



# L'étude prospective du Club CO<sub>2</sub> sur les emplois créés en France par le développement des filières CCU et CCS à l'horizon 2050 :

Un éclairage inédit sur les créations d'emplois, mais également sur les besoins métiers et compétences  
Septembre 2024

## Synthèse

A la suite de l'étude du Club CO<sub>2</sub> réalisée en 2023 sur les infrastructures de transport de CO<sub>2</sub> et élaborée à partir de scénarios construits sur les hypothèses des scénarios de l'étude ADEME Transitions 2050, le Club CO<sub>2</sub> a souhaité qualifier et quantifier l'impact que le développement des filières CCU et CCS industrielles pourrait avoir sur l'emploi en France. Il a donc commandité une étude sous pilotage de la société Enerdata avec la contribution des sociétés IN NUMERI et IP INSIDE et un soutien financier de l'ADEME.

Cette étude a été réalisée en 2024 sur la base des travaux menés pour l'étude sur les infrastructures de transport de CO<sub>2</sub>, d'études complémentaires externes et de la consultation des membres du Club CO<sub>2</sub> avec pour objectifs :

- De détailler les technologies potentielles utilisables pour l'atteinte de ces scénarios et de comprendre leurs impacts potentiels sur l'emploi, en particulier en France.
- De chiffrer les emplois directs, indirects et induits créés en 2030 et 2050 dans chacun de ces scénarios
- De qualifier les métiers et compétences associés au développement des filières CCU et CCS.

Les résultats permettent d'estimer que le développement des filières CCU et CCS pourrait créer sur le territoire français à l'horizon 2050 :

- Entre **7 000 et 15 000 emplois temps pleins (ETP) liés aux investissements en moyenne par an** soit 171 000 à 362 600 emplois totaux (directs, indirects et induits) sur 25 ans (développement et construction des unités de captage, de transport, de stockage et de valorisation). Les emplois d'investissements sont des emplois temporaires qui évoluent fortement dans le temps au rythme du déploiement des installations de nouvelles unités de captage, transport, stockage ou utilisation de CO<sub>2</sub>. Cette étude estime que la création d'emplois d'investissement commencera à accélérer à partir de 2030 et connaîtront un pic autour de 2035 qui dépendra du rythme d'installation réel. Vu la durée de vie des installations, aucun renouvellement d'installations n'a été envisagé d'ici 2050.
- **Entre 12 000 et 55 000 emplois totaux liés à l'exploitation** des installations ainsi construites (opérateurs, maintenance ...) d'ici 2050. Les emplois d'exploitation et maintenance sont des emplois pérennes. Leur nombre est supposé grandir progressivement jusqu'en 2050 avec une accélération après 2030.
- **Les emplois directs représentent environ la moitié de ces chiffres** (45% pour les emplois d'investissement, 55% pour les emplois d'exploitation).

Une analyse des **emplois qui sont susceptibles d'être préservés** par le développement de la filière captage a également été réalisée. Cette analyse estime qu'**entre 18 000 et 77 000 emplois sont susceptibles d'être impactés par ce développement**. Ce chiffre est estimé après exclusion des activités non délocalisables et de celles devant de toute manière se reconverter.

Une grande partie des compétences nécessaires au développement des filières CCU et CCS sont déjà présentes parmi les acteurs de l'industrie (ex. raffineries, pose de pipelines ...). En revanche, les volumes anticipés par les scénarios de cette étude mettent en avant un **risque fort de tension sur les métiers de soudeur, tuyauteur-canalisateur, chaudronnier, technicien mécanicien et électricien** qui sont déjà difficiles à recruter aujourd'hui et qui risquent de se retrouver en compétition avec le développement d'autres filières de la transition énergétique.

CLUB CO<sub>2</sub> - 1-4 avenue de Bois Préau 92500 Rueil Malmaison

**Numéro SIRET : 820 694 255 00010 - Code APE : 9499Z**

Développement de la filière CCUS en France : Etude prospective des besoins métiers et compétences

Communication publique du Club CO<sub>2</sub> - tous droits réservés

Cette étude a été suggérée par le GT Stratégie du Club CO<sub>2</sub> et a été financée par le Club CO<sub>2</sub> et l'ADEME.

