



Les nouveaux usages du CO2

D'après Sia Partners, de nouvelles applications (énergie, chimie, microalgues) pourraient multiplier par 30 la taille du marché du CO2 commercial à horizon 2050

Sommaire



Executive Summary

2

Le marché du CO2 en France

3

De nouveaux usages à fort potentiel de développement

4

Vers des logiques de boucles locales

5

Recommandations



La demande en CO2 commercial représente aujourd'hui un marché d'environ 500 millions d'euros au niveau européen et de 80 millions d'euros au niveau français. Cette ressource reste ainsi cantonnée à un marché de niche, trouvant ses applications principalement dans le **secteur agro-alimentaire qui représente près de 70% de ses débouchés.**



Les ambitions politiques de long terme en faveur d'une décarbonation de nos économies laissent entrevoir une croissance forte du coût du CO2 pour les industries françaises et européennes. **Des solutions innovantes de valorisation du CO2 comme matière première gagneront ainsi en compétitivité et pourront émerger au cours des prochaines décennies dans divers secteurs.**



Certains usages apparaissent à ce titre particulièrement prometteurs dans une perspective de mise en œuvre d'une décarbonation profonde de nos économies : **culture de microalgues, production de méthane de synthèse et fabrication de produits chimiques**, notamment du méthanol. **A eux seuls, ces trois usages représentent un potentiel de développement suffisant pour multiplier par 30 le volume du marché du CO2 commercial en France.**



Un nombre croissant d'acteurs industriels et de centres de R&D se positionnent ainsi sur la recherche autour des nouvelles techniques de valorisation du CO2, encouragés en partie par des soutiens publics et notamment européens. **L'intensification de ces efforts de R&D sera primordiale pour permettre à ces nouvelles solutions d'arriver à une maturité suffisante pour s'implanter sur le marché.** Des signaux politiques forts et de la visibilité sur la trajectoire d'évolution du prix du CO2 sur le long terme joueront un rôle clé pour la poursuite des actions de R&D dans ces domaines.



Si l'approvisionnement des industries françaises en CO2 est aujourd'hui assurée par un nombre réduit d'industriels, des mises en réseaux entre producteurs et consommateurs de tailles diverses pourront demain favoriser **l'apparition de boucles locales de valorisation du CO2.**

Sommaire

1

Executive Summary



2

Le marché du CO2 en France

3

De nouveaux usages à fort potentiel de développement

4

Vers des logiques de boucles locales

5

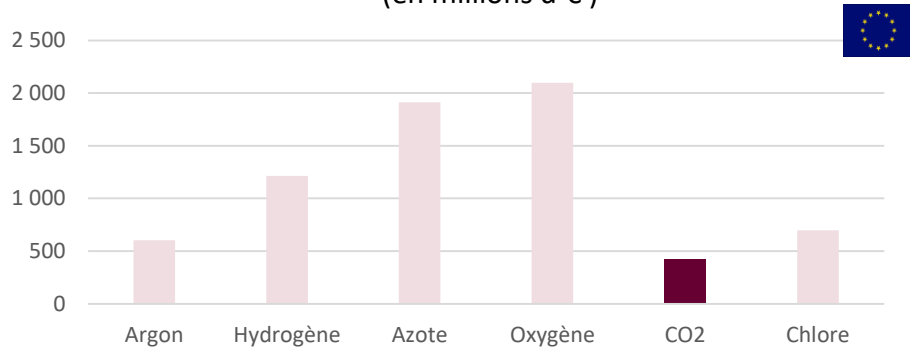
Recommandations

2 Le marché du CO2 en France

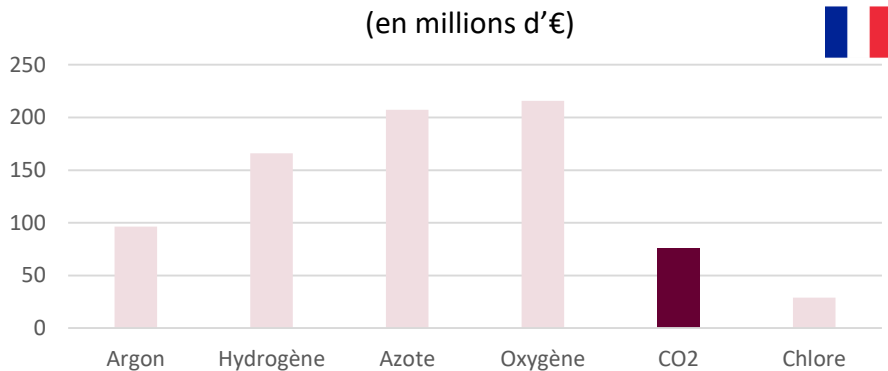
Un marché de niche fortement concentré

Le CO2 reste un marché de niche...

