTRE SERVICES PUBLICS

La coopération est un des trois enjeux majeurs de l'Agenda 2030 de l'ONU. Le Syctom et le SIAAP, qui n'en sont pas à leur première collaboration, sont convaincus de **l'utilité de mettre en commun savoir-faire, expertises, performances et projets**. Le partenariat d'innovation renforce la collaboration entre les deux opérateurs, au bénéfice des usagers et de la recherche.

Dans cet esprit de collaboration, le Syctom et le SIAAP souhaitent que les réflexions menées dans le cadre du partenariat d'innovation puissent profiter à l'ensemble des acteurs des filières de l'eau, des déchets et de l'énergie.

Le partenariat d'innovation est une procédure très novatrice pour le Syctom et le SIAAP, plus habitués à des formes « classiques » de marchés publics. Le partenariat d'innovation constitue un dialogue ouvert, continu et itératif avec les groupements titulaires. La maîtrise d'ouvrage doit parvenir à trouver un équilibre entre l'ouverture nécessaire à l'expression des idées et l'orientation des travaux vers les solutions les plus intéressantes à mettre en œuvre sur leurs territoires.

Cela représente une très belle opportunité de travailler avec des structures de plus petite taille, qui ne sont pas toujours en mesure d'accéder à la commande publique. À ce titre, le Syctom et le SIAAP se félicitent d'avoir échangé avec des groupements très différents et pluriels, ce qui a permis l'émergence d'approches diversifiées et de propositions très innovantes.

Le partenariat d'innovation constitue ainsi une réponse idéale à 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.

cométha

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



www.cometha.fr

3

L'historique de Cométha

Le Sycotm et le SIAAP ont opté pour un partenariat d'innovation en deux phases. Depuis 2018, ils sélectionnent progressivement les projets qui paraissent les plus prometteurs et qui correspondent le plus à leurs attentes. Retour sur l'historique du projet Cométha.

2018-2019 / PHASE 1 : RECHERCHES ET ESSAIS

L'aventure commence en 2015. La matière organique fédère autour d'elle les deux maîtres d'ouvrage qui à leur tour rassemblent autour d'eux des assistants à maîtrise d'ouvrage techniques, juridiques, spécialistes de la concertation et de la communication ou encore expert en propriété industrielle.

En 2018, quatre équipes - alliant ingénierie, opérateur et laboratoire de recherche - sont sélectionnées : deux équipes françaises et deux européennes.

Sur le plan technique, la Phase 1 se révèle être un véritable lieu d'apprentissage : **l'approche multisectorielle fait émerger des idées et confirme l'intérêt de Cométha**. En particulier, la Phase 1 :

>> **apporte une démonstration réussie pour la cométhanisation**, avec l'optimisation de technologies et l'ajout de procédés de pré-traitement des intrants afin d'améliorer leur potentiel méthanogène ;

>> ouvre de nouvelles perspectives pour la valorisation du digestat issu de méthanisation, via les **traitements thermochimiques** : torréfaction, pyrolyse, carbonisation hydrothermale et gazéification ;

>> permet d'expérimenter et de faire progresser la méthanation, ainsi que de **maximiser la production de gaz renouvelable à partir de syngaz** ;

>> s'intéresse à la **récupération des nutriments**, la fraction organique résiduelle comme les boues des eaux usées étant riches en phosphore et en azote.

Sur le plan scientifique, la Phase 1 conduit au **dépôt de plusieurs brevets**, notamment sur la préparation des intrants avant méthanisation, les procédés thermo-chimiques et les processus d'extraction de phosphore et de nutriments.

