



solutions techniques et R&D pour le collectif et l'industriel

8 octobre

Toulouse

En partenariat avec :



LA CAPTATION CO₂ (CCUS) un atout supplémentaire pour le bois-énergie ?

SOMMAIRE

- **Etats des lieux du CCUS**
- **CO₂ biogénique et ses applications**
- **Potentiel et conditions de développement du CCUS**
- **Scenarii pour le parc bois-énergie**
- **Conclusion**

CCUS – Etat des lieux

- **CCUS = Capture Carbone Utilisation et Stockage**
- **Emissions annuelles de CO₂ en France → 373 MtCO₂e (en 2023)¹**
- **Le CO₂, consommé aujourd'hui**
 - un intrant de différents secteurs industriels → 0.5 à 1 MtCO₂/an²
 - correspondant majoritairement à des marchés de niche³
 - **70%** → Agro-alimentaire
 - **30 %** → Agriculture, Matériaux, Chimie, Autre activités
 - Un marché du carbone capté est **limité pour les usages actuels**
- **Les futurs marchés auront besoin d'une grande quantité de CO₂ biogénique**

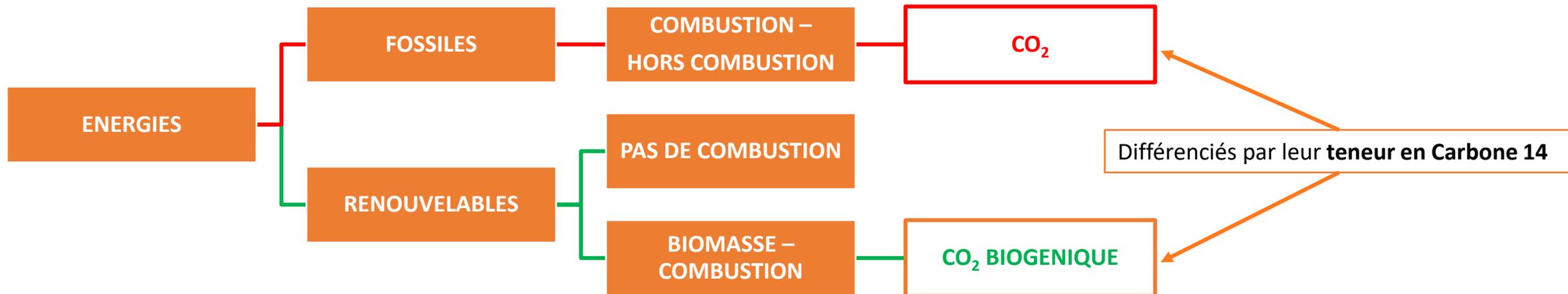
1. CITEPA, Emissions de GES en France, 2023

2. Haut Conseil pour le Climat, Avis sur la stratégie de CCUS, novembre 2023

3. SIA PARTNERS, Contribution des différents leviers à la réduction des émissions selon le scénario volontariste de l'AIE (SDS)

