

Perspectives

N°23/309 – 17 novembre 2023

ÉNERGIE – Le bio-CO₂, une ressource en devenir pour la transition énergétique

- Le bio-CO₂, essentiellement issu de procédés de méthanisation, est en passe de devenir une ressource d'intérêt pour de nombreuses activités en lien avec la transition bas carbone.
- Focus sur cette filière en devenir dont le développement ira *crescendo* avec l'essor des unités de méthanisation et du biométhane en France.

Qu'est-ce que le bio-CO₂ issu de méthanisation ?

Au 25 septembre 2023, la France¹ comptait 608 points d'injection de biométhane en France, représentant une capacité de 10,8 TWh², dont 71,7% raccordée au réseau de distribution GRDF. **Ces sites produisent une ressource en devenir, le bio-CO₂, qui à l'heure actuelle n'est généralement pas valorisée.** De manière simplifiée, un site injectant 100 Nm³/h de biométhane³ produira environ 1 000 tonnes de bio-CO₂ concentré (à plus de 93%, voire plus de 98%), de sorte que la majorité des sites affichent un potentiel de 500 à 5 000 tonnes de CO₂ par an, avec une forte proportion de sites entre 1 500 et 2 500 tonnes de CO₂ par an.

On parle de bio-CO₂, car, comme le biométhane, le carbone qu'il contient provient de la biomasse, carbone capté de l'atmosphère par les plantes et les organismes vivants lors de leur croissance⁴. Du point de vue de sa composition physico-chimique, le bio-CO₂ est très similaire au CO₂ « marchandise » utilisé dans de nombreux secteurs industriels⁵ comme l'agro-alimentaire, la croissance des plantes sous serres chauffées, le travail des métaux, la régulation de pH, etc. **Plusieurs conditions sont nécessaires pour que le bio-CO₂ soit envisagé pour ces applications.**

Tout d'abord, **il doit subir un traitement préalable** (retrait du méthane résiduel, vérification de l'absence d'impuretés et souvent liquéfaction pour faciliter son transport). À 99,9% de pureté, il est parfaitement interchangeable avec le CO₂ marchandise provenant d'autres sources. Ensuite, **il doit respecter une qualité convenue avec l'acheteur.** En particulier pour un usage alimentaire, certaines démarches sont nécessaires⁶. Cela peut créer des difficultés dans les projets. Enfin, **il est nécessaire qu'un producteur contractualise avec un acheteur.** Cette dernière condition peut être difficile à réaliser actuellement, car la filière reste peu mature. Il n'est pas forcément obligatoire de liquéfier le CO₂ pour le valoriser, mais il s'agit du

¹ Source ODRÉ <https://opendata.reseaux-energies.fr/>

² MWh/GWh/TWh : mégawattheure, gigawattheure, térawattheure. Nm³/h ; Normo mètre cube par heure

³ Soit 100 Nm³/h x 10 MWh/Nm³ ~ 1000 kW PCS, soit 8 GWh/an de biométhane

⁴ Ainsi, hormis pour les émissions des procédés, du transport, de la consommation d'énergie, ou de la construction d'équipements associés, rejeter une tonne de bio-CO₂ dans l'atmosphère ne contribue qu'à une augmentation marginale de l'augmentation de la concentration en CO₂.

⁵ Par opposition au CO₂ émis lors de la combustion, on désigne ici par 'CO₂ marchandise' la même espèce

chimique mais concentrée, épurée, liquéfiée et bénéficiant d'une traçabilité. Le marché pour ce produit est d'environ 500 ktCO₂ livrées en France (source VOLTIGITAL). Les statistiques Eurostat indiquent une valeur de l'ordre de 800 à 1 000 ktCO₂, mais ces chiffres incluent des ventes entre acteurs, et donc surestiment les besoins des utilisateurs finaux.

⁶ Parmi les démarches, il est notamment nécessaire de réaliser une analyse de risque de type système d'analyse des dangers et points critiques (HACCP en anglais). Plus d'informations sur le [guide pour réaliser un projet de valorisation du bio-Co₂ issu de méthanisation](#)

cas général pour permettre un transport vers des utilisateurs lointains (typiquement jusqu'à 250 km⁷).