## Auteurs

Enerdata, IN NUMERI, IP INSIDE

## Comité de pilotage de l'étude

ADEME,

Membres du Club CO<sub>2</sub> : EDF, MGH energy, NaTran (GRTgaz), Akkodis

## Qui est le Club CO<sub>2</sub> ?

Le Club CO<sub>2</sub> est une association regroupant, au 1<sup>er</sup> janvier 2025, 86 membres français parmi des industriels, des acteurs publics et académiques engagés dans la maîtrise et la réduction des émissions de CO<sub>2</sub>.

Les membres sont actifs sur l'ensemble de la chaîne de valeur du CSCV (technologie, conception, équipements, chaîne d'ingénierie, services de gestion et de transport de gaz, opérations de stockage du CO<sub>2</sub>, notamment géologique). Certains membres sont aussi des acteurs de la R&D et centres de développement et d'innovation technologiques, des associations, ou encore des industriels émetteurs qui veulent réduire leurs émissions de CO<sub>2</sub>. Le Club CO<sub>2</sub> est un lieu d'information, d'échange et de réflexion collective, sur les enjeux, les problématiques communes aux membres, et les orientations scientifiques, politiques et stratégiques de la filière CSCV.

## Commentaire de l'ADEME sur cette étude

« L'étude ci-dessous a été menée dans un objectif nécessaire d'anticipation des besoins en emplois pour faciliter la transition et le développement de nouveaux secteurs d'activité. Elle met en lumière les futures compétences requises ainsi que de potentiels métiers « en tension », dans le cadre du développement de la filière CCUS.

Si l'étude donne des estimations sur le besoin important d'emplois dans cette filière, il est en revanche indispensable de rappeler que compte tenu de la méthodologie et des hypothèses prises en compte, les chiffres présentés ne constituent que des ordres de grandeur à prendre avec beaucoup de précaution.

Il convient ainsi de rappeler la difficulté méthodologique associée à la définition des « emplois préservés », et donc la grande prudence qu'il est nécessaire d'adopter à la lecture des estimations de ce type d'emplois. De plus, rappelons que les emplois indirects sont des emplois nécessaires à la réalisation des activités de CCS et CCU mais pas dépendants de celles-ci.

Par ailleurs, cette étude se base sur 4 scénarios dont la graduation s'inspire des univers des travaux prospectifs Transition(s) 2050 de l'ADEME. Néanmoins ces scénarios A, B, C et D proposent des hypothèses de besoin de CCUS très supérieurs, déterminées par deux principaux aspects particulièrement différenciants par rapport aux travaux ADEME :

- Un périmètre de captage étendu à des sites industriels peu émetteurs (>1 ktCO<sub>2</sub>/an pour les sources biogéniques et >5 kt CO<sub>2</sub>/an pour les sources anthropogéniques par rapport aux 100 kt CO<sub>2</sub>/an dans l'avis CCS de l'ADEME) sans priorisation des leviers de décarbonation possibles,
- La prise en compte des évolutions réglementaires récentes sur le développement des e-fuels, sans analyse systématique en termes de production d'H<sub>2</sub>, de capacité d'énergies renouvelables à développer ou de mobilisation de la biomasse.

## ACRONYMES UTILISES

ATJ	Alcohol to Jet
CCS	Carbon Capture and Storage
CCU	Carbon Capture, Utilisation
EOR	Enhanced Oil Recovery
EPC	Engineering, Procurement, and Construction.
FEED	Front-End Engineering and Design. (Ingénierie de base)
GES	Gaz à Effet de Serre
GNL	Gaz Naturel Liquéfié
GPL	Gaz de Pétrole Liquéfié
IAA	Industries Agro-Alimentaires
OME	Oxyméthylène
MEA	Monoethanolamine, amine utilisée dans les technologies de captage
MDEA	Methyldiethanolamine, amine utilisée dans les technologies de captage
RWGS	Reverse Water Gas Shift
TEA	Analyse Technico-Economique
TRL	Technology Readiness Level