LES QUATRE GROUPEMENTS TITULAIRES ENGAGÉS EN PHASE 1



2020-2025 / PHASE 2 : CONCEPTION, CONSTRUCTION ET EXPLOITATION DES UNITÉS PILOTES

À l'issue d'une Phase 1 riche d'enseignements, deux groupements ont été sélectionnés par le Sycotom et le SIAAP pour participer à la Phase 2 :

- >> un premier conduit par le groupe européen John Cockerill (représenté par ses sociétés CMI Proserpol, CMI Europe Environnement et NESAs), associé à la société française Sources, constructeur français d'usines de traitement des eaux. Les deux sociétés travaillent avec deux partenaires académiques : l'école d'ingénieurs UniLaSalle Beauvais et l'Université de technologie de Compiègne (UTC) ;
- >> un second conduit par la société allemande GICON et l'entreprise française France Biogaz, concepteur et constructeur d'installations de méthanisation, associée à la société franco-allemande Tilia, spécialiste du pilotage de projets énergétiques. Le groupement compte par ailleurs deux instituts de recherche allemands, le Deutsche Biomasse Forschung Zentrum (DBFZ) et le Fraunhofer IGB.

Lors de la Phase 1, les deux groupements ont imaginé des filières de traitement très différentes, mais avec les points communs suivants : l'utilisation d'un mélange inédit de déchets organiques solides et liquides, la production de biogaz, au travers de l'optimisation de la méthanisation et/ou d'autres technologies de production, la réduction du volume de sous-produits solides au moyen de procédés thermochimiques, la récupération de nutriments (azote et phosphore).

Après quelques mois de définition des caractéristiques des unités pilotes, les travaux de construction sur les sites du SIAAP ont commencé en 2021 à Seine Grésillons et à Seine Valenton. Début 2024, la mise en service de l'unité pilote Seine Grésillons commence. Quelques mois plus tard, c'est au tour de l'unité pilote Seine Valenton.

LIVRET MÉMOIRE COMÉTHA PHASE 1

En 2023, le Sycotom et le SIAAP publient le Livret mémoire de la Phase 1 de Cométhà. Proposant un récit technique et abondamment illustré des travaux menés entre 2018 et 2020, le Livret mémoire revient sur tous les apports du projet sur les plans scientifique, technologique, institutionnel et humain.



cométhà

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



www.cometha.fr

L'unité pilote Seine Grésillons

GICON®
Bioenergie GmbH


france**biogaz**

 **Fraunhofer**
IGB

 **tilia**

Sur le site du SIAAP Seine Grésillons, dans les Yvelines (78), le groupement franco-allemand Gicon / Fraunhofer IGB / France Biogaz / Tilia exploite une unité pilote faisant la part belle aux procédés thermo-chimiques et aux technologies de récupération des nutriments. Composée d'une quinzaine de modules, cette unité pilote modulable est un outil privilégié pour tester de nombreuses combinaisons en vue d'évaluer leur pertinence technico-économique à l'échelle industrielle.

/// Nous avons dès le départ fait le choix de former un groupement alliant d'une part le meilleur de la recherche européenne dans les domaines de la valorisation de la matière organique et d'autre part une expérience opérationnelle éprouvée dans la construction et l'opération d'unités de méthanisation et dans leur optimisation technique et économique. C'est ainsi qu'à vu le jour une véritable équipe franco-allemande qui s'est mobilisée pour concevoir une solution innovante et permettant d'atteindre des performances maximales au regard des objectifs fixés par le Sycotom et le SIAAP. ///





➤ MICROFILTRATION ET RÉCUPÉRATION DE NUTRIMENTS EN ARRIÈRE PLAN (EPHOS®)

➤ RÉACTEUR DE MÉTHANATION BIOLOGIQUE

ENTRÉE DE L'UNITÉ PILOTE :
ZONE DE RÉCEPTION DES INTRANTS



Focus sur...

LA PRÉPARATION DES INTRANTS

L'unité pilote Seine Grésillons s'intéresse à la préparation des intrants (FOR, boues d'épuration, fumier), dans l'objectif d'améliorer la performance de la méthanisation.

Les boues d'épuration font ainsi l'objet d'une **hydrolyse thermique** (TRL 8/9) en amont de la méthanisation. Les boues sont introduites dans un réacteur à moyenne température (135°C) et à haute pression (5,3 bar) pendant 30 à 60 minutes. La relâche de la pression permet de désintégrer les structures cellulaires des intrants. Ce traitement facilite la méthanisation qui suit, en réduisant le temps de séjour (d'environ 50 %) et en augmentant la viscosité du mélange (ce qui facilite son transfert dans les installations). Surtout, l'hydrolyse thermique couplée à cette « **détente flash** » permet d'accroître la production de biogaz et de faciliter la récupération de nutriments comme le phosphore.