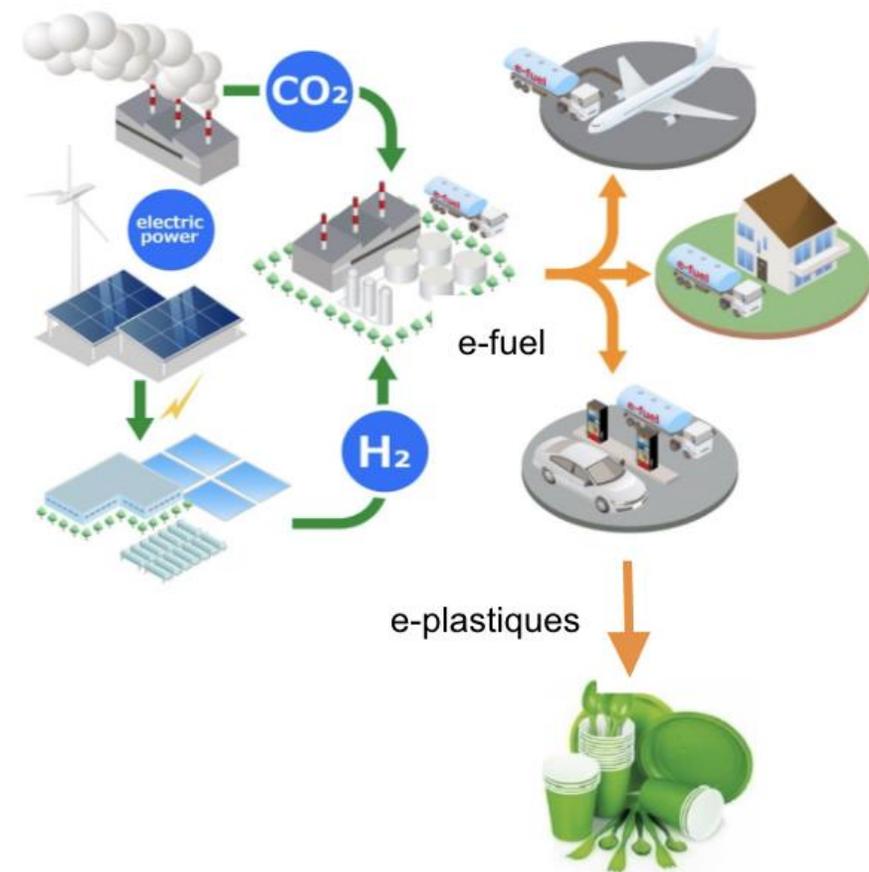
CCUS – Le CO₂ biogénique

- On distingue 2 types d'énergies
 - D'origine **fossile** (à extraire) → gaz, pétrole, charbon, ...
 - D'origine **renouvelable** → provient du vent, de la mer, du soleil, de la biomasse, ...
- On distingue désormais aussi 2 types de CO₂
 - D'origine **fossile**
 - **Biogénique** → privilégié dans toutes les **feuilles de route** environnementales mondiales



Transformation du CO₂ en carburant synthétique

- Procédés permettant de produire des hydrocarbures à partir de CO₂ et de H₂ :
 - $\text{CO}_2 + \text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_4$
 - $n\text{CO}_2 + (n+1)\text{H}_2 \rightarrow \text{C}_n\text{H}_2(n+1)$
- Tous les types de carburants sont réalisables par voie de synthèse, pour tous les usages, types de combustion ainsi que tous types de production de plastiques
- Le procédé “Fischer-Tropsch” est particulièrement optimisé depuis plus d’un siècle par les pays en guerre ou en pénurie de ressources fossiles
- Le pétrole de synthèse est dit “biogénique” si les intrants le sont :
 - H₂ produit par électricité décarbonée
 - CO₂ biogénique
 - synthèse chimique réalisée par électricité décarbonée



Carburants Durables d'Aviation (CDA ou SAF)

• Depuis octobre 2023, la réglementation européenne SEQE impose des seuils minimaux¹ de CDA dans les réservoirs :

- 2 % en 2025
- 5 % en 2030
- 50 % en 2050

• Les **CDA autorisés** sont des carburants issus :

- de **matières premières durables** (biogénique)
- de **l'hydrogène**

Besoin en SAF	2030	2035	2040	2050
<i>Monde</i>	20 Mt	70 Mt	185 Mt	400 Mt
<i>Europe</i>	2.5 Mt	10 Mt	16 Mt	30 Mt
<i>France</i>	0.5 Mt	2 Mt	3 Mt	6 Mt
Besoin France CO₂ biogénique	2.5 Mt	10 Mt	15 Mt	30 Mt

3 TYPES DE SAF SELON LES INTRANTS UTILISÉS¹

	CO ₂ issu ...	H ₂ issu ...	Energie	Inconvénients / Avantages
Bio-SAF	Biomasse	Biomasse	Biomasse	Conso importante de biomasse Faible capacités de production
E-BioSAF	Biomasse	Biomasse + Electrolyse		
E-SAF	L'atmosphère ou de sources biogéniques (fumées)	D'une électrolyse à énergie bas carbone (hydrogène vert)	Energie bas carbone	CO₂ disponible en excès Grandes capacités de production

