

Analyse des coûts de production du e-méthane

Le Club Power-to-gas de l'ATEE a évalué la répartition des coûts pour la production de e-méthane à horizon 2030 en fonction de la durée de fonctionnement de l'installation (intermittent ou continu) et du schéma d'approvisionnement du CO₂ (CO₂ biogénique issu d'un unique ou de plusieurs méthaniseurs, CO₂ biogénique issu d'un site de production (type éthanolier ou papetier) et CO₂ industriel (Figure 1)). Les hypothèses des configurations étudiées sont présentées en annexe du document.

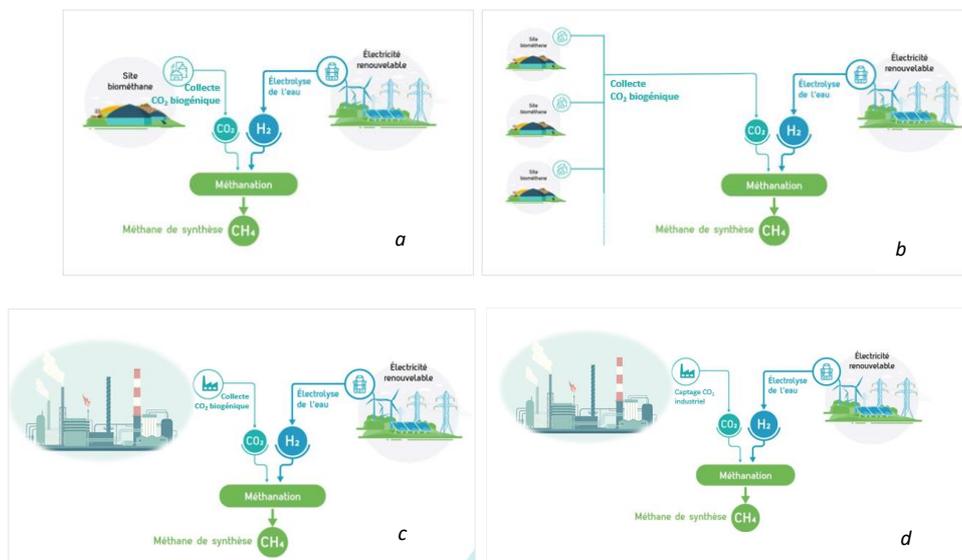


Figure 1 – Configurations étudiées : installation de power-to-méthane associée à un unique site de méthanisation (a), à plusieurs sites de méthanisation (b), à un site produisant massivement du CO₂ biogénique (c) ou à un site industriel (d)

Les résultats obtenus sont synthétisés dans la Figure 2 qui représente, pour chacune des configurations présentées, la structure du coût de production (barres de couleur, en pourcentage) ainsi qu'une comparaison des coûts entre eux (carrés rouges, coût de production de la configuration rapporté au coût de production minimum).

A noter : Les valeurs marchandes de l'hydrogène et du CO₂ n'ont pas été évaluées, seuls leurs coûts de production (pour l'hydrogène) ou de captage / transport (pour le CO₂) sont pris en compte. Par conséquent, le prix commercial devra intégrer les marges des différentes entités qui interviennent tout au long de la chaîne (fournisseur électricité, fournisseur du CO₂, exploitant de l'unité d'électrolyse et de la méthanation...).

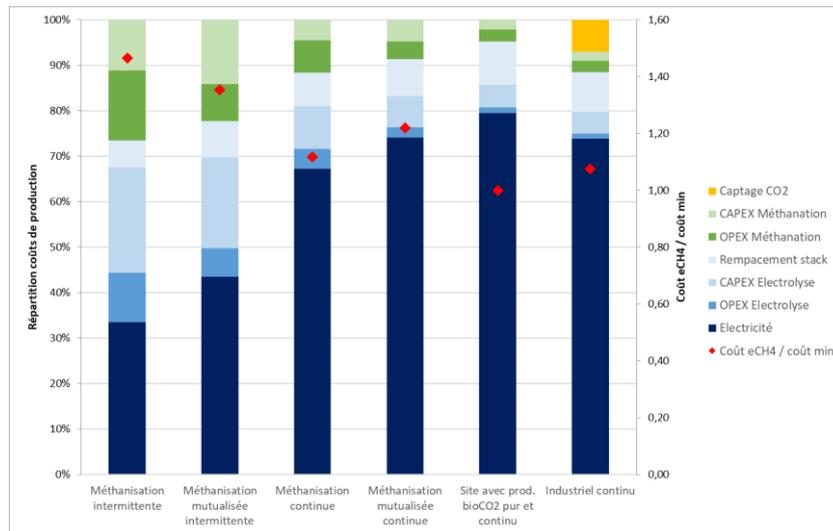


Figure 2 : Répartition des inducteurs de coût et comparaison du coût de production entre les configurations