Les usages du bio-CO₂

Parmi les usages les plus en vue pour du bio-CO₂ de méthanisation, on notera notamment les usages en serres chauffées, la fabrication de glace carbonique, les usages dans l'agro-alimentaire (boissons gazeuses, conditionnement, surgélation), les usages industriels (métallurgie, gestion du pH, extincteur, fluide frigorigène). Les usages agro-alimentaires représentent l'essentiel du marché du CO₂ marchandise, mais⁸ **les projets portant sur le bio-CO₂ de méthanisation ciblent préférentiellement d'autres segments que sont les serres et la glace carbonique**. De nouveaux usages en minéralisation, séquestration et e-fuels, avec de nouveaux modèles d'affaires sont par ailleurs en émergence.

Statut de la filière bio-CO₂

En France, il existe relativement peu⁹ d'unités de méthanisation valorisant leur bio-CO₂, mais de nombreux projets sont en cours. Le premier projet réalisé est celui de Métha Treil à Machecoul (44) inauguré en 2020 (1 300 t CO₂/an, revalorisées dans des serres à proximité). En Europe, il existe une cinquantaine de liquéfacteurs sur méthanisation en exploitation, dont une grande partie au Royaume-Uni et aux Pays-Bas. Ainsi, **le procédé est bien connu et existe par ailleurs dans la récupération de CO₂ des brasseries, des usines d'éthanol ou d'autres projets industriels**. De nombreux fournisseurs sont capables de proposer une solution technique de liquéfaction, même si certains ont encore relativement peu d'expérience.

Attraits et limites du bio-CO₂ de méthanisation

Le bio-CO₂ a le vent en poupe pour différentes raisons, à la fois côté consommateurs et côté producteurs.

Dominé par quelques acteurs industriels, le CO₂ marchandise est un marché connaissant de fréquentes pénuries, et dont le prix est fortement lié au marché des engrais et au prix du gaz

naturel. Au-delà de la volatilité des prix, les consommateurs sont fréquemment confrontés à des ruptures d'approvisionnement. Il y a donc une volonté de diversifier les sources d'approvisionnement, en privilégiant les sources locales. **Avec la structuration de la filière méthanisation, on voit se structurer une offre conséquente en bio-CO₂ issu de méthanisation, qui permet d'envisager des projets concrets**, voire même des réseaux de bio-CO₂ mutualisant coûts et infrastructures. La multiplicité des projets permet également de réduire les coûts de transports entre un site consommateur et un site producteur. Par ailleurs, à la différence du CO₂ marchandise actuel dont une grande partie est un co-produit issu de procédés industriels centralisés utilisant à la base des combustibles fossiles (unité de production d'engrais ou d'hydrogène gris), **le CO₂ issu de méthanisation est biogénique**. Il n'est pas impacté par le système d'échange de quotas d'émissions EU-ETS (*EU Emissions Trading System*). Sur le long terme, il est prévisible que le CO₂ d'origine fossile des producteurs actuels soit redirigé vers des centres de séquestration, entraînant le renouvellement des sources de production. Enfin, **le caractère biogénique du CO₂ ouvre de nombreuses portes pour de nouveaux débouchés** : valorisation de CO₂ dans des projets de séquestration (*Biomass Energy Carbon Capture and Storage*) ou encore production d'e-fuels (biokérosène ou méthanol renouvelable).

Pour les producteurs, le bio-CO₂ représente une ressource économique complémentaire, pouvant améliorer la rentabilité de l'installation. C'est aussi, pour beaucoup d'entre eux, l'occasion de poursuivre l'aventure industrielle et de diversifier le modèle économique agricole vers de nouveaux revenus. La liquéfaction du bio-CO₂ permet de revaloriser le biométhane résiduel, soit environ 1% des flux de gaz d'évent pour les épurateurs membranaires, mais jusqu'à 7% pour les épurateurs de type *Pressure Swing Adsorption* (PSA). Cela permet des gains économiques complémentaires et/ou une adaptation aux nouvelles réglementations sur les émissions diffuses de méthane. En termes d'analyse de cycle de vie, la revalorisation du bio-CO₂ peut modifier positivement l'allocation des émissions de CO₂ équivalent générées pour la production de biométhane. De ce fait, le contenu équivalent CO₂ du biométhane est réduit¹⁰. Enfin,

⁷ Cette distance représente un effet de seuil au-delà duquel le coût de transport augmente significativement, par mobilisation prolongée des moyens de transport (citerne, camion, chauffeur).