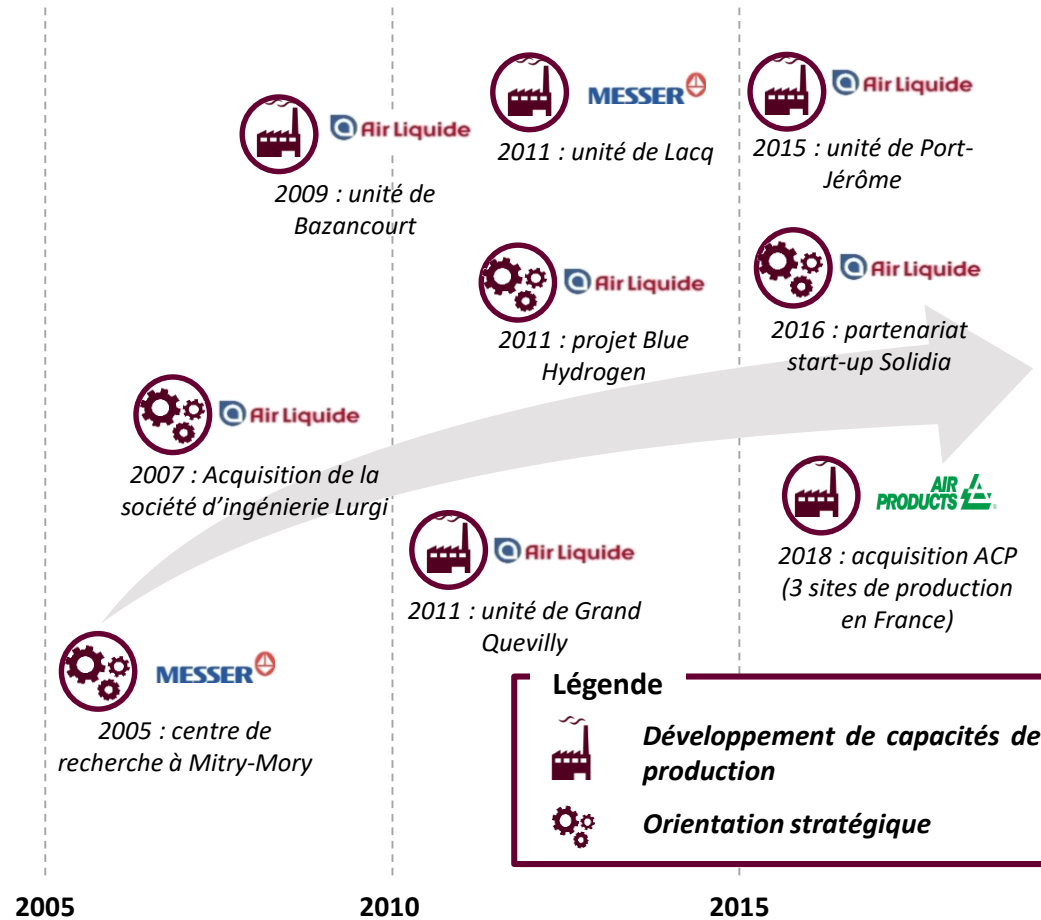
Valeur du marché de l'Union européenne du CO2 commercial
(en millions d'€)



Valeur du marché français du CO2 commercial
(en millions d'€)



