



Appel d'Offres n° 2-05

Date limite d'envoi des réponses : **Mercredi 20 décembre 2023**

Faisabilité de la gazéification thermique sous pression de déchets pour la production de méthane de synthèse

Contexte

La valorisation des déchets solides ou liquides par une production de méthane de synthèse est une filière actuellement en développement. En effet, le méthane ainsi produit peut-être directement réinjecté dans le réseau existant de distribution de gaz naturel. Les procédés en développement pour réaliser cette conversion des déchets sont essentiellement :

- ✓ La gazéification atmosphérique en ($\text{CO} + \text{H}_2$), suivie d'une épuration du syngaz produit, d'une WGS (conversion déplacée à la vapeur d'eau, convertissant le CO en $\text{CO}_2 + \text{H}_2$), ainsi que d'une méthanation par hydrogénation catalytique du CO_2 (filière Pyro-M),
- ✓ La méthanisation de déchets organiques, suivie d'une méthanation du CO_2 par hydrogénation catalytique, *in situ ou ex-situ, via* un électrolyseur, ou bien, par méthanation biologique directe (filière P2M).

Ces filières sont cependant complexes (réactions catalytiques, utilisation de dihydrogène, etc.), coûteuses en équipements et en fonctionnement. De plus, elles conduisent à des rendements de conversion en méthane relativement faibles compte-tenu de la forte exothermicité des réactions de méthanation qui impose qu'une grande partie du contenu énergétique de la charge entrante soit évacuée sous forme de chaleur de refroidissement ou valorisée sous forme de chaleur fatale.

Pour les déchets solides, une voie alternative à ces technologies pourrait être la production directe de méthane de synthèse, par gazéification thermique sous pression. En effet, une gazéification réalisée sous pression et à température modérée permettrait par le déplacement des équilibres thermochimiques de la gazéification atmosphérique, la production d'un syngaz contenant

essentiellement du méthane (CH_4) et non plus seulement un mélange ($\text{CO} + \text{H}_2$), le dihydrogène produit étant converti en méthane.

D'une manière générale, l'intérêt de la pression est grand :

- le volume du réacteur étant inversement proportionnel à la pression, la gazéification sous pression entraîne une diminution de la volumétrie du réacteur ;
- elle accroît la capacité de production des gazéificateurs ;
- elle accroît les vitesses de réactions de gazéification ;
- elle économise les frais de compression du méthane de synthèse produit, en vue de sa mise sur réseau.

C'est donc une voie qui pourrait être prometteuse pour la réinjection de méthane, à considérer comme une voie concurrente ou complémentaire des filières actuellement en développement notamment Pyro-M et P2M.

Cette technologie est actuellement maîtrisée en gazéification du charbon et du bois, mais pas du tout en gazéification de déchets solides (bois B, DAE, CSR, etc.).

Les principaux verrous de cette technologie concernent l'alimentation en continu d'un réacteur sous pression, avec des solides pris à la pression atmosphérique, l'adaptation aux déchets des technologies déjà maîtrisées sur du charbon (corrosion par ex.), ainsi que les dispositifs d'épuration du syngaz produit (goudrons, poussières, gaz acides, etc.) et les opérations de concentration finale du CH_4 produit par élimination des gaz résiduels (N_2 , CO_2 , CO , H_2O , etc.), avant sa réinjection sur le réseau.

Objectifs

Ce travail a pour objectif d'étudier l'intérêt et la faisabilité de la gazéification sous pression de déchets (hors gazéification hydrothermale¹) pouvant permettre leur valorisation via la production de méthane de synthèse, d'identifier les gisements de déchets d'intérêt pour cette technologie, de mettre en avant les freins et les atouts au regard des autres procédés de production de méthane de synthèse via les déchets, définir les niveaux de pressions recommandables et d'identifier les techniques permettant la mise en œuvre des différentes étapes de traitement en réacteurs sous-pression.

¹ la gazéification hydrothermale de déchets liquides ou fortement humide est exclu du champ de l'appel d'offre.

Contenu de l'étude - Programme de travail

Dans un premier temps, le proposant réalisera une revue des filières de gazéification et de *Power to Gas* existantes et en développement dans le monde, pour une production de méthane de synthèse (SNG, Bio-SNG) à partir de déchets (bois B, DAE, CSR, etc.), injectable sur le réseau.

Les conditions techniques (pression, pureté, ...) et les contraintes réglementaires pour réinjecter le méthane produit dans le réseau seront précisées en distinguant les SNG des Bio-SNG.

Le proposant explicitera ensuite les processus réactionnels mis en jeu en gazéification de charbon, de biomasses et/ou déchets, en réacteur sous pression, leur sélectivité en production de méthane.

Il passera en revue les différentes technologies de gazéification thermique sous pression (lits fixes, lits fluidisés, etc.) actuellement en fonctionnement dans le monde, essentiellement pour du charbon minéral (ex Procédés Foster-Wheeler, Lurgi, Texaco, Shell-Koppers).

Les différents types de catalyseurs de gazéification utilisés, ainsi que leurs modes de fonctionnement, seront précisés.

Il précisera les conditions optimales de température et de pression à utiliser, les rendements de gazéification thermique obtenus, ainsi que les PCI du syngaz produit, et ce en gazéification autothermique ; l'agent de gazéification pouvant être de l'air, de l'oxygène et/ou de la vapeur d'eau.