LA MÉTHANISATION

La méthanisation se fait par un **digesteur à flux piston en voie sèche** (TRL 9). Le taux de matière sèche y est plus élevé (21-23 %) que dans des digesteurs en voie liquide classique (9-11 %). Les avantages sont les suivants : compacité, sédimentation réduite, temps de séjour optimisés.

Les essais de l'unité pilote Seine Grésillons permettent de vérifier que cette technologie est appropriée au traitement des déchets de Cométha. Jusqu'à présent, les essais révèlent que les performances sont 16 % supérieures à celles attendues en théorie, avec 331 Nm³ CH₄/t MSO (tonne de matière sèche organique).

LES PROCÉDÉS THERMOCHIMIQUES

Le digestat, sous forme de pellets, est introduit dans un réacteur à courant continu et à lit fixe (TRL 8/9), avec de l'oxygène pour la phase de démarrage et de la vapeur d'eau comme agents de **gazéification** (injectés à une température d'environ 1000- 1200°C). Il en résulte un syngaz riche en hydrogène.

Enfin, le syngaz, riche en hydrogène et en dioxyde de carbone, est transformé en méthane, par action bactérienne, dans un réacteur de **méthanation** à une température d'environ 37°C (TRL 6/7).

L'unité pilote Seine Grésillons permet de vérifier, dans des conditions proches de celles d'une unité industrielle, l'opportunité de cet enchaînement innovant de traitements.

LA RÉCUPÉRATION DES NUTRIMENTS

L'unité pilote Seine Grésillons permet l'évaluation de plusieurs technologies de récupération du phosphore et de l'azote :

- > Le **procédé ePhos[®]** (Fraunhofer IGB) (TRL 6/7) permet, par électrolyse, de récupérer l'ammonium (NH_4^+) et le phosphate (PO_4^{3-}), sous forme de phosphate de magnésium et d'ammonium (ou struvite) ;



▲ UNITÉ EPPOS[®] DE RÉCUPÉRATION DU PHOSPHORE ET DE L'AZOTE

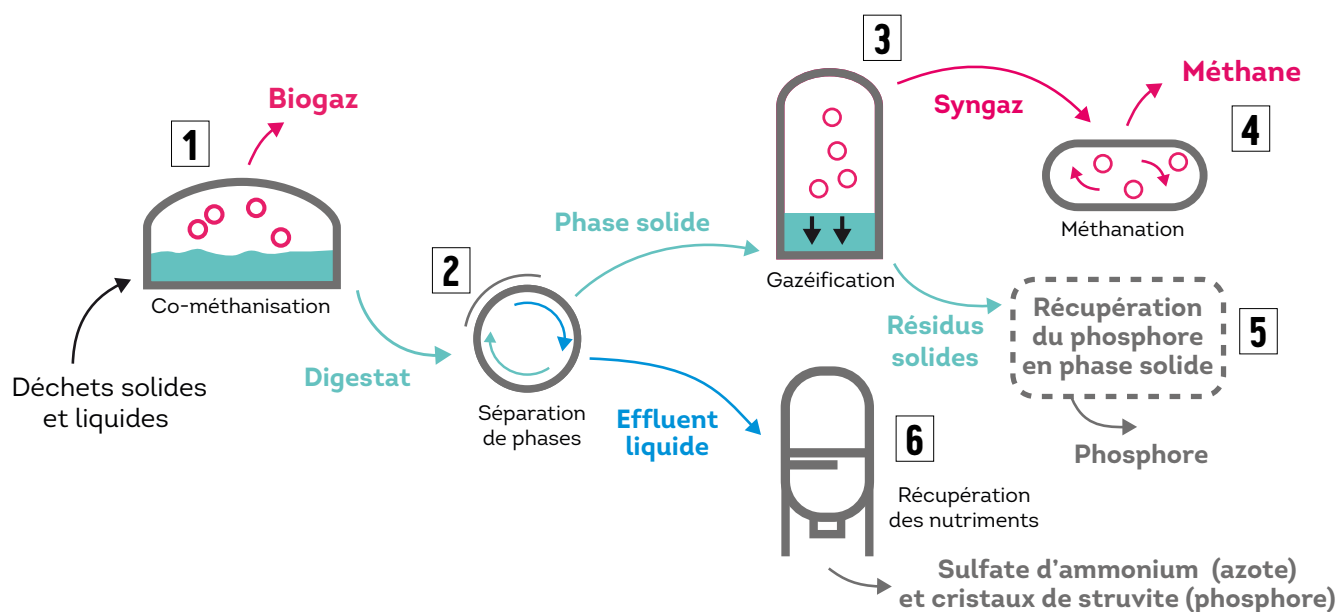
- > La **précipitation chimique humide du phosphore** utilise une base (le sel de magnésium) pour augmenter le pH à un niveau où la précipitation de la struvite est facilitée ;
- > La **technologie AmmoRe** permet de récupérer l'azote sous forme d'ammonium. L'azote est transféré à l'état gazeux à travers une membrane et est ensuite absorbé dans une solution d'acide, ce qui assure que la matière fertilisante soit exempte de contaminants.