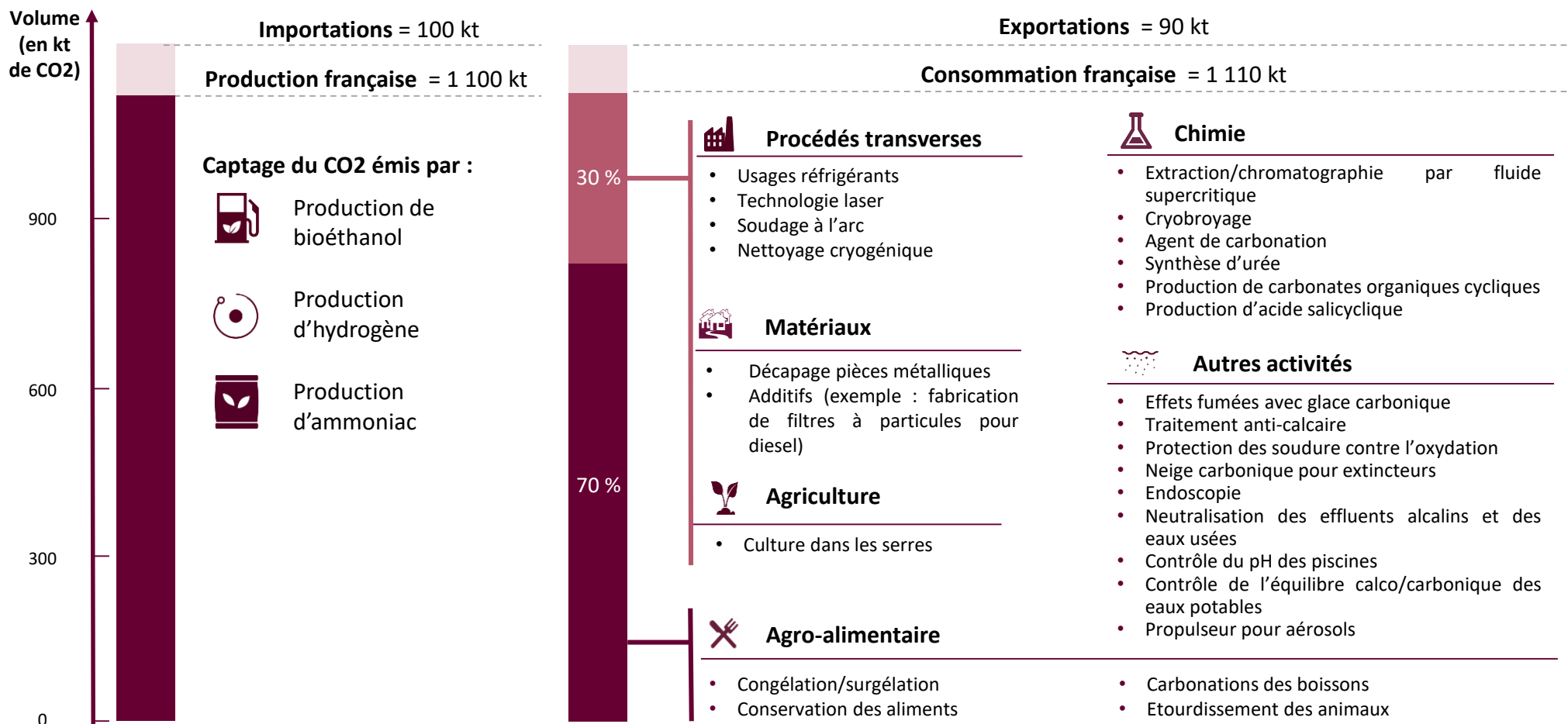
...sur lequel les géants du gaz industriel renforcent leur position



Le marché européen du CO2 représente aujourd'hui moins de 500 millions d'euros. Les producteurs français ont consolidé leurs positions ces quinze dernières années et accru leurs capacités de production, créant ainsi d'importantes barrières à l'entrée dans ce marché en progression.

2 Le marché du CO2 en France

Une filière répondant à des usages très variés, avec le secteur de l'agro-alimentaire comme principal débouché



En France, les producteurs de CO2 commercial se concentrent sur 3 types de gisements : production d'ammoniac, de bioéthanol et d'hydrogène. La France est aujourd'hui proche de l'autosuffisance. La demande provient principalement du secteur agro-alimentaire (70%).