⁸ À la date de rédaction de cet article.

⁹ Moins d'une dizaine en France selon nos sources et à la date de rédaction de l'article, la première datant de 2020 (date de mise en production)

¹⁰ L'Analyse de Cycle de Vie est une méthodologie d'inventaire des impacts dite du « du berceau à la tombe », en particulier pour les impacts carbone. Quand une activité

du point de vue de l'acceptabilité sociétale de la méthanisation, il peut être très important pour l'opinion publique que le bio-CO₂ concentré disponible à l'événement ne soit pas rejeté. Indépendamment des analyses de cycle de vie, les citoyens veulent pouvoir adhérer à des projets qu'ils jugent bons pour l'environnement. **Revaloriser le CO₂ permet d'apporter une réponse complémentaire aux enjeux sociétaux.**

Toutefois, plusieurs limites persistent et méritent d'être soulignées. Tout d'abord, les volumes limités par site ne permettent pas de grandes économies d'échelle. Si le bio-CO₂ affiche un prix relativement stable, celui-ci peut être encore élevé par rapport au marché. Ensuite, les sujets de qualité alimentaire ne sont pas encore bien clarifiés pour de nombreux producteurs, et la filière doit encore monter en compétence et convaincre les consommateurs de CO₂ de ses capacités. Enfin, les producteurs de biométhane peinent à sécuriser des débouchés de bio-CO₂ sur le long terme. La contractualisation du bio-CO₂ est très différente de celle du biométhane. Les notions de risques et de diversification des débouchés sont capitales. Au-delà de la méthanisation, il existe différents usages et origines potentiels de bio-CO₂, pouvant donner lieu à des synergies ou des formes de compétition (Figure 1).

Modèle économique de la valorisation de bio-CO₂ issu de méthanisation

Le producteur peut ainsi être amené à jouer plusieurs rôles, selon les modèles économiques considérés. Dans un premier cas de figure, il propose le gaz d'événement à un autre acteur qui construit et exploite l'unité de liquéfaction du CO₂. Il peut espérer valoriser son bio-CO₂ de l'ordre de 10 à 20€/tCO₂, voire récupérer une partie du biométhane revalorisé. C'est un gain net faible mais sans investissement. Dans un autre cas de figure, il choisit d'investir et de construire et exploiter un liquéfacteur. Le bio-CO₂ peut être vendu au départ à un prix entre 80 et 120€/tCO₂, ce prix étant déterminé par la capacité du client à accepter un prix livré donné (parfois jusqu'à des prix de l'ordre de 150 à 180€/tCO₂) et les coûts de transport (généralement de l'ordre de 20 à 50€/tCO₂). Les montants d'investissement sont généralement de l'ordre de 0,8 à 2 M€, en fonction de la taille de l'installation. Un des

(par exemple, la production de biométhane), ne présente qu'un seul produit (ici le biométhane), l'ensemble des impacts sont alloués à ce produit. En revanche, si plusieurs produits sont générés par l'activité (bio-CO₂ et biométhane), l'impact environnemental est pondéré sur les différents produits.

éléments clés du plan d'affaires est le coût de l'électricité, car un liquéfacteur consomme environ 0,25 à 0,30 MWh/tCO₂ d'électricité¹¹. On peut donc assister à des plans d'affaires variés, certains avec des rentabilités supérieures à l'activité biométhane, mais conditionnées à des débouchés solides et des prix d'électricité maîtrisés. On notera que certains acteurs proposent aux producteurs des crédits carbone volontaires (de l'ordre de 20 à 40€/tCO₂). Ces revenus complémentaires peuvent faire la différence entre les projets. Un point de vigilance demeure néanmoins sur la pertinence de ces crédits et sur leur viabilité à long terme.

Quelles opportunités pour le Groupe Crédit Agricole dans le bio-CO₂ ?