UNITÉ AMMORE DE RÉCUPÉRATION DE L'AZOTE ▼



L'unité pilote Seine Grésillons

en bref



1 MÉTHANISATION

La méthanisation est réalisée dans un digesteur à piston horizontal. Il en résulte du biogaz et un produit pâteux, le digestat.

2 SÉPARATION DE PHASES ET PRÉPARATION DE PELLETS

Par action mécanique, le digestat issu de la méthanisation est séparé entre un effluent riche en nutriments et une phase solide. Cette phase solide, après séchage et pressage, forme des pellets.

3, 4 ET 5 TRAITEMENT DE LA FRACTION SOLIDE

Les pellets sont introduits dans un réacteur de gazéification, où ils sont convertis en un syngaz. Une part du mélange gazeux issu de la gazéification fait ensuite l'objet d'un nouveau traitement dans un réacteur de méthanation biologique, qui, grâce à l'action de bactéries, convertit l'hydrogène et une partie du dioxyde de carbone en méthane.

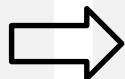
Les résidus solides sont ensuite traités pour en extraire le phosphore.

6 TRAITEMENT DE LA FRACTION LIQUIDE INCLUANT LA RÉCUPÉRATION DES NUTRIMENTS

La fraction liquide est traitée pour récupérer le phosphore et l'azote qui y sont contenus. Plusieurs technologies de récupération de ces nutriments sont expérimentées.

1 100 KG

D'UN MÉLANGE DE FOR,
BOUES, FUMIER



BIOGAZ

ENVIRON 220 MWH
PAR AN (38 000 NM³)

CENDRES

ENVIRON
100 KG PAR JOUR

EAUX DE PROCESS


ENVIRON 1 M³
PAR JOUR


CENDRES


SULFATE D'AMMONIUM
(AZOTE) ET CRISTAUX DE
STRUVITE (PHOSPHORE)
[quantités à déterminer]

Le groupement

GICON® Bioenergie GmbH 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, 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. Le nombre de ses références en installations de méthanisation atteste de sa capacité à apporter au groupement 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.

 **francebiogaz** est spécialisée dans la construction d'installations de méthanisation sur-mesure. L'entreprise propose un large choix de technologies dans le but de s'adapter aux spécificités et exigences de projets agricoles ou industriels. Avec une vingtaine de références construites sur toute la France, elle dispose également d'un nombre important de méthaniseurs qui attestent de la qualité de sa conception.

 **Fraunhofer IGB** est l'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 Cométhà, telle la récupération du phosphore.

 **tilia** entreprise européenne à base franco-allemande, a été créée en 2009, à partir d'une expérience internationale et d'une vision commune de la modernisation des services publics dans tous les domaines liés aux énergies, à l'eau, à l'assainissement, à l'économie circulaire, à l'écomobilité et aux réseaux et territoires intelligents et durables.