Sommaire

1

Executive Summary

2

Le marché du CO2 en France

3

De nouveaux usages à fort potentiel de développement

4

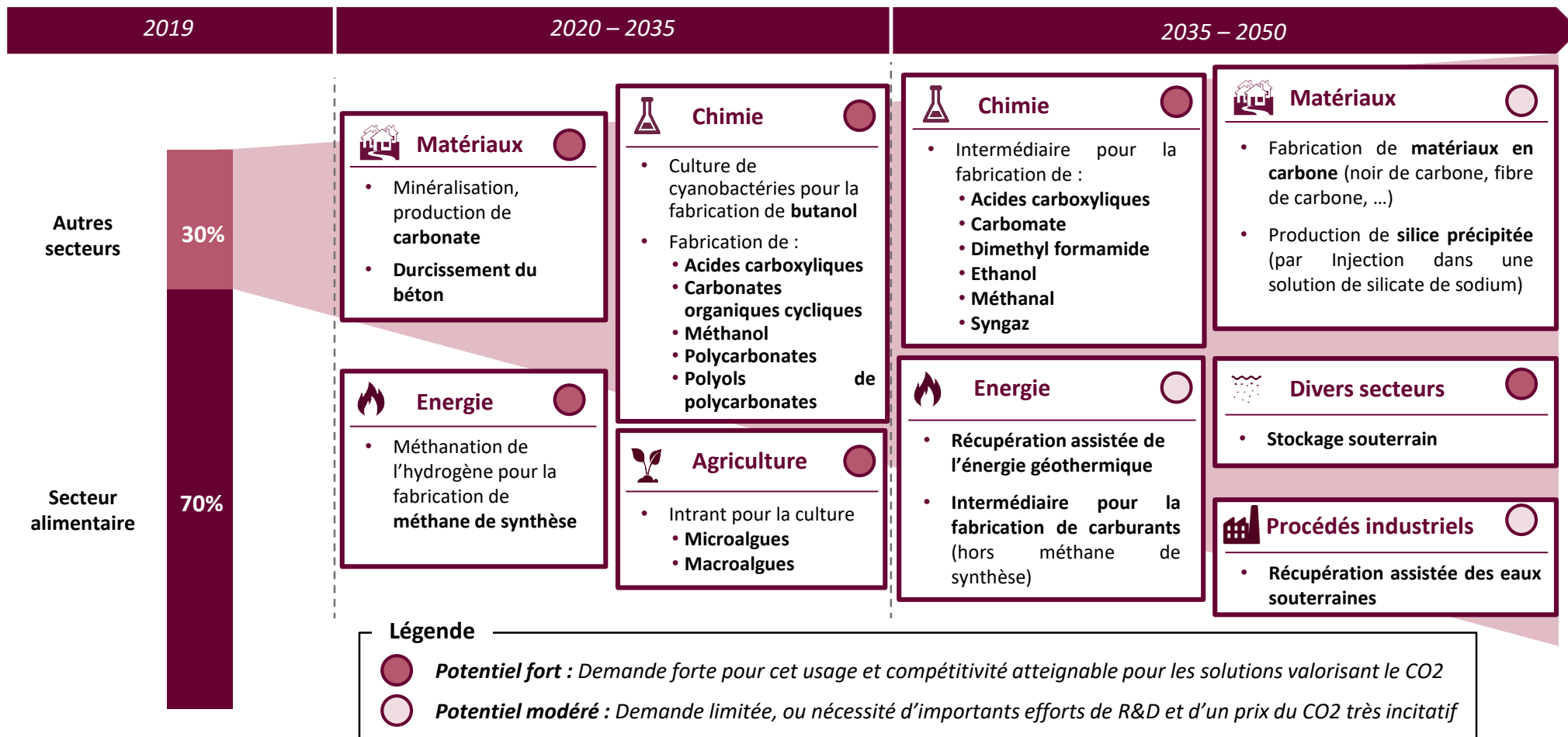
Vers des logiques de boucles locales

5

Recommandations

3 De nouveaux usages à fort potentiel de développement

Applications émergentes en France, conditionnées à une hausse du prix du CO2 et des efforts de R&D significatifs



L'augmentation progressive du prix du CO2 permettra l'apparition de nouveaux débouchés pour la filière française à moyen et long termes. Des efforts de R&D doivent cependant être conduits pour améliorer la compétitivité des nouveaux usages et anticiper un contexte favorable à leur développement commercial.

3 De nouveaux usages à fort potentiel de développement

La production d'algues, un fort potentiel qui reste encore à concrétiser

Description de la filière

- La production est aujourd'hui quasi uniquement destinée à l'alimentation humaine et animale, pour une consommation essentiellement localisée en Asie (Chine, Indonésie). Avantages : forte productivité, n'entre pas en concurrence avec les terres arables.
- Les algues peuvent être cultivées via différentes méthodes (en photobioréacteur, sur corde, en sacs plastiques, en *raceway*) ou récoltées à l'état sauvage.