Pour produire 1 tonne de SAF il faut **5 tonnes de CO₂ biogénique**

L'e-SAF est le seul privilégié dans l'aviation, demandant des **centaines de millions de tonnes par an.**

1. Académie des technologies, la décarbonation du secteur aérien par la production de carburants durables

CCUS – Conditions pour lever les freins

Transparence nécessaire

- La traçabilité de la **provenance** du CO₂
- La limitation des **consommations** énergétiques
→ **recours limité à des énergies carbonées**
- Les **usages non carbonés**

Vers une massification et un stockage des nouvelles chaînes de valeur

- Captages des sites identifiés
- Transport → par **canalisation** et distribution via un réseau
- Usages → nouveaux **usages massifiés**
- Stockage → privilégier le **stockage géologique**

Des efforts de R&D doivent permettre d'améliorer la compétitivité

- **Améliorer les rendements** des technologies de captation
- **Réduire les coûts élevés** sur toute la chaîne CCUS
- **Développer les infrastructures** de transport et de stockage
- **Créer un cadre réglementaire**
(notamment sur le stockage géologique)

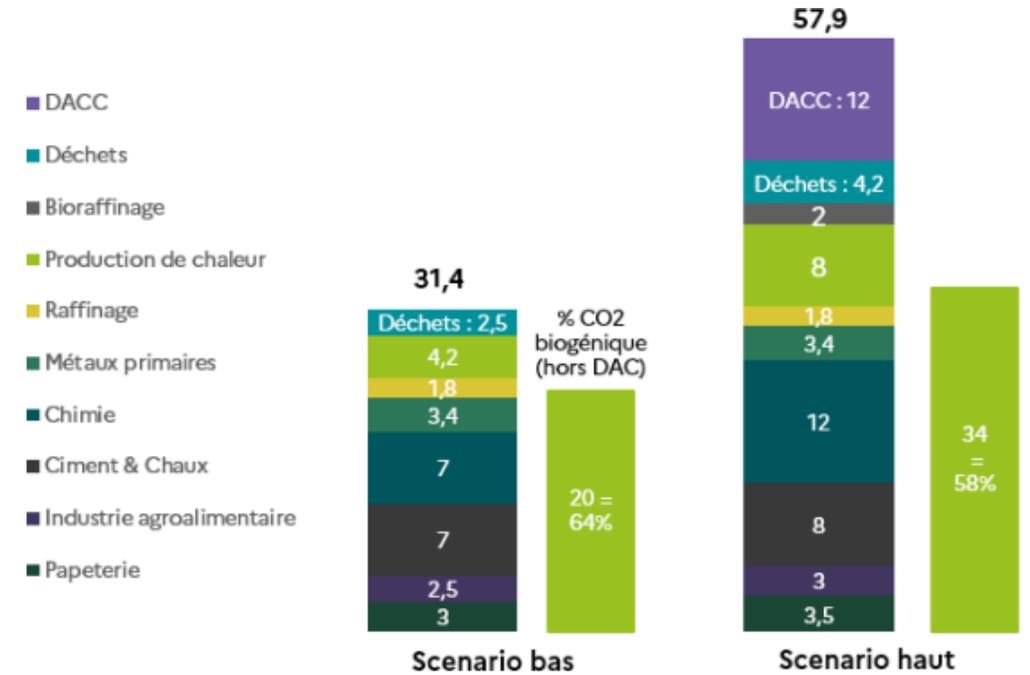


Figure 2 : Prévisions 2050 en MtCO₂/an captées, par origine et par destination

CCUS – Technologies de captation

- **La précombustion**

- Convertir la biomasse en **gaz riche en H et CO₂** avant combustion, puis séparer le CO₂