Les éléments qui ressortent de cette analyse sont précisés ci-après, et détaillés dans la suite du document :

1. Le coût de production du e-méthane provient essentiellement de la brique « électrolyse », et en particulier de la consommation d'électricité
2. Pour les configurations « intermittentes », les CAPEX (méthanation et électrolyse) et le coût de l'électricité sont équivalents
3. Pour les configurations « continues », la part d'électricité représente les $\frac{3}{4}$ du coût total, et les CAPEX entre 7 et 18%
4. Les coûts de production varient d'un facteur 1 à 1,5 ; la configuration *site avec production de CO₂ biogénique* présente les coûts les plus faibles

1. Le coût de production du e-méthane provient essentiellement de la brique « électrolyse », et en particulier de la consommation d'électricité

La Figure 3 présente la répartition des coûts pour l'ensemble des configurations étudiées. Il en ressort les éléments suivants :

- le coût de la brique électrolyse est prépondérant sur l'ensemble des configurations (entre 74 et 95% du coût total)
- en particulier, le coût d'électricité représente entre 34 et 79% du coût total
- a contrario, la méthanation ne représente qu'entre 4 et 26% du coût total

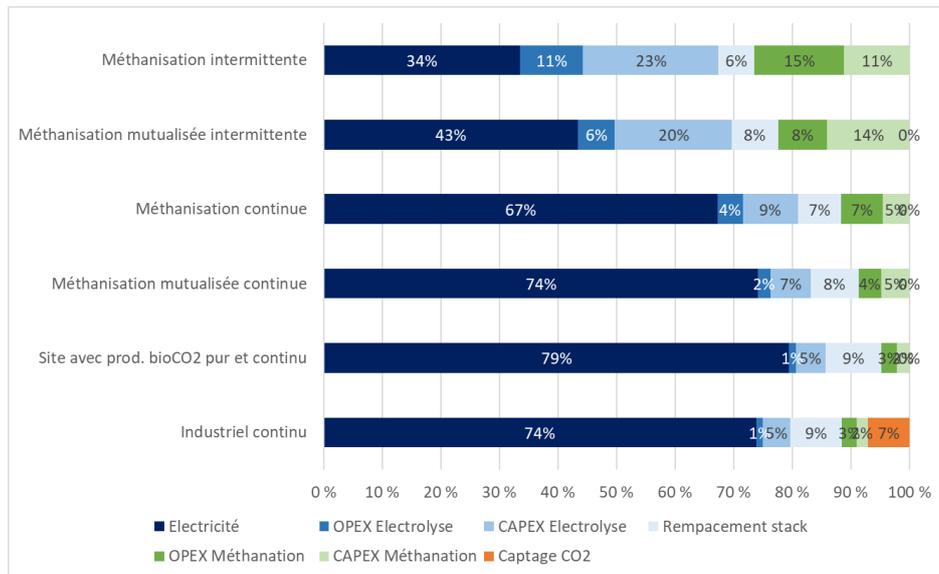


Figure 3 : Répartition des coûts pour la production du e-méthane

2. Pour les configurations « intermittentes », les CAPEX (méthanation et électrolyse) représentent 34% des coûts, et l'électricité entre 34 et 43%

La Figure 4 présente la répartition des coûts pour les configurations intermittentes, ordonnée pour mettre en évidence les répartitions CAPEX (en bleu) / OPEX (en vert). Il apparaît alors que dans ces configurations, la part CAPEX représente 34% du coût total, et l'électricité entre 34% et 43%. En effet, la production intermittente permet de fonctionner lorsque le coût de l'électricité est bas et donc de bénéficier d'une réduction importante de la part électrique. Cet avantage est compensé par le fait que les investissements initiaux sont amortis par une production annuelle bien plus faible.

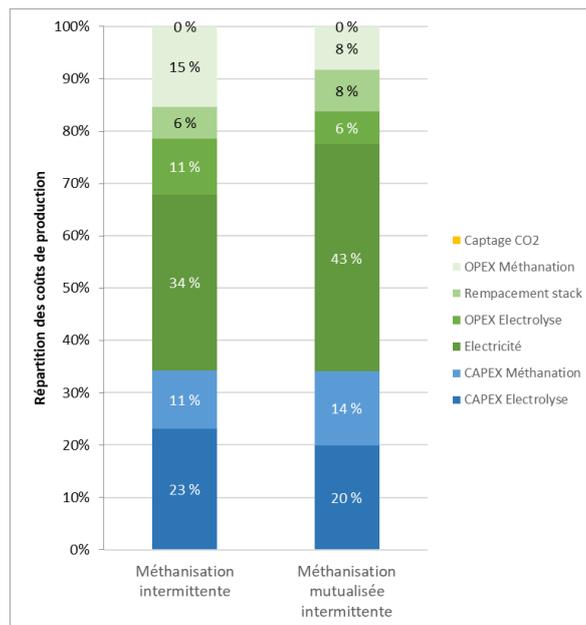


Figure 4 : Répartition des coûts pour les configurations intermittentes

3. Pour les configurations continues, la part d'électricité représente plus des 2/3 du coût total, et les CAPEX entre 7 et 14%