Convoité pour les marchés marchandises, e-fuels et bioénergie avec captage et stockage de dioxyde de carbone (BECCS), **le bio-CO₂ est en passe de devenir une ressource d'intérêt pour de nombreuses activités en lien avec une transition écologique bas carbone, pour un marché à l'horizon pouvant largement excéder le marché actuel**¹². Du point de vue de l'offre, la compétition avec les autres sources de bio-CO₂ (bioéthanol, brasserie, pyro-gazéification, chaudière et centrale biomasse) est réelle, mais **la filière méthanisation dispose d'atouts intéressants** : le bio-CO₂ de méthanisation constitue une ressource diffuse, stable en production et en coûts, décentralisée, pour laquelle les producteurs et les consommateurs locaux peuvent avoir un intérêt à réaliser des projets. La mise en œuvre de liquéfacteurs sur l'ensemble du parc actuel de méthanisation représente un investissement théorique total de l'ordre de 500 à 1 200 k€, sans compter les infrastructures (cuves et citernes roulantes) associées. **Si la filière n'est à l'heure actuelle absolument pas structurée pour une telle transformation, on peut néanmoins espérer voir de nombreux projets émerger dans les prochaines années.**

Pour aller plus loin

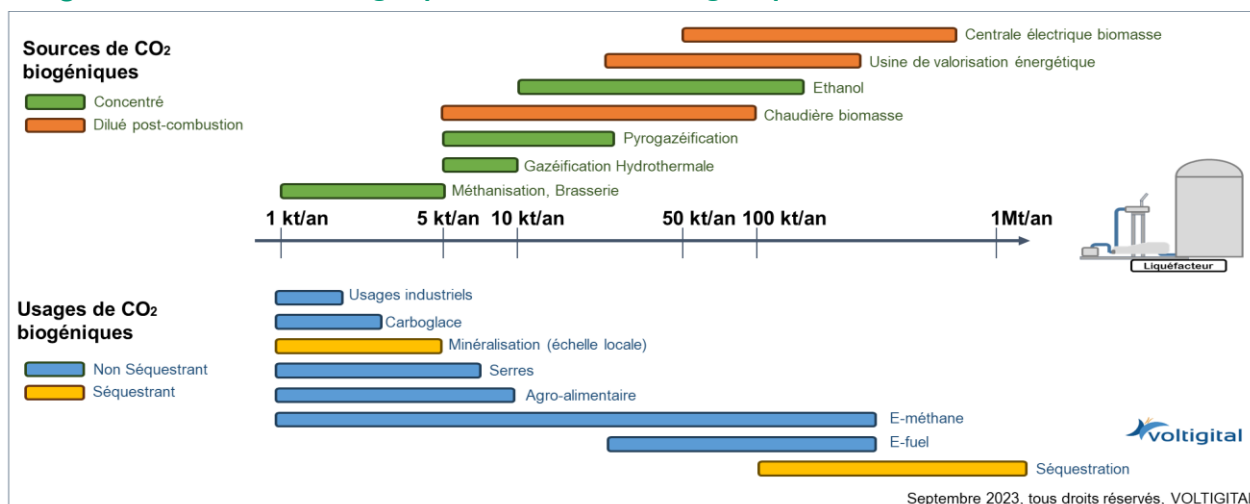
[Guide pour réaliser un projet de valorisation du Bio-Co₂ issu de méthanisation](#), dont Fabien Michel de VOLTIGITAL est le principal rédacteur

[Webinaire de présentation du guide.](#)

¹¹ À 100€/MWh électrique, une tonne de CO₂ incorpore déjà entre 25 et 30€/tCO₂ d'électricité.

¹² Certains acteurs comme [SIA Partner voit une croissance x30 à l'horizon 2050 par rapport à 2020](#).

Figure 1 : Sources et usages potentiels du CO₂ biogénique



(Voltigital, Crédit Agricole SA/ECO)

Cet article a été rédigé en collaboration avec Fabien Michel, ingénieur, diplômé de l'École centrale Paris (2005), qui a fondé et dirige la société d'ingénierie et de conseil VOLTIGITAL, spécialisée sur les technologies innovantes bas-carbone, et en particulier les sujets de capture et valorisation de CO₂, de gaz renouvelable et de moyens et usages innovants de l'hydrogène.