Son action vise à permettre aux territoires, communautés urbaines et d'agglomération, métropoles, syndicats départementaux, départements, régions, ainsi qu'aux établissements et entreprises publics, nationaux ou locaux, et aux autres services publics et industriels, de réaliser des transformations et des progrès tangibles dans les domaines des énergies, de l'environnement, de l'eau et des déchets, et des autres services essentiels, tout en améliorant l'efficacité de leurs systèmes de gestion, en coopération avec un large ensemble d'acteurs.

L'entreprise compte aujourd'hui plus de 220 experts et managers et plus de 500 projets de référence, dans les domaines de la maîtrise de la demande et de l'efficacité énergétique, du développement des EnR, de la conception, du développement et de la gestion des réseaux de chaleur, de froid, d'électricité et de gaz, la gestion de l'eau potable et de l'assainissement.



www.cometha.fr

L'unité pilote Seine Valenton



Sur le site du SIAAP Seine Valenton, dans le Val-de-Marne (94), le groupement franco-belge John Cockerill / Sources / UniLaSalle Beauvais / UTC exploite une unité pilote reposant sur trois piliers : la méthanisation bi-étagée, la pyrolyse et la récupération de l'azote. Afin d'évaluer et d'optimiser les performances d'une filière de traitement, les travaux du groupement s'appuient sur les expertises conjuguées d'industriels et d'universitaires.

Depuis le lancement de CométhA, nous avons travaillé quotidiennement au développement de synergies entre le monde industriel et le monde académique. La phase 2 avec notre unité pilote Seine Valenton a démontré l'opportunité d'une collaboration entre nos deux mondes pour élaborer et mettre au point une solution technique alliant l'expertise académique et l'expérience de groupes industriels.





INSTALLATION DE STRIPPING
DE L'AZOTE

AU PREMIER PLAN, LES TOURS DE
DÉSODORISATION ET, AU SECOND PLAN,
L'ÉTAGE MÉSOPHILE DE LA MÉTHANISATION

LES RÉACTEURS D'HYDROLYSE
ET DE DÉTENTE FLASH



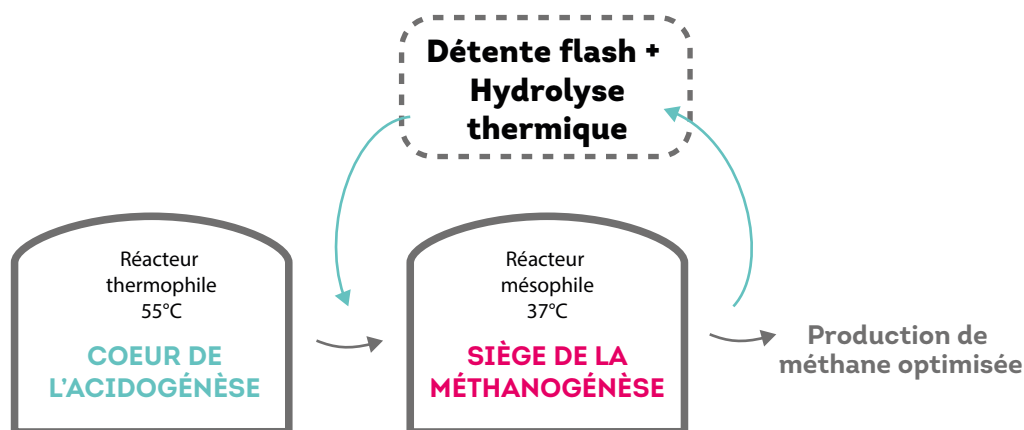
Focus sur...

LA MÉTHANISATION ET L'HYDROLYSE

L'unité pilote Cométha Seine Valenton permet l'essai d'une **méthanisation bi-étagée en voie liquide**. La méthanisation comprend plusieurs réactions qui peuvent se dérouler dans un seul réacteur de méthanisation ou être séparées. Le principe général de la méthanisation bi-étagée est de séparer les deux principales réactions – concurrentes – de la méthanisation, à savoir l'acidogénèse et la méthanogénèse.