- **L'oxycombustion**

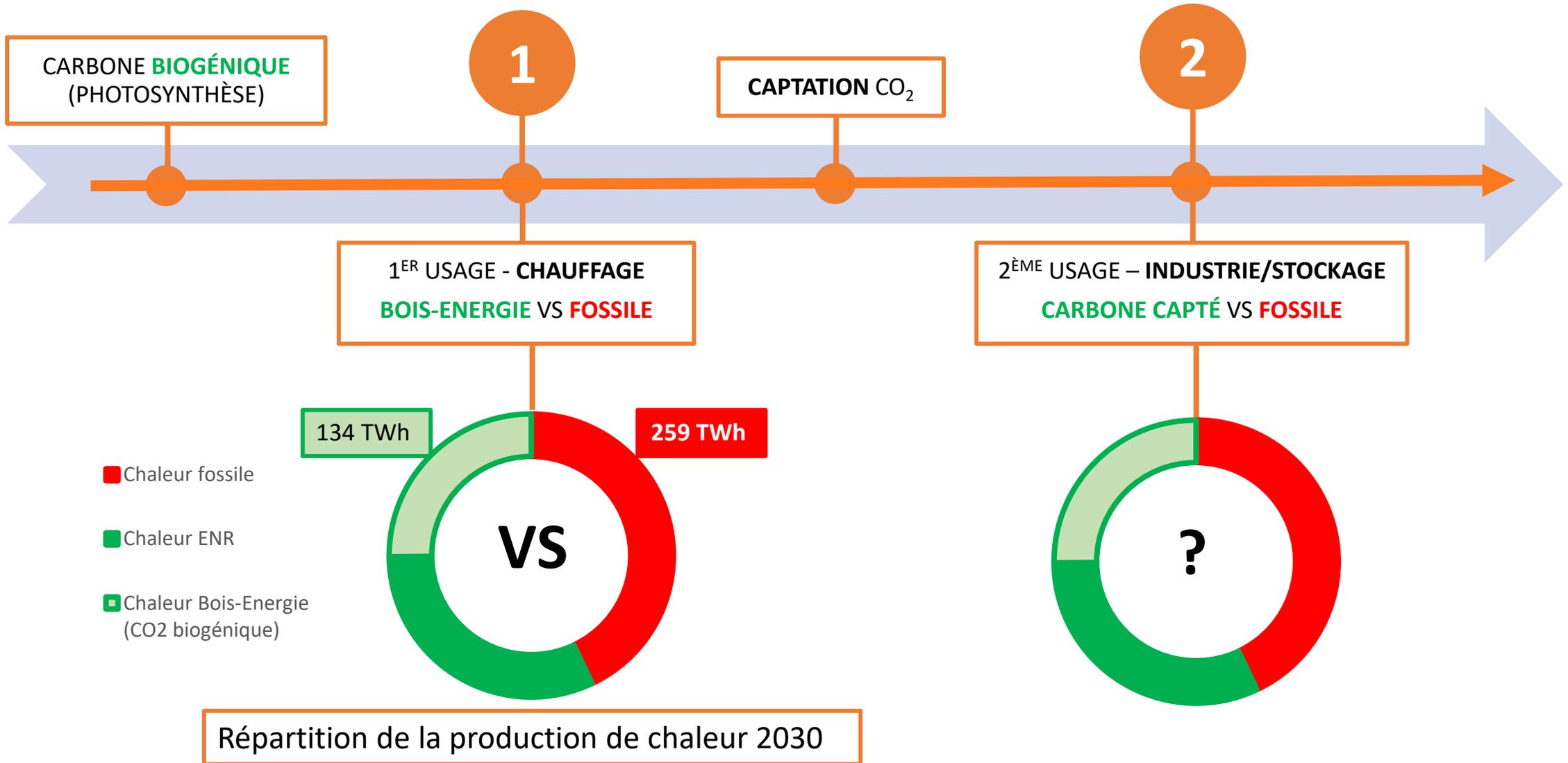
- Brûler le bois dans une **atmosphère d'O₂ pur (>95%)** plutôt que d'air
 - → difficulté de maîtrise de la chaleur du foyer de combustion
 - **Flux de gaz plus concentré en CO₂**