Spécialiste de l'innovation et des marchés technologiques émergents, il accompagne ses clients dans le cadre de *due diligences*, audit de projets, études de faisabilité, études et stratégie d'accès au marché, expertise technique. Fabien Michel a été le rédacteur principal du [Guide pour réaliser un projet de valorisation du BioCo2 issu de méthanisation](#) (guide du Centre Technique national du Biogaz et de la Méthanisation (CTBM), et du Comité Stratégique de Filière Nouveaux Systèmes Energétiques, avec le soutien de GRDF)

VOLTIGITAL édite également la newsletter gratuite [« Innovation CO2 »](#)

Consultez nos dernières parutions en accès libre sur Internet :

Date	Titre	Thème
16/11/2023	<u>Géopolitique – Le mur du réel</u>	Géopolitique
15/11/2023	<u>Serbie – À la croisée des influences</u>	Europe centrale
14/11/2023	<u>France – Que retenir des dernières données sur les salaires ?</u>	France
13/11/2023	<u>Chine – Le long chemin de la transition</u>	Chine
10/11/2023	<u>Monde – L'actualité de la semaine</u>	Monde
09/11/2023	<u>Désir d'euro numérique</u>	Banque, paiement
08/11/2023	<u>Amérique latine – Quand, par prudence, le FMI ne nous épargne rien</u>	Amérique latine
08/11/2023	<u>Italie – Recul de la confiance en octobre</u>	Italie
06/11/2023	<u>Zone euro – Les enquêtes PMI d'octobre signalent un nouveau repli de l'activité et un premier recul de l'emploi</u>	Zone euro
06/11/2023	<u>Portugal – Conjoncture : vers une forte modération de la croissance</u>	Portugal
02/11/2023	<u>Philippines – Tensions croissantes en mer de Chine</u>	Philippines
02/11/2023	<u>France – Conjoncture – Flash PIB : sans surprise, modération de la croissance au T3 2023</u>	France
31/10/2023	<u>Italie – Scénario 2023-2024 : une croissance en panne</u>	Italie
31/10/2023	<u>Royaume-Uni – Scénario 2023-2024 : le resserrement monétaire pèse sur les perspectives</u>	Royaume-Uni
30/10/2023	<u>Zone euro – Scénario 2023-2024 : stagnation entre deux forces puissantes</u>	Zone euro
30/10/2023	<u>Espagne – Scénario 2023-2024 : vers un ralentissement modéré</u>	Espagne

Crédit Agricole S.A. — Direction des Études Économiques

12 place des États-Unis – 92127 Montrouge Cedex

Directeur de la Publication : Isabelle Job-Bazille

Rédacteur en chef : Dominique Rebouillat

Documentation : Vincent Guéganic – **Statistiques** : Datalab ECO

Secrétariat de rédaction : Sophie Gaubert

Contact : publication.eco@credit-agricole-sa.fr

Consultez les Études Économiques et abonnez-vous gratuitement à nos publications sur :

Internet : <https://etudes-economiques.credit-agricole.com/>

iPad : application **Études ECO** disponible sur App store

Android : application **Études ECO** disponible sur Google Play

Cette publication reflète l'opinion de Crédit Agricole S.A. à la date de sa publication, sauf mention contraire (contributeurs extérieurs). Cette opinion est susceptible d'être modifiée à tout moment sans notification. Elle est réalisée à titre purement informatif. Ni l'information contenue, ni les analyses qui y sont exprimées ne constituent en aucune façon une offre de vente ou une sollicitation commerciale et ne sauraient engager la responsabilité du Crédit Agricole S.A. ou de l'une de ses filiales ou d'une Caisse Régionale. Crédit Agricole S.A. ne garantit ni l'exactitude, ni l'exhaustivité de ces opinions comme des sources d'informations à partir desquelles elles ont été obtenues, bien que ces sources d'informations soient réputées fiables. Ni Crédit Agricole S.A., ni une de ses filiales ou une Caisse Régionale, ne sauraient donc engager sa responsabilité au titre de la divulgation ou de l'utilisation des informations contenues dans cette publication.