Développement en France

- De nouveaux usages sont en train d'émerger, qui pourraient permettre de valoriser des volumes importants de CO2.
- La France est l'un des premiers acteurs de la recherche (1^{er} rang en termes de publications scientifiques, 4^{ème} rang des brevets).



Maturité et potentiel des différents usages

- Production de spiruline
- Production de biocarburants
- Production de biométhane

- En France, il existe une centaine de sites de production de spiruline. Cette algue est commercialisée pour ses vertus nutritionnelles. Cependant, cela reste à ce jour un marché de niche avec une production, qui reste artisanale, comprise entre 20 et 50 tonnes par an.
- Le marché des biocarburants représente un potentiel très important. La production de biocarburants (3^{ème} génération) à partir d'algues possède de nombreux avantages par rapport à la 1G et 2G (productivité, utilisation des sols, usage de CO2). Les projets sont encore au stade R&D. Il reste à ce jour des verrous techniques et économiques à lever avant un développement industriel.
- La biomasse algale peut être transformée en biométhane via différents procédés (méthanisation ou gazéification hydrothermale), puis en biométhane. Des projets pilotes ont été lancés. Les premiers projets industriels sont prévus à horizon 2025.

	Maturité ₍₁₎	Potentiel ₍₂₎
Production de spiruline	● ● ●	● ○ ○
Production de biocarburants	● ○ ○	● ● ●
Production de biométhane	● ○ ○	● ● ○



La France dispose de l'ensemble des atouts (scientifiques, physiques, industriels) pour se positionner comme un leader sur le marché de la production d'algues. Il reste cependant un effort important à fournir en R&D pour lever les verrous à un développement industriel.

(1) La maturité des usages est évaluée sur 3 niveaux : 1 - en phase de développement, 2 - tests en conditions réelles, 3 - maturité commerciale
(2) Le potentiel est évalué sur 3 niveaux : 1 - faible, 2 - modéré, 3 - fort

3 De nouveaux usages à fort potentiel de développement



De nouvelles perspectives de valorisation du CO2 dans la chimie, conditionnées à son coût futur

Description de la filière

- Le CO2 est déjà utilisé dans le secteur de la chimie pour certains process, par exemple en tant que solvant à l'état supercritique.
- De nombreux acteurs investissent pour le développement de nouvelles voies de valorisation du CO2 en tant que matière première pour la fabrication de produits appartenant au domaine de la chimie organique.

Développement en France

- La compétitivité des nouvelles techniques de valorisation du CO2 doit être renforcée pour garantir leur développement. Leur modèle économique dépendra de la trajectoire d'augmentation du prix du CO2.
- Le positionnement d'industriels français autour de ces nouvelles techniques sera favorisée par la conclusion de partenariats avec des acteurs ayant d'ores et mené des actions notables de R&D.



Maturité et potentiel des différents usages

		Maturité ⁽¹⁾	Potentiel ⁽²⁾
Fabrication de méthanol	<ul style="list-style-type: none">En Islande, Carbon Recycling International produit 4 000 t/an de méthanol, à partir d'émissions géothermiques de CO2 et de l'hydrogène obtenu par électrolyse de l'eau. En France, le projet Valhydate hébergé par Piitcto (Fos-sur-Mer), ambitionne de produire du méthanol bas carbone avec de l'hydrogène renouvelable.	● ● ●	● ● ●
Fabrication de butanol	<ul style="list-style-type: none">Des procédés photosynthétiques permettent de créer du butanol à partir de CO2. Le coût de production est estimé à 0,35 \$/litre. Le butanol produit peut être utilisé soit dans l'industrie chimique, comme additif ou en remplacement de carburants pétroliers	● ● ○	● ● ○
Fabrication de polycarbonates	<ul style="list-style-type: none">La société japonaise Asahi Kasei a développé un procédé permettant de produire des polycarbonates à partir d'oxyde d'éthylène et de bisphenol A, en utilisant du CO2 comme agent de carbonylation.	● ● ●	● ○ ○
Fabrication d'éthanol	<ul style="list-style-type: none">Des chercheurs de l'Oak Ridge National Laboratory sont parvenus en laboratoire à convertir du CO2 en éthanol (applications pour l'agroalimentaire, comme carburant...). Des travaux supplémentaires doivent démontrer l'applicabilité industrielle de cette technique.	● ○ ○	● ● ●

La valorisation du CO2 dans le secteur de la chimie pourra prendre des formes très diverses. La fabrication de méthanol apparaît à ce jour comme l'usage nouveau le plus prometteur. Sous réserve d'efforts de R&D suffisants, le développement de ces usages sera une opportunité pour créer, maintenir, voire relocaliser en France, des activités dans le secteur de la chimie.