- Par extension → la technologie **d'enrichissement en oxygène** (même principe)
 - **Pourcentage d'oxygène introduit plus faible** (environ 30% voire 80%)
 - Une **substitution de l'azote avec l'oxygène** s'opère
- Ex. Carbodown

- **La post-combustion**

- Capturer le CO₂ **après la combustion** du bois souvent **via des solvants chimiques** qui absorbent le CO₂
- Ex. Carbon Impact – Vyncke/Save Energy

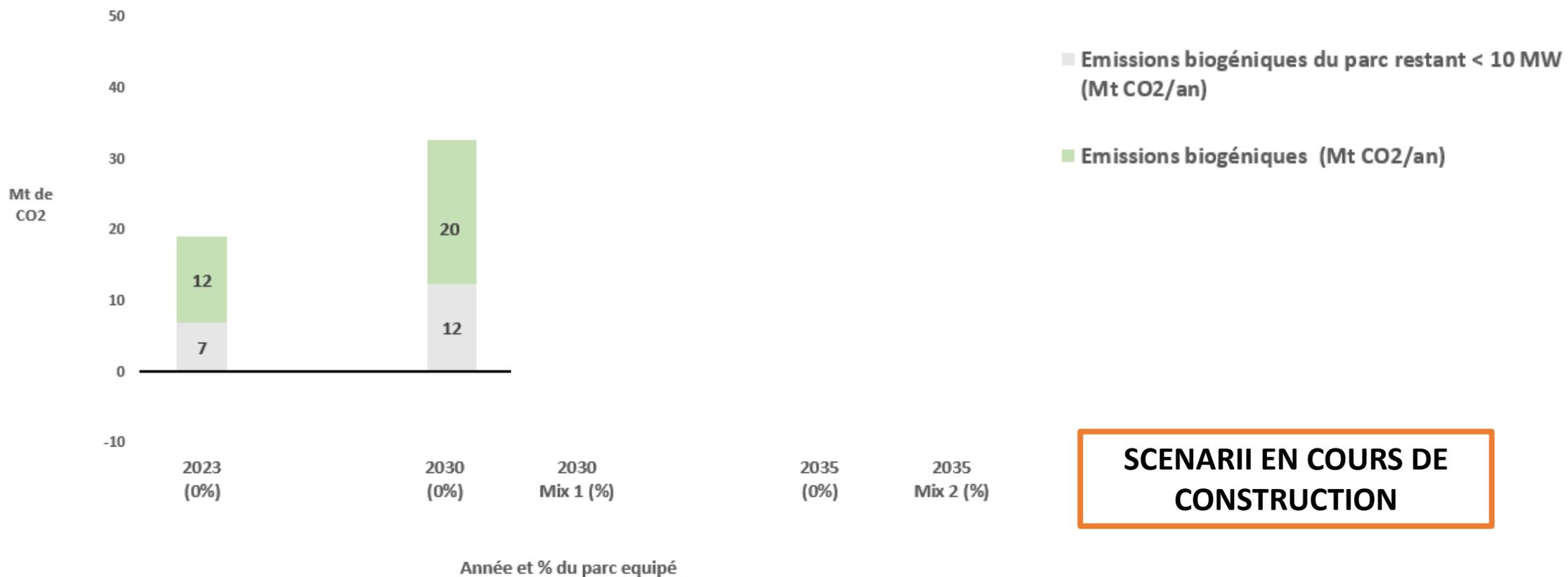
BECCS – Double effet de substitution



BECCS – Projections pour le parc Bois Energie



Potentiel de captation du CO2 bioérogénique des installation biomasses > 10MW

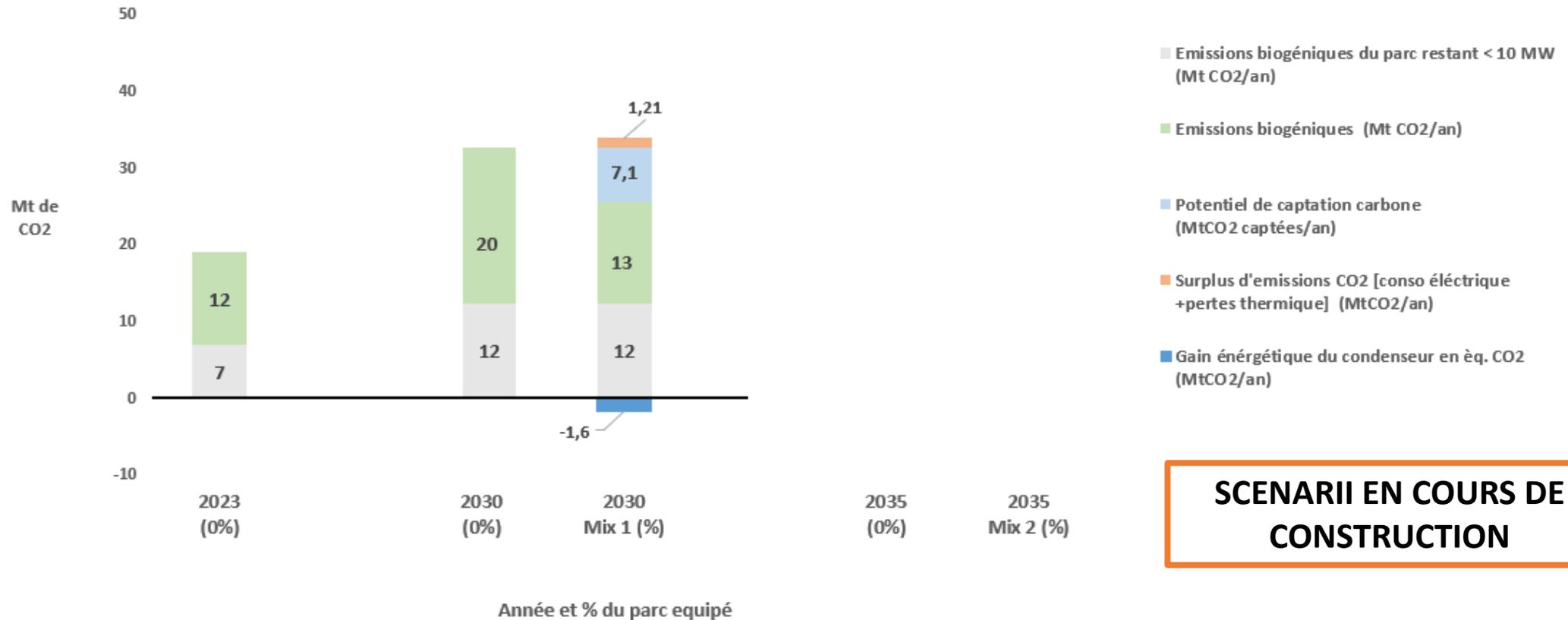


SCENARII EN COURS DE CONSTRUCTION

Scénarii co-construits avec la participation de : Carbon Impact / Carbodown / Vyncke (Save Energy)