Le premier étage fonctionne en conditions dites thermophiles, à pH plus acide qu'un réacteur mésophile et à une température de 55°C permettant le développement d'une population bactérienne favorisant la production d'acide gras volatil. Le temps de séjour y est court. Le second étage fonctionne en conditions dites mésophiles, avec un temps de séjour plus conséquent et une température de 37°C. La méthanogénèse s'y produit pour produire un gaz composé jusqu'à 60 % de méthane. L'unité pilote Seine Valenton permet de vérifier que cette solution est appropriée à la méthanisation du mélange d'intrants de Cométha : en l'état, les résultats démontrent que la méthanisation bi-étagée permet d'obtenir 110 % du potentiel bio méthanogène du mélange FOR/boues d'épuration.

Entre les deux étages, une partie du digestat sortant du réacteur thermophile fait l'objet d'une **hydrolyse** à 140°C sous 4-5 bar de pression, avant détente brutale de la pression et réinjection dans le réacteur mésophile. Cette opération permet d'accroître la disponibilité de la matière organique, et donc le potentiel méthanogène. L'unité pilote permet aussi d'évaluer l'intégration énergétique de cette hydrolyse thermique dans un procédé industriel.



LA PYROLYSE

Pour le traitement final du digestat et la valorisation thermique de la matière organique restante, le groupement a opté pour une **pyrolyse à haute température**.

À l'issue des étapes de déshydratation et de séchage, le digestat est envoyé vers un réacteur à soles multiples de The Nesa Solution®. À l'issue de la pyrolyse, il ne reste donc, en termes de matière solide, que les matières minérales contenues initialement dans les intrants, ainsi qu'une quantité de carbone résiduelle marginale (< 2 %).

L'un des atouts du réacteur à soles multiples est de permettre un échauffement progressif de la matière, avec un parfait contrôle de la température sole par sole. Il est donc particulièrement bien adapté pour se prémunir d'un phénomène de fusion des cendres, mais aussi si l'on souhaite réaliser une pyrolyse partielle de la matière dans les étages supérieurs pour obtenir un gaz valorisable.

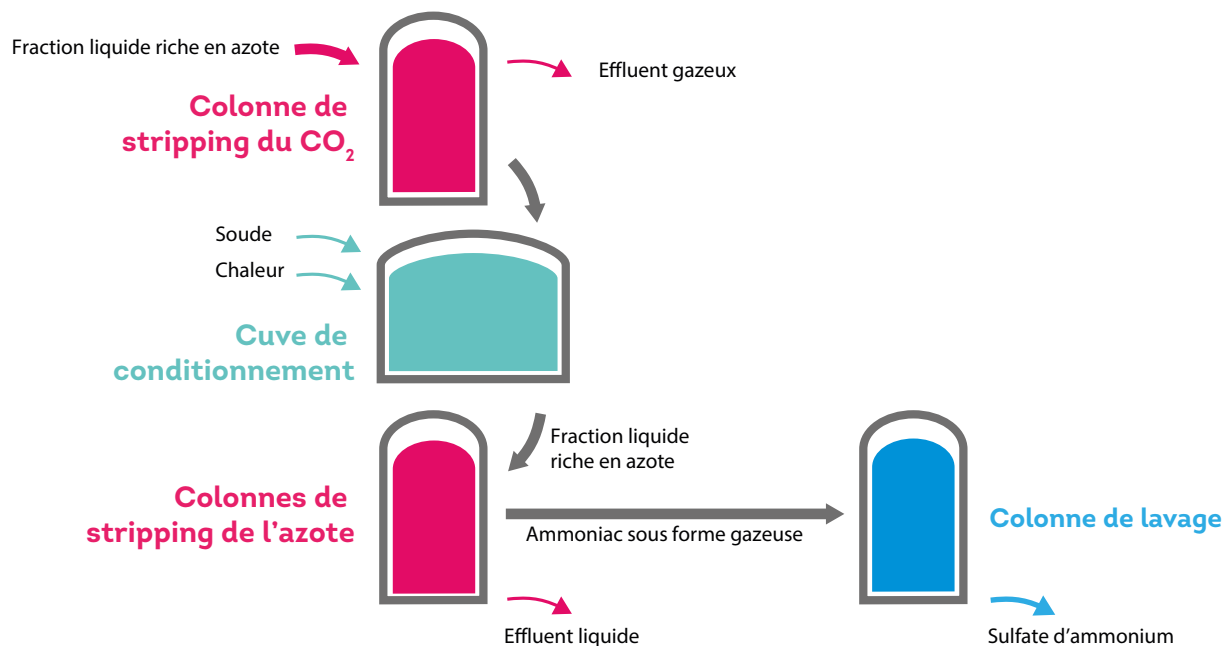
Ce gaz de pyrolyse est, dans le cas de Cométhà, valorisé dans une **chambre de post combustion** à 850°C. Bien que la récupération d'énergie au niveau de cette chambre de post combustion ne soit pas mise en oeuvre avec l'unité pilote, des mesures précises sont réalisées.