La Figure 5 présente la répartition des coûts pour les configurations continues, ordonnée pour mettre en évidence les répartitions CAPEX (en bleu) / OPEX (en vert). Il apparaît alors que dans ces configurations, le poids du coût de l'électricité est élevé, entre 67% et 79%. A contrario, les CAPEX représentent entre 7 et 18% du coût de production.

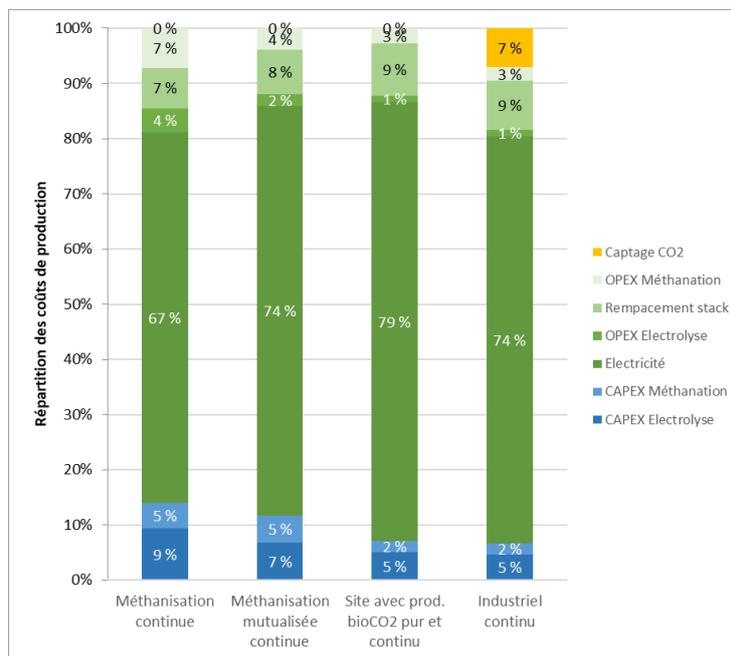


Figure 5 : Répartition des coûts pour les configurations continues

4. Les coûts de production varient d'un facteur 1 à 1,5 ; la configuration *site avec production de bioCO₂* présente les coûts les plus faibles

La Figure 6 présente une comparaison des coûts de production du e-méthane selon les configurations étudiées. Il apparaît que la configuration qui permet des coûts de production les plus faibles est la configuration *site avec production de bioCO₂*, suivie de la configuration *industriel*, de la configuration *méthanisation mutualisée intermittente*, de la configuration *méthanisation mutualisée continue*, puis enfin des configurations *méthanisation continue* et *méthanisation intermittente*.

Ce classement s'explique par les poids relatifs des différentes briques.

L'effet d'échelle est prépondérant dans le classement : la taille des installations et le volume de gaz traité sont en effet plus importants dans les configurations *site avec production de bioCO₂* et *industriel continu* que dans les configurations *méthanisation mutualisée*, qui sont plus importants que dans les configurations *méthanisation simple*.

Le 2nd facteur prépondérant dans le classement est le **coût des charges d'exploitation et en particulier de l'électricité**. En effet, pour les configurations *méthanisation mutualisé*, une production intermittente permet d'obtenir un coût de production plus faible qu'une production continue.

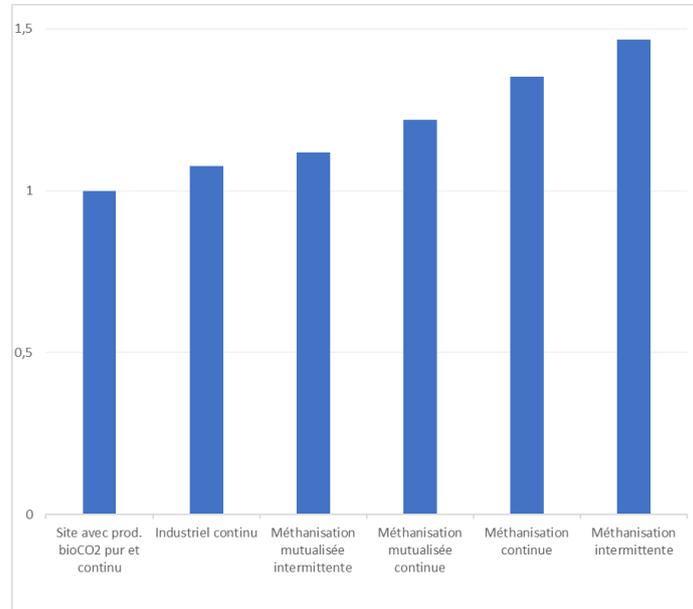


Figure 6 : Comparaison des coûts de production selon les configurations

Annexe - principales hypothèses

Les hypothèses de **dimensionnement** des installations selon les configurations sont précisées dans le tableau suivant (Tableau 1).