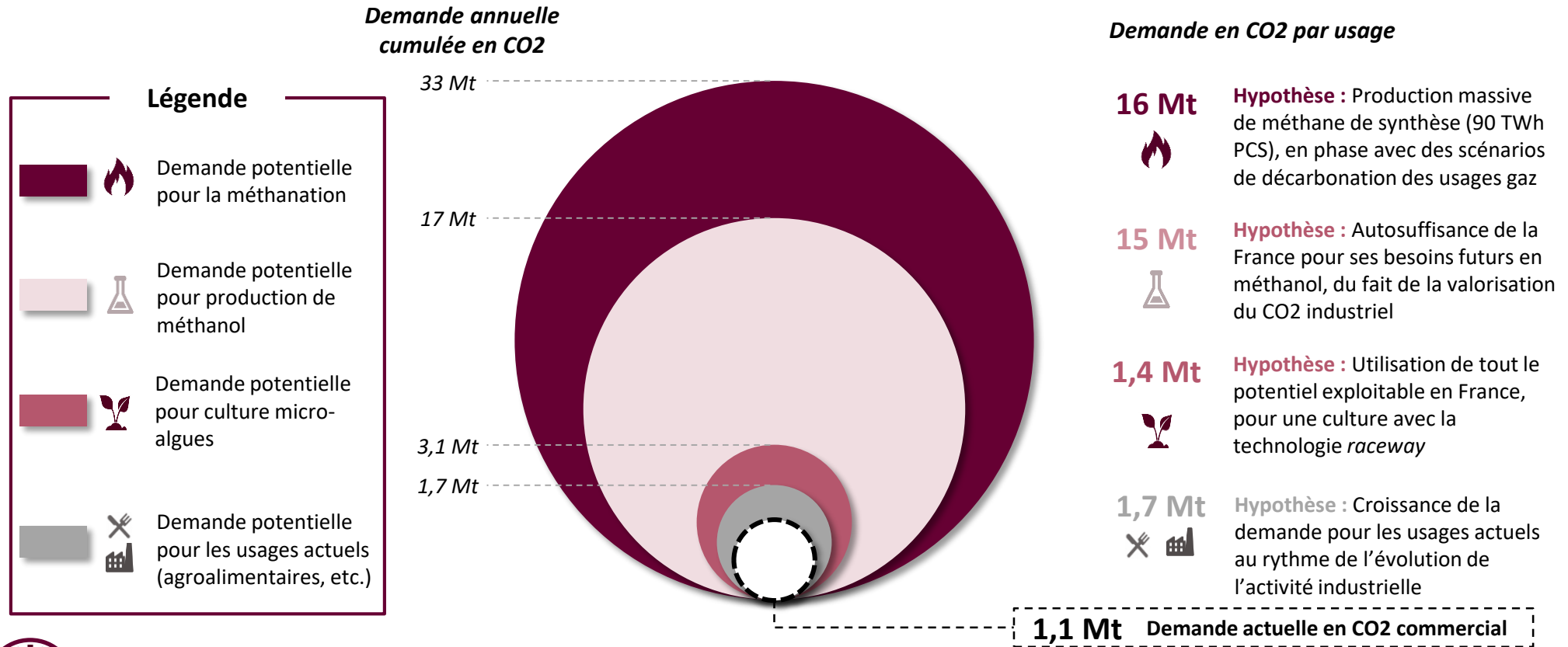
(1) La maturité des usages est évaluée sur 3 niveaux : 1 - en phase de développement, 2 - tests en conditions réelles, 3 - maturité commerciale

(2) Le potentiel est évalué sur 3 niveaux : 1 - faible, 2 - modéré, 3 - fort

3 De nouveaux usages à fort potentiel de développement

De nouveaux débouchés qui feront exploser la demande en CO2

Potentiel estimé de développement de la demande française en CO2 en 2050 pour des usages clés, dans une perspective de mise en œuvre d'une transition écologique ambitieuse



La demande française en CO2 pour ses usages actuels pourrait croître de moitié d'ici 2050. Les usages nouveaux en lien avec la transition écologique représentent toutefois les relais de croissance les plus prometteurs. A elle seule, la demande potentielle en CO2 pour la méthanation et la production de méthanol équivaut ainsi à 30 fois le volume du marché actuel.