En sortie du réacteur se retrouvent des cendres riches en phosphore (10 %) et sa récupération est étudiée en vue d'une intégration énergétique à échelle industrielle.

LA RÉCUPÉRATION DE L'AZOTE

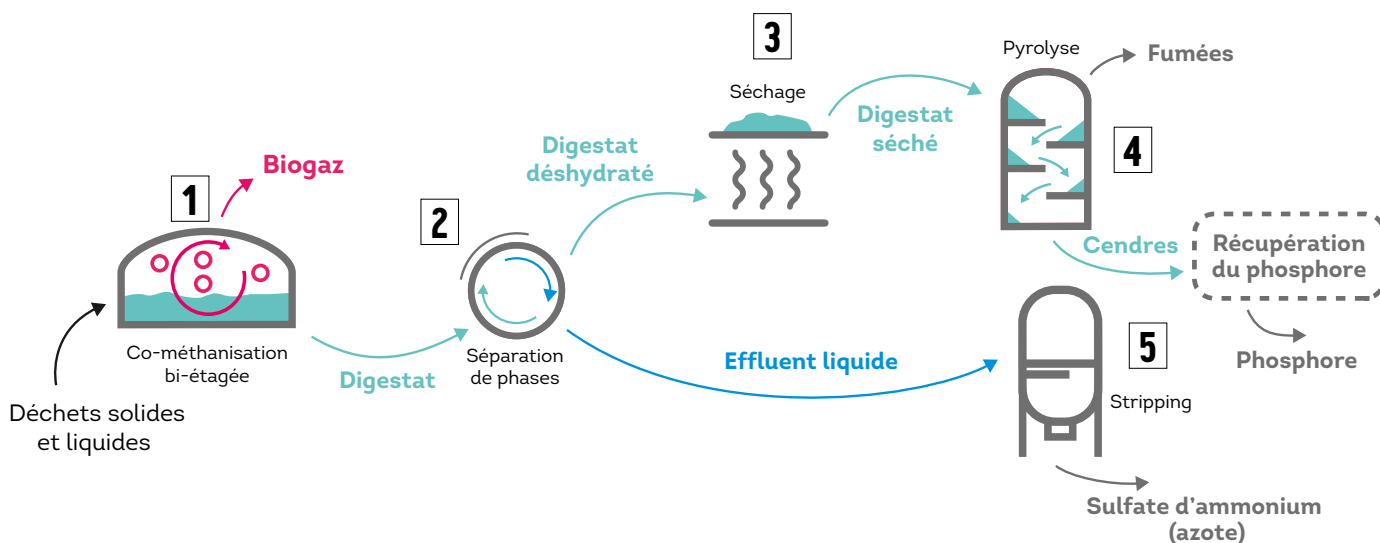
La fraction liquide issue de la déshydratation est riche en azote. Le CO_2 est éliminé par stripping, pour faire l'économie de réactifs lors des étapes suivantes. Puis, le liquide est introduit dans un réacteur où le pH et la température sont ajustés (par injection de soude et échangeur de chaleur à plaques) pour obtenir des conditions optimales de récupération de l'ammoniac. L'effluent est ensuite transféré vers l'étape de **stripping de l'ammoniac**, où ce dernier passe de l'état liquide à l'état gazeux. La dernière étape consiste au lavage de l'air chargé en ammoniac dans une colonne à garnissage. L'azote est alors concentré sous forme liquide, en sulfate d'ammonium (concentration en sulfate d'ammonium de 400g/L, avec une spécification minimale de 7 à 8 % d'azote). La voie de valorisation produit est maîtrisée par le groupement (Aquaged, filiale CMI).