| | Méthanisation intermittente | Méthanisation continue | Méthanisation mutualisée intermittente | Méthanisation mutualisée continue | Site avec production bioCO2 pur et continu | Industriel continu |
|---|-----------------------------|------------------------|--|-----------------------------------|--|--------------------|
| Débit de CO ₂ (Nm ³ /h) | 200 | 200 | 1 200 | 1 200 | 10 000 | 10 000 |
| Puissance électrolyseur (MWe) | 3,4 | 3,4 | 20,6 | 20,6 | 164 | 164 |
| Nbre d'heures de fonctionnement (h/an) | 3 000 | 8 000 | 3 000 | 8 000 | 8 000 | 8 000 |

Tableau 1 – Hypothèses de dimensionnement des configurations étudiées

Les hypothèses portant sur **les coûts des différentes étapes de production** du e-méthane sont détaillées par la suite.

CAPEX d'électrolyse

Les CAPEX de la brique électrolyse sont constitués par les CAPEX de l'électrolyseur, les frais d'installation, les frais de développement (démarches ICPE, études raccordement, MES...) et les grosses maintenances (changement de stack). Ils ont été estimés à partir des données de l'étude de France hydrogène « panorama des solutions hydrogène » parue en avril 2023.

CAPEX de la méthanation

Les CAPEX de la brique méthanation sont constitués par les CAPEX du réacteur et du traitement du gaz, ceux des auxiliaires (compression, traitements amont, contrôle/commande), le génie civil (plateforme, raccords...), la MOE/AMOA - ingénierie, les frais de développement (démarches ICPE, étude raccordement, MES).

Les hypothèses de CAPEX des installations de méthanation proviennent d'une analyse CVA, partagée par GRDF. Pour cette évaluation, CVA s'est basé d'une part sur des éléments de littérature marché, et d'autre part sur des avis d'experts industriels.

Ces CAPEX ont été répartis comme suit :

- 75% pour le réacteur de méthanation et le traitement aval du gaz
- 25% pour les auxiliaires (compression, traitements amont, contrôle/ commande)

OPEX des briques électrolyse et méthanation

Les charges d'exploitation des briques Electrolyse et Méthanation sont constituées par le coût de l'électricité, la maintenance et les frais d'exploitation.

Les hypothèses de coût d'électricité pour alimenter l'électrolyseur sont :

- 30€/MWh pour les configurations *intermittente* (méthanisation simple ou mutualisée)
- 60€/MWh pour les configurations *méthanisation continue* (méthanisation simple ou mutualisée)
- 55€/MWh pour les configurations *industriel continu* et *site avec production massive de CO₂ biogénique*

Frais de maintenance

Les frais de maintenance des briques Electrolyse et Méthanation sont évalués à 3% des CAPEX respectifs de ces briques.

Frais d'exploitation

Les frais d'exploitation des briques Electrolyse et Méthanation sont constitués par les coûts administratifs, les consommables, et le salaire d'une personne pour l'exploitation de l'unité. Il est considéré que chaque brique supporte 50% des frais d'exploitation totaux.

CO₂ industriel

Pour la configuration *industriel*, le CO₂ utilisé par la méthanation est du CO₂ industriel. Son coût est estimé à 50€/t ; il intègre le captage et l'acheminement du CO₂ vers le réacteur de méthanation. L'éventuelle valeur marchande de ce CO₂ n'est pas intégré à l'évaluation (comme celle de l'hydrogène).

CO₂ biogénique

Pour les installations de power-to-méthane associées à un ou plusieurs méthaniseurs, le CO₂ utilisé pour la méthanation est considéré comme non retraité après méthanisation (phase gazeuse, collecté directement en sortie de l'épurateur du méthaniseur). Il en est de même pour le CO₂ de la configuration associée à un site qui produit du CO₂ biogénique pur.

Son coût de captage / traitement a été considéré comme nul dans ces configurations. Dans le cas d'une mutualisation de plusieurs sites de méthanisation, le coût de l'acheminement du CO₂ biogénique a en revanche été pris en compte (dans la brique CAPEX méthanation).

L'éventuelle valeur marchande de ce CO₂ n'est pas intégrée à l'évaluation (comme celle de l'hydrogène).