*Estimations Sia Partners réalisées sur la base des études prospectives *Scénarios Energie-climat ADEME 2035-2050 (2017)*, *Un mix de gaz 100% renouvelable en 2050 ? (ADEME, GRDF, GRTgaz, 2018)* et *Low carbon energy and feedstock for the European chemical industry (DECHEMA, 2017)*

Sommaire

1

Executive Summary

2

Le marché du CO2 en France

3

De nouveaux usages à fort potentiel de développement



4

Vers des logiques de boucles locales

5

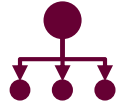
Recommandations

4 Vers des logiques de boucles locales ?

Apparition de circuits décentralisés laissant entrevoir le positionnement de nouveaux acteurs

Filière CO2 en 2019

Un faible nombre d'unités de production et une demande diffuse



Captage centralisé dans les fumées industrielles

- Unités de production d'ammoniac
- Unités de production d'hydrogène
- Unités de production de bioéthanol

Transport routier

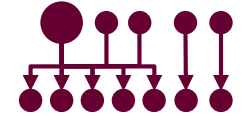
- Sous forme gazeuse
- Sous forme liquide
- Sous forme de glace

Consommation pour des activités industrielles souvent éloignées des centres de captage

- Agro-alimentaire
- Procédés transverses
- Agriculture
- Chimie
- Matériaux
- Autres activités

Filière CO2 en 2030 et au-delà

Une logique d'atomisation du marché aval pour desservir la demande destinée à des usages traditionnels et nouveaux, concentrés ou diffus



Captage centralisé dans les fumées industrielles

- Unités de production d'ammoniac
- Unités de production d'hydrogène
- Unités de production de bioéthanol
- **Autres industries (raffineries, etc.)**

Captage de sources décentralisées

- CO2 contenu dans du biogaz
- Captage atmosphérique

Transport routier

- Sous forme gazeuse
- Sous forme liquide
- Sous forme de glace

Transport par canalisation

- Nouveaux réseaux de transport de CO2
- Réseaux reconvertis des GRT et GRD de gaz (1)

Réseau local

- Plateforme industrielle
- Site de production de biogaz (ferme, station d'épuration...)

Consommation pour des activités industrielles éloignées des centres de captage

- Agro-alimentaire
- Procédés transverses
- Agriculture
- Chimie
- Matériaux
- Energie
- Autres activités

Consommation locale

- Plateforme pétrochimique
- Production de méthane par méthanation (valorisation du CO2 et d'hydrogène)
- Culture de microalgues

Légende

- Apparition de nouvelle brique dans la chaîne de valeur

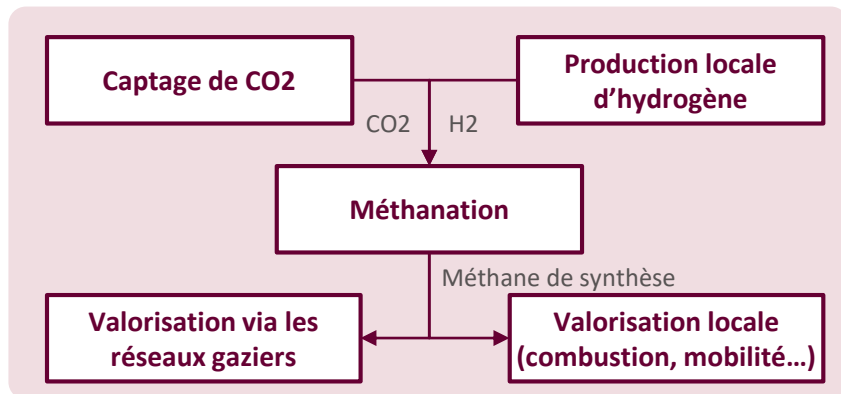


L'augmentation de la taille du marché du CO2 et le développement d'usages innovants créeront des opportunités pour des nouveaux entrants dans cette filière, avec l'apparition de logiques décentralisatrices le long des différentes étapes de la chaîne de valeur.

4 Vers des logiques de boucles locales ?

La méthanation : exemple d'un usage émergent créant des synergies entre différentes filières au sein d'un territoire

Fonctionnement d'une boucle de méthanation



La méthanation : un levier de décarbonation du mix gaz...