En plus du pH et de la température, l'unité pilote Seine Valenton permet notamment de manipuler le ratio air/liquide, un paramètre important dans le rendement de l'unité de valorisation.



L'unité pilote Seine Valenton

en bref



1 MÉTHANISATION BI-ÉTAGÉE

La méthanisation utilise un procédé dit « bi-étagé » en voie liquide, reposant sur deux réacteurs placés l'un après l'autre. Pour optimiser la performance de la méthanisation, une hydrolyse thermique et une détente flash sont également réalisées sur une partie du digestat recirculé.

2 ET 3 DÉSHYDRATATION ET SÉCHAGE DU DIGESTAT

Le digestat est déshydraté au moyen de presses à vis. S'ensuit une étape de séchage à basse température, par circulation d'air chaud.

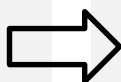
4 TRAITEMENT THERMIQUE DU DIGESTAT

Le digestat déshydraté et séché est traité dans un réacteur de pyrolyse à haute température à environ 850°C. Contrairement à l'incinération, la pyrolyse est réalisée sans excès d'oxygène : il y a donc peu de fumées générées. Le gaz de synthèse issu de la pyrolyse est brûlé dans une chambre de post-combustion, permettant une valorisation thermique du digestat. La pyrolyse permet ainsi de transformer le digestat en un résidu solide, sous forme de cendres.

5 RÉCUPÉRATION DES NUTRIMENTS

La fraction liquide issue de la déshydratation est riche en azote. Un procédé de stripping permet la formation de sulfate d'ammonium (sel), un engrais qui pourrait être utilisé par l'agriculture à l'avenir. Les cendres de pyrolyse feront l'objet de tests en laboratoire externe pour la récupération du phosphore.

22,75 TONNES
D'UN MÉLANGE DE FOR
ET DE BOUES TRAITÉES
PAR SEMAINE



BIOGAZ
6 200 KWH
PAR SEMAINE

CENDRES
ENVIRON
700 KG PAR JOUR

**EAUX
DE PROCESS**
ENVIRON 7 M³
PAR SEMAINE

CENDRES
RÉCUPÉRATION D'AZOTE
DANS LE FILTRAT
DU DIGESTAT ET DE
PHOSPHORE

Le groupement



DES PARTENAIRES INDUSTRIELS...

Animé depuis 1817 par l'esprit d'entreprendre et la soif d'innover de son fondateur, le **Groupe John Cockerill** (anciennement CMI) met au point des solutions technologiques à grande échelle pour répondre aux besoins de son temps : préserver les ressources naturelles, contribuer à une mobilité plus verte, produire de manière durable, combattre l'insécurité et faciliter l'accès à l'énergie renouvelable. Son offre aux entreprises, aux États et aux collectivités se matérialise en services et équipements associés pour les secteurs de l'énergie, de la défense, de l'industrie, de l'environnement, des transports et des infrastructures. Plusieurs entités du Groupe sont mobilisées. **John Cockerill Proserpol** 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 s'appuyant sur les compétences techniques développées au travers des filiales du Groupe John Cockerill (The Nesa Solution® pour la conversion thermique de la biomasse, John Cockerill Europe Environnement pour le stripping et le traitement de rejets gazeux) pour apporter des réponses adaptées aux challenges techniques soulevés par ce partenariat d'innovation.

Sources, est une société indépendante qui est aujourd'hui dans le top 5 des constructeurs français d'usines de traitement des eaux. Vingt 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 M€. La construction d'unités de dépollution des eaux de grande envergure lui a permis d'acquérir une véritable expertise dans ce domaine. L'innovation est également au coeur 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.

...TRAVAILLANT DE CONCERT AVEC DES PARTENAIRES ACADÉMIQUES DE RENOM

UniLaSalle Beauvais 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 en 1854 et employant 280 salariés dont 120 enseignant-chercheurs, ses domaines de compétence sont les agro-ressources, les sciences agronomiques et animales, les sciences et techniques agro-industrielles, 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.

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.



cométha

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



www.cometha.fr



2025 Parimage