Il indiquera les principaux points de vigilance à prendre en compte pour ce type d'installation (tenue à la pression des matériaux constructifs, problèmes de corrosion HT, etc.).

Il détaillera les différents systèmes retenus en alimentation en déchets d'enceintes sous pression, en distinguant les cas de déchets solides et de déchets liquides (ex. *lock-hopper*, pompage) et équipant des installations actuellement en fonctionnement.

Il précisera les modes de préparation amont de la charge entrante à utiliser, en fonction du type de dispositif d'alimentation mis en place (broyage à sec, broyage humide, conditionnement sous forme de slurry concentré, etc.). Les possibilités de liquéfaction des déchets solides en liquides, par exemple, par pyrolyse rapide, seront détaillées, celles-ci permettant une alimentation d'enceintes sous pression par simple pompage. De plus, le proposant précisera les différents modes de prééparation de la charge entrante, permettant d'en réduire la charge polluante.

Il étudiera l'adéquation entre les exigences de la technologie et les gisements de déchets mobilisables.

Une revue des travaux, en cours sur le sujet, en France et dans le monde, sera réalisée.

Le proposant détaillera les REX d'installations existantes de gazéification sous pression (charbon, bois, etc.) et précisera les avantages/inconvénients des différentes technologies susceptibles d'être mises en œuvre pour la production sous pression de méthane de synthèse.

En déduction des éléments réunis dans les phases précédentes, le proposant détaillera les meilleures technologies à mettre en œuvre pour la réalisation d'une installation de référence en gazéification sous pression de déchets, comprenant :

- un ensemble de préparation des déchets entrants et leur conditionnement préalable,
- un dispositif adapté d'alimentation en déchets solides et/ou liquides, dans des enceintes sous pression,
- un réacteur de gazéification sous pression,
- un ensemble d'épuration *in-situ* ou *ex-situ* du syngaz produit (goudrons, poussières, gaz acides, etc.),
- un dispositif aval de purification/concentration du méthane produit sous pression,
- un poste de réinjection sur réseau du SNG produit.

On précisera la faisabilité technique de la technique, son niveau de TRL, ses principaux verrous (éléments techniques et économiques), ses avantages/inconvénients par rapport aux filières atmosphériques classiques, ainsi que son potentiel d'émergence face à ses concurrents mentionnés précédemment.

Les proposants feront preuve d'initiative quant à la structuration du projet et présenteront dans leur réponse une organisation appropriée de la mission ; organisation qui devra permettre de répondre au mieux aux objectifs énoncés, notamment via la réalisation des éléments demandés ci-dessus

Durée de l'étude

8 à 10 mois

Cadre budgétaire

30 000 euros hors taxes

Déroulement de l'étude et livrables exigés

- **Déroulement d'une étude et procédures à suivre :**
 - Des réunions trimestrielles à distance sont à prévoir dans la proposition ;
 - Procédures génériques : <https://www.record-net.org/deroulement-etude/>
- Il est à noter qu'en fin de projet, à l'issue des réunions de travail telles que décrites dans la page ci-dessus, l'équipe organisera une restitution d'une heure environ par web conférence (système supporté par RECORD). Ce webinaire aura pour but de présenter de manière didactique, les

résultats détaillés de l'étude à l'ensemble des membres de RECORD et à toute personne que RECORD souhaitera convier.

- **Livrables**

- Au minimum, 1 rapport intermédiaire en français (rapport « rédigé », pas de rendu sous forme de Powerpoint),
- 1 rapport final en français (rapport « rédigé », pas de rendu sous forme de Powerpoint),
- 1 diaporama en français présentant de manière synthétique les principaux enseignements de l'étude (powerpoint d'une vingtaine de planches),
- 1 diaporama en anglais présentant de manière synthétique les principaux enseignements de l'étude (powerpoint d'une vingtaine de planches),
- 1 synthèse détaillée des travaux en français et en anglais (environ 3000 mots par langue),
- Animation d'un webinaire (comme explicité ci-dessus).

Des compléments d'information concernant ces livrables (modèles à suivre, diffusion, etc.) sont disponibles via le lien mentionné ci-dessus.

Valorisation

Si le contenu du travail réalisé le permet, l'équipe retenue sera tenue de participer, à la demande de RECORD, à des actions de valorisation des résultats acquis au terme de ce projet (publication, séminaire). La réponse à cet appel pourra intégrer un développement sur ce point (valorisation déjà envisagée : oui / non, moyens de valorisation adaptés au sujet, etc.).

Dépôt des projets

Les projets devront impérativement être présentés en utilisant le **formulaire** disponible sur le site de RECORD, à la page de parution des appels d'offre.

Les réponses sont à retourner pour le **mercredi 20 décembre 2023** dernier délai (date d'envoi du courriel et du dépôt sur le site).

Chaque dossier doit impérativement être fourni à la fois :

1/ Par dépôt à l'adresse suivante :

<https://record-net.org/appels-d-offres>

2/ Par courriel à l'adresse :

contact@record-net.org

Evaluation des réponses

Au-delà de la conformité des réponses aux consignes mentionnées ci-dessus et au modèle de réponse demandé par RECORD, les principaux critères d'évaluation seront la qualité et l'argumentation de la réponse, les compétences de l'équipe candidate (expériences, publications, etc.), la qualité et la disponibilité du personnel mis à disposition pour la réalisation du projet.