- Valorisation d'un hydrogène produit via des sources renouvelables, **sans nécessité d'adapter ou de construire de nouvelles infrastructures gazières**
- **Production de gaz décarboné dans des territoires avec peu de ressources valorisables** pour une production de biogaz

...Mais dont la pertinence des modèles d'affaires reste à démontrer

- Des CAPEX élevés entraînant des coûts de production de méthane de synthèse peu compétitifs : coûts de production à horizon 2050 estimé à 160-185€/MWh_{PCS}, contre 115-120€/MWh_{PCS} pour l'hydrogène produit par P2G et 20-80€/MWh_{PCS} pour le biogaz produit par méthanisation.*



Exemples de projets menés en France

Projet Jupiter 1000



Production d'hydrogène par électrolyse de l'eau et méthanation catalytique avec du **CO2 capté dans des fumées industrielles**. Injection d'hydrogène et de méthane de synthèse dans les réseaux de transport de gaz.



Acteurs : GRTgaz, Atmosat, CEA, CNR, Leroux&Lotz, Port de Marseille Fos, McPhy, RTE, Teréga



Budget : 30 M€

Projet METHYCENTRE



Valorisation de déchets agricoles par méthanisation et **valorisation du CO2 contenu dans le biogaz**, par méthanation catalytique, avec de l'hydrogène produit par électrolyse à partir de sources renouvelables. (mise en service prévue en 2021)



Acteurs : Storengy, AREVA H2gen, Atmosat, CEA, région Centre-Val-de-Loire, Syndicat intercommunal d'énergie d'Indre-et-Loire, Chambre d'agriculture Loir-et-Cher, Jeune Chambre Economique de Tours, S2E2



Budget : 14 M€



La méthanation de l'hydrogène est un exemple d'usage innovant du CO2 suscitant un intérêt croissant, en lien avec des objectifs de décarbonation des réseaux gaziers et de valorisation des ressources d'un territoire. Mais sa pertinence économique reste conditionnée à un prix élevé du CO2.

Sommaire

1

Executive Summary

2

Le marché du CO2 en France

3

De nouveaux usages à fort potentiel de développement

4

Vers des logiques de boucles locales

5

Recommandations

Recommandations : des actions de court terme pour renforcer la crédibilité des messages politiques et favoriser la mise à l'échelle de nouvelles filières françaises de valorisation du CO2



Développer et appliquer au niveau européen une **méthodologie de valorisation par le marché EU ETS des émissions évitées grâce à l'utilisation de CO2 fatal**, applicable en cas d'échanges entre producteurs et consommateurs de CO2



Inscrire dans le droit européen et le droit national un **prix du CO2** cible en 2050, avec un corridor d'évolution du prix sur des pas de temps de cinq années.



Développer des groupes de travail réunissant industriels du secteur, instituts de recherche et acteurs publics (ADEME, DGEC...) pour identifier des modèles d'affaires pertinents, lister les freins et les leviers, définir le prix du carbone nécessaire à l'émergence de nouveaux usages, encourager les prises d'initiatives et les partenariats.



Estimer le potentiel de création d'emplois que représente le développement de la filière pour évaluer les bénéfices des politiques publiques visant à soutenir ces nouveaux usages du CO2.



Amplifier les **soutiens financiers accordés à des projets de R&D et de démonstrateurs** destinés à augmenter les niveaux de maturité des technologies.



Mettre en place de manière provisoire un mécanisme de **complément de rémunération pour les producteurs de CO2 captant des sources décentralisées** (CO2 contenu dans le biogaz, dans les fumées d'usines de tailles modestes, CO2 atmosphérique...) pour favoriser l'essor de nouvelles boucles locales, dans une logique d'économie circulaire.



Créer un **label pour les produits fabriqués en recourant à des techniques de valorisation du CO2** afin de renforcer leur image de marque et de les **différencier par rapport filières industrielles classiques**.



Charlotte de LORGERIL

Associate Partner

Mail: charlotte.delorgeril@sia-partners.com

Tel: +33 6 24 73 18 34

 @cdelorgeril



Alexis BOULLIER

Consultant senior

Mail: alexis.boullier@sia-partners.com



Yann LESESTRE

Consultant

Mail: Yann.lesestre@sia-partners.com



**Le magazine Energies et Environnement
de Sia Partners**

<http://energie.sia-partners.com/>

<http://energylab.sia-partners.com/>

 @SiaEnergie