# 1 OBJECTIFS DE L'ÉTUDE

Ce document est la synthèse publique d'une étude sollicitée par le Club CO<sub>2</sub> dont l'objectif final est de **qualifier et quantifier l'impact que le développement des filières industrielles CCU et CCS pourrait avoir sur l'emploi en France.**

Cette étude a été réalisée par les cabinets de consultants, Enerdata, In Numeri et IP Inside, avec une participation et un soutien financier de l'ADEME. Elle s'inscrit dans **la continuité d'une étude précédente** (dénommée dans ce document « étude infrastructures »<sup>1</sup>), finalisée début 2023 visant à l'identification des perspectives de développement des infrastructures qui seront nécessaires au transport du CO<sub>2</sub> capté en France vers des sites de valorisation ou de stockage géologique à l'horizon 2030 et 2050. Cette précédente étude a élaboré 3 scénarios de développement des filières CCU et CCS construits sur les hypothèses des scénarios de l'étude ADEME Transitions 2050.<sup>2</sup>

A partir de ces scénarios, les objectifs de l'étude présentée dans ce document sont :

- De détailler les technologies potentielles utilisables pour l'atteinte de ces scénarios et de comprendre leurs impacts potentiels sur l'emploi, en particulier en France.
- De chiffrer les emplois directs et indirects créés en 2030 et 2050 dans chacun de ces scénarios
- De qualifier les métiers et compétences associés au développement des filières CCU et CCS.

---

<sup>1</sup> [http://www.club-co2.fr/files/2023/05/Communication-du-Club-CO<sub>2</sub>-12-mai-2023-Etude-des-schemas-infrastructures-de-transport-du-CO<sub>2</sub>-en-France-vf.pdf](http://www.club-co2.fr/files/2023/05/Communication-du-Club-CO2-12-mai-2023-Etude-des-schemas-infrastructures-de-transport-du-CO2-en-France-vf.pdf)

<sup>2</sup> <https://www.ademe.fr/les-futurs-en-transition/>

## 2 METHODOLOGIE GLOBALE

### 2.1 Scénarios d'entrée de l'étude

L'étude capitalise sur les trois scénarios développés dans l'étude infrastructure ainsi que sur un scénario supplémentaire « Favorable export » (appelé « D » ici) qui est une variante du scénario C où le stockage onshore est remplacé par du stockage offshore.

Une synthèse des grandes hypothèses d'entrées associées aux trois scénarios de l'étude infrastructures ainsi que le détail pour le captage et la valorisation est disponible ci-dessous.

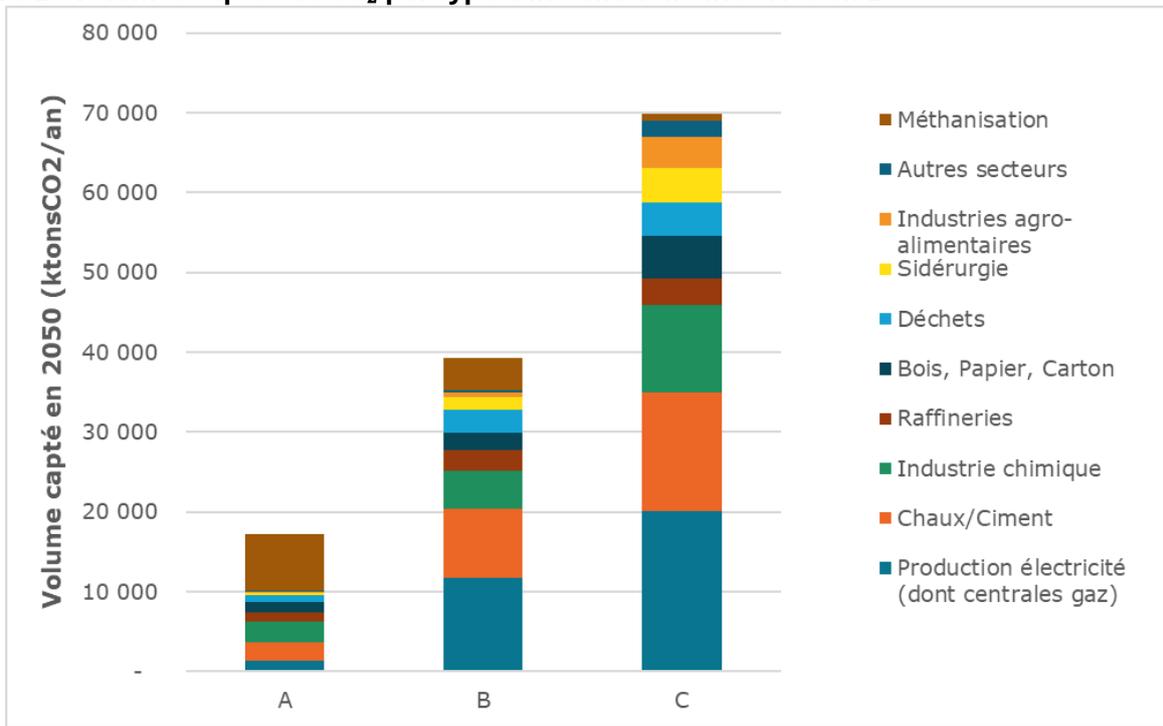
**Figure 1 - Synthèse des scénarios de l'étude infrastructures (dont scénario D ajouté)**

	Scenario A	Scenario B	Scenario C	Scenario D
Scenario ADEME sous-jacent	<b>S2 "Coopération territoriales"</b>	<b>S3 "Technologies vertes"</b>	<b>S4 "Pari réparateur"</b>	
Emissions	Très forte baisse des émissions associée à une baisse drastique de la demande et aux efforts d'efficacité énergétique	Forte baisse des émissions associée à l'investissement dans des technologies de décarbonation et l'exploitation de la biomasse / hydrogène	Baisse des émissions limitée par la volonté de sauvegarder les modes de vie et de consommation présents	
Description	CCUS utilisé en dernier recours pour les émissions non abatables	CCUS mobilisé parmi d'autres leviers de décarbonation	CCUS est le principal levier de décarbonation	CCUS est le principal levier de décarbonation et stockage uniquement à l'export
MT CO <sub>2</sub> /an captés à horizon 2050 (dont valorisés CCU)	17,1 (14,7)	39,3 (22,3)	69,9 (16,3)	69,9 (16,3)
Stockage offshore (export)	Oui	Oui	Oui	Oui
Stockage onshore (France)	Non	Non	Oui	Non

Source : Etude « Infrastructures », E-CUBE, DNV

Concernant le **captage**, les sites émetteurs sont répartis par type d'activité et par taille. Cette étude a extrapolé à partir des hypothèses de l'étude infrastructure les technologies de captage possibles. La figure ci-dessous représente la répartition de ces sites de captage par type d'activité et par scénario (le scénario D étant le même que le C à ce niveau). Là où la principale source de CO<sub>2</sub> sur scénario A est la méthanisation (captage du CO<sub>2</sub> rejeté par le processus de méthanisation) ; pour les autres scénarios les grandes installations industrielles (centrales électriques, industries cimentières, industries chimiques) représentent plus de la moitié des volumes captés.

**Figure 2 - Volumes captés de CO<sub>2</sub> par type d'installation émettrice en 2050**

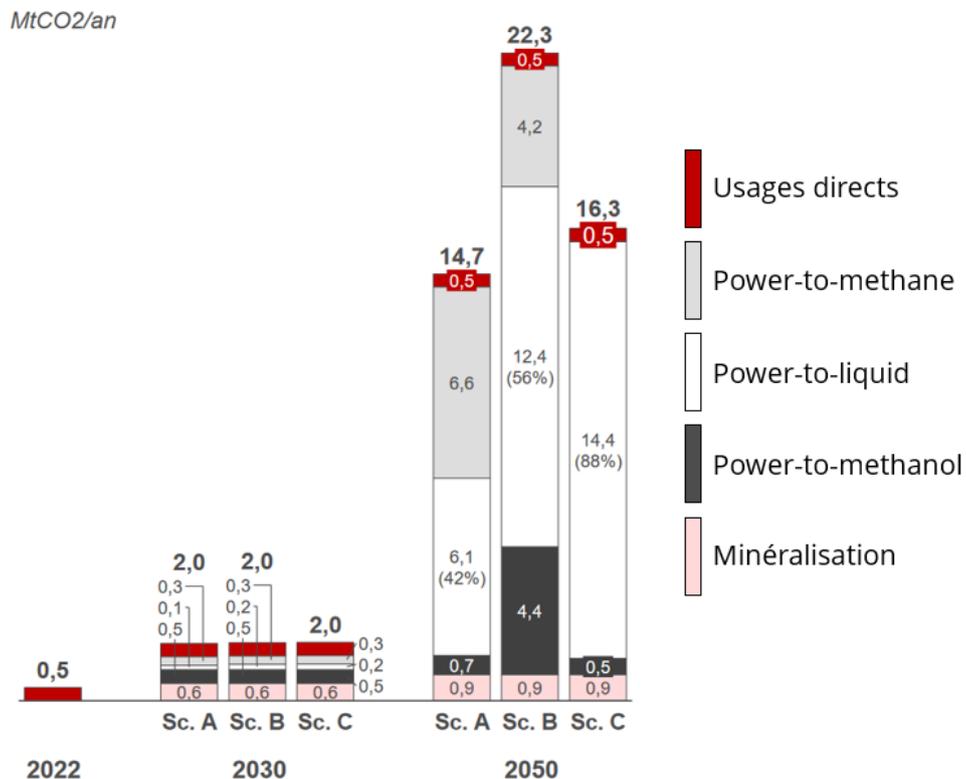


Source : Etude infrastructure 2023

Note : le captage de CO<sub>2</sub> dans l'air n'a pas été considéré dans cette étude.

Concernant la **valorisation**, trois voies principales de valorisation sont favorisées : la *power-to-methane* (principalement via des unités distribuées de méthanisation), la *power-to-liquid* (pour la production de e-Kérosène) et la *power-to-methanol* (pour la production de carburant maritime).

**Figure 3 Scénarios d'entrée d'évolution des volumes de CO<sub>2</sub> valorisés (Etude Infrastructure)**



Source : Etude Infrastructure 2023

Note : Les hypothèses de valorisation du scénario D sont exactement les mêmes que celles du scénario C.

## 2.2 Méthodologie

A partir de ces scénarios, un **état des lieux des filières CCU et CCS** et des technologies associées a été réalisé sur la base de :

- Une analyse documentaire de la littérature existante sur le sujet (en particulier IEA, Oxford Institute for Energy Studies, Global CCS Institute, EVOLEN, Agora Energywende, IRENA, Fuel, Concawe review)
- Une revue d'analyses technico-économiques (TEA) permettant de qualifier les coûts et emplois associés à chaque technologie de captage, de transport, de stockage et de valorisation modélisée
- Une campagne d'entretiens réalisée auprès de 13 acteurs français et internationaux
- Un sondage en ligne réalisé auprès de l'ensemble des membres du Club CO<sub>2</sub>

Cet état des lieux décrit la chaîne de valeur CCU et CCS, les technologies associées, leurs avantages et inconvénients et les principaux acteurs associés en insistant sur le rôle des acteurs français.

Il permet une meilleure compréhension du contexte associé à chacune des étapes physiques et de comprendre les acteurs les plus susceptibles de créer les emplois estimés par la suite sur le sol français.

L'analyse des TEA, couplée aux retours reçus en entretiens et par le sondage, ont permis d'estimer des **indicateurs de création d'emplois directs** (par exemple en ETP par tonnes de CO<sub>2</sub> capté, ETP par tonne de CO<sub>2</sub> valorisé ou ETP par installation) pour des cas types qui ont été utilisés pour le chiffrage des emplois pouvant être créés. Ces indicateurs ont été segmentés selon les critères qui paraissaient les plus structurants dans la création d'emploi au regard des éléments précédemment récoltés :

- La filière captage a été segmentée par volumes captés (installations captant moins de 200 ktCO<sub>2</sub>/an contre celles en captant plus).
- La filière utilisation a été segmentée en trois catégories d'applications représentant l'écrasante majorité des usages projetés : fabrication de e-kérosène, *power-to-methane*, et *power-to-methanol*.
- La filière transport a été séparée entre transport pipeline et transport routier. Le transport fluvial et maritime ne fait pas partie du périmètre de l'étude.
- Un indicateur unique<sup>3</sup> pour l'ensemble des projets de stockage a été retenu.

Ces indicateurs ont été utilisés pour estimer le potentiel total d'emplois directs lors de la réalisation du projet et lors de son exploitation pouvant être créés dans chacun des scénarios à horizon 2030 et 2050.

Sur la base de cette quantification, les emplois **indirects et induits** ont été estimés comme détaillé ci-dessous.

**Figure 4 - Définition des emplois directs et indirects liés au captage, transport, utilisation ou stockage du CO<sub>2</sub>**

---

<sup>3</sup> Basé sur les informations identifiées sur un projet de stockage canadien.

		DIRECTS	INDIRECTS	INDUITS
<b>Phase 1</b> <b>Réalisation du projet</b>	Captage Transports Utilisation Stockage	<ul style="list-style-type: none"> <li>Développement - ingénierie</li> <li>Fabrication des équipements</li> <li>Génie civil</li> <li>Pose des équipements</li> </ul>	Emplois liés aux consommations intermédiaires des productions directes : <ul style="list-style-type: none"> <li>Consommables</li> <li>Services</li> <li>Achats divers</li> </ul>	Emplois liés aux consommations des revenus distribués pour la production directe et la production indirecte en France
	<b>Phase 2</b> <b>Exploitation et maintenance</b>	Captage Transports Utilisation Stockage	<ul style="list-style-type: none"> <li>Opérateurs sur l'installation (ou chauffeurs des camions) et encadrement</li> <li>Administratifs d'exploitation</li> <li>Opérateurs de maintenance, réparation</li> </ul>	

En complément, des **études de sensibilité** ont été réalisées. Ces études prennent en compte quatre facteurs ayant la plus grande influence sur le nombre d'emplois créés : le **taux d'importation** des composants utilisés, les **ratios d'emplois** par activité utilisés, les **choix technologiques** (en particulier de captage), les capacités installées d'électrolyseurs.

Enfin, une estimation complémentaire des emplois pouvant être préservés par le développement des filières CCU et CCS a été réalisée.

En parallèle, les retours obtenus sur les métiers et compétences ainsi que la recherche documentaire ont permis d'établir une cartographie des métiers qui seront nécessaires au déploiement de ces technologies.

Les retours obtenus (questionnaires et entretiens) proviennent des sociétés suivantes : Airfix Carbon AG, Air Liquide, ArcelorMittal, Bureau Veritas, Chevron Oronite SaS, CO<sub>2</sub> Value, C-TEC Constellium Technology Center, CTMNC, CVA Group, Delft Inversion, Dioxycle, EDF, Eiffage, Explorair, GRDF, GRTgaz, IFP Energies Nouvelles, MGH energy, Revcoo, Spark e-Fuels, Sportlight Earth, SUEZ, TotalEnergies, Verso Energy. Des échanges réguliers ont également été faits avec le comité de pilotage de l'étude ainsi qu'avec le GT Stratégie du Club CO<sub>2</sub>.

## 2.3 Limitations

Cette étude est un exercice théorique et comporte en tant que tel des limitations.

L'étude part de l'hypothèse que les scénarios de l'étude infrastructure sont réalisés et **ne juge pas de leur pertinence ni de leur faisabilité**. Les hypothèses additionnelles qui ont été faites concernent certains choix technologiques pour arriver à ces scénarios uniquement.

Il y a une **forte incertitude technologique** sur les technologies qui seront privilégiées d'ici 2050 pour les filières CCU et CCS, en particulier dans les choix de technologies de captage. Ici, le choix a été fait de se concentrer sur la technologie la plus mature actuellement (l'absorption par amines) mais les indicateurs associés à d'autres technologies moins matures ont également été estimés pour comparaison. Ces indicateurs sont basés sur des études théoriques vu le manque de retours d'expérience à ce jour.

Les technologies de captage directe du carbone dans l'air et de stockage (DACCS) ne sont pas incluses dans cette étude. En revanche, les technologies de captage sur les centrales de production énergétique, notamment celles utilisant la biomasse (BECCS), sont prises en compte dans le périmètre, bien qu'il n'y ait pas d'analyse spécifique sur ces technologies.

L'analyse se concentre sur les emplois **additionnels**<sup>4</sup> pouvant être créés par le développement des filières CCU et CCS dans les industries qui participent à son développement. A ce titre, les emplois préexistants de ce secteur (ex. valorisation de CO<sub>2</sub> dans l'industrie agro-alimentaire) n'ont pas été inclus. Il convient également de noter que la valorisation du CO<sub>2</sub> par minéralisation connaît une croissance faible par rapport aux autres voies de valorisation, et que les emplois associés d'ici 2050 ne sont pas pris en compte dans l'étude. L'impact sur les emplois des industries bénéficiant du captage (ex. cimenterie, papeterie...) est spécifiquement détaillé.

Les emplois créés par la fabrication des équipements sont généralement estimés à partir du coût de ces équipements et de la part de ces équipements étant importée. Le coût des équipements peut varier considérablement selon les études analysées (notamment à cause de l'inflation et du pays considéré). Des moyennes ont été faites pour limiter l'impact de cette incertitude. De même, les estimations des emplois créés sont basées sur des ratios ETP/M€ analysés en 2021 alors que des variations annuelles existent.

Ces ratios sont appliqués à des codes NAF agrégés, faute d'information plus détaillée. Pour parer à ces incertitudes, des analyses de sensibilité ont été réalisées.

L'estimation des **métiers et compétences** a été faite sur la base des retours d'une partie des membres du club CO<sub>2</sub>, les données d'Enerdata, IN NUMERI et IP INSIDE et d'autres retours et sont a minima influencés par le type d'acteur ayant répondu et la fiabilité de ces retours.

Les emplois générés par la filière hydrogène en alimentation des solutions de valorisation (e-kérosène et *power-to-liquid*) ont été estimés mais sont présentés à part. En revanche, les **emplois créés par la construction des énergies renouvelables pour l'alimentation de ces électrolyseurs n'ont pas été inclus**. De même, les emplois liés à la fabrication des autres consommables (ex. amines) n'ont pas été inclus. Une analyse rapide permet d'estimer que même si les amines étaient entièrement produites sur le sol Français (ce qui n'est pas le cas aujourd'hui), celles-ci ne sont pas assez renouvelées dans le processus pour justifier d'une création d'emploi significative. La production d'amines 100% françaises pour alimenter l'ensemble du captage des différents scénarios produirait entre 50 et 500 emplois directs par an.

Les emplois créés par le stockage off-shore n'ont pas été considérés comme des emplois sur le sol français et n'ont pas été intégrés à l'étude. Par manque d'information, les emplois situés sur les terminaux d'export n'ont pas non plus été intégrés.

L'étude des **emplois préservés** par le développement des filières CCU et CCS se concentre sur les emplois des sites émetteurs (ex. raffineries, cimenteries). Les emplois préservés par le développement des filières de valorisation (ex. emplois de l'aviation préservés par le développement du e-kérosène) n'ont pas été analysés, car le lien entre ces emplois et le développement du CCU est trop incertain (en particulier pour le développement du *power-to-methane* et du *power-to-methanol*).

---

<sup>4</sup> Les baisses d'emplois éventuelles dans certains secteurs provenant de facteurs externes (ex. baisse d'activité) ne sont pas incluses ici.