BECCS – Projections pour le parc Bois Energie

Potentiel de captation du CO2 bioérogique des installation biomasses > 10MW



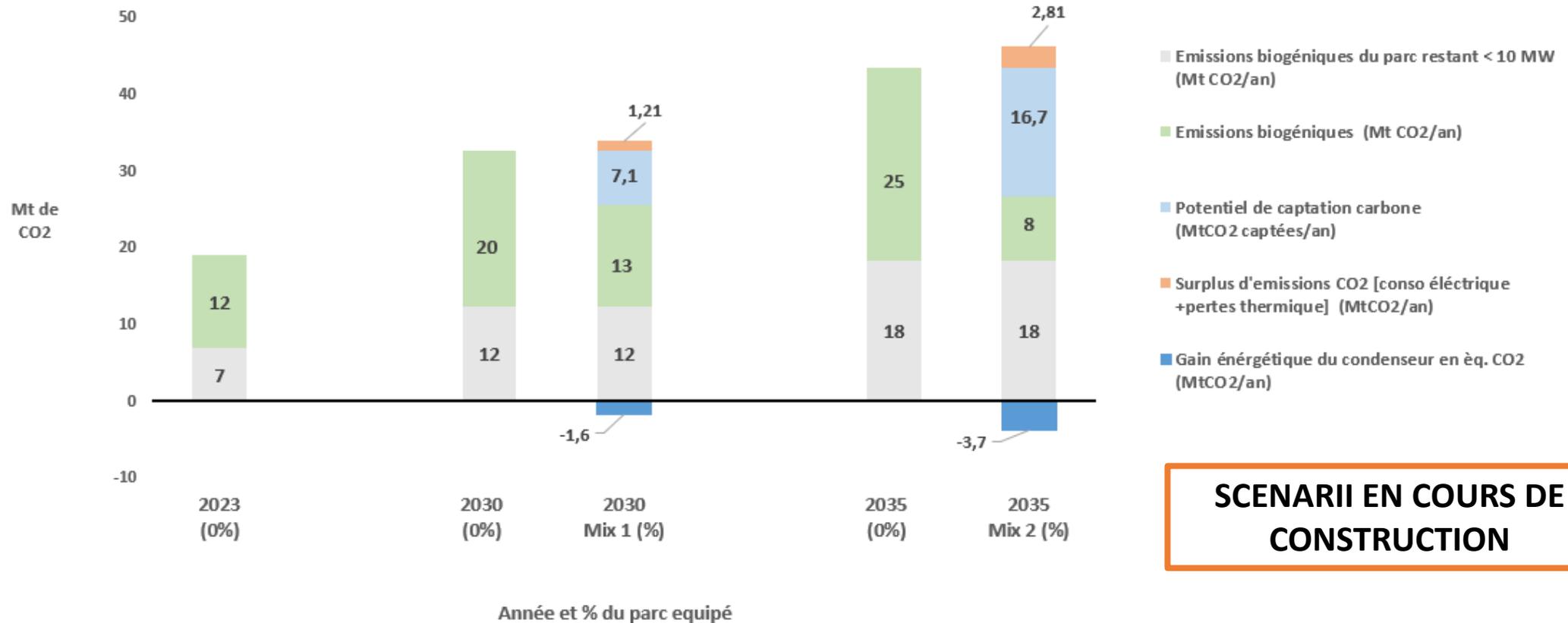
SCENARII EN COURS DE CONSTRUCTION

Hypothèses du taux implémentation de la capture par gamme de puissance

- **2030 - Mix 1** : 40% du parc >20MW équipé + 25% du parc entre 10MW et 20MW équipé

BECCS – Projections pour le parc Bois Energie

Potentiel de captation du CO2 bioérogique des installation biomasses > 10MW



SCENARII EN COURS DE CONSTRUCTION

Hypothèses du taux implémentation de la capture par gamme de puissance

- 2030 - Mix 1 : 40% du parc >20MW équipé + 25% du parc entre 10MW et 20MW équipé
- 2035 - Mix 2 : 75% du parc >20MW équipé + 50% du parc entre 10MW et 20MW équipé

CCUS – Conclusion

CCUS → un levier de décarbonation clés

- Pour réduire d'environ **10%¹** les émissions de CO₂ industrielles d'ici 2030
- vers un **transport par canalisation, des usages massifiés , un stockage géologique**

BECCS → une opportunité pour la filière du Bois Energie et un axe différent

- une **double substitution** aux énergies fossiles
- une **ressource carbone délocalisée** proche des consommateurs (stockage non pertinent)
- Répondre aux **nouveaux usages massifs de CO₂ biogénique** (e-SAF, Bioplastique, Bioéthanol)

Investir dans la R&D BECCS BE → pour dynamiser son déploiement dans la filière bois énergie

- **Consolider les scenarii** de projection (hypothèses dont l'usage)
- **Soutenir l'expérimentation** pour évaluer les couts, augmenter les rendements et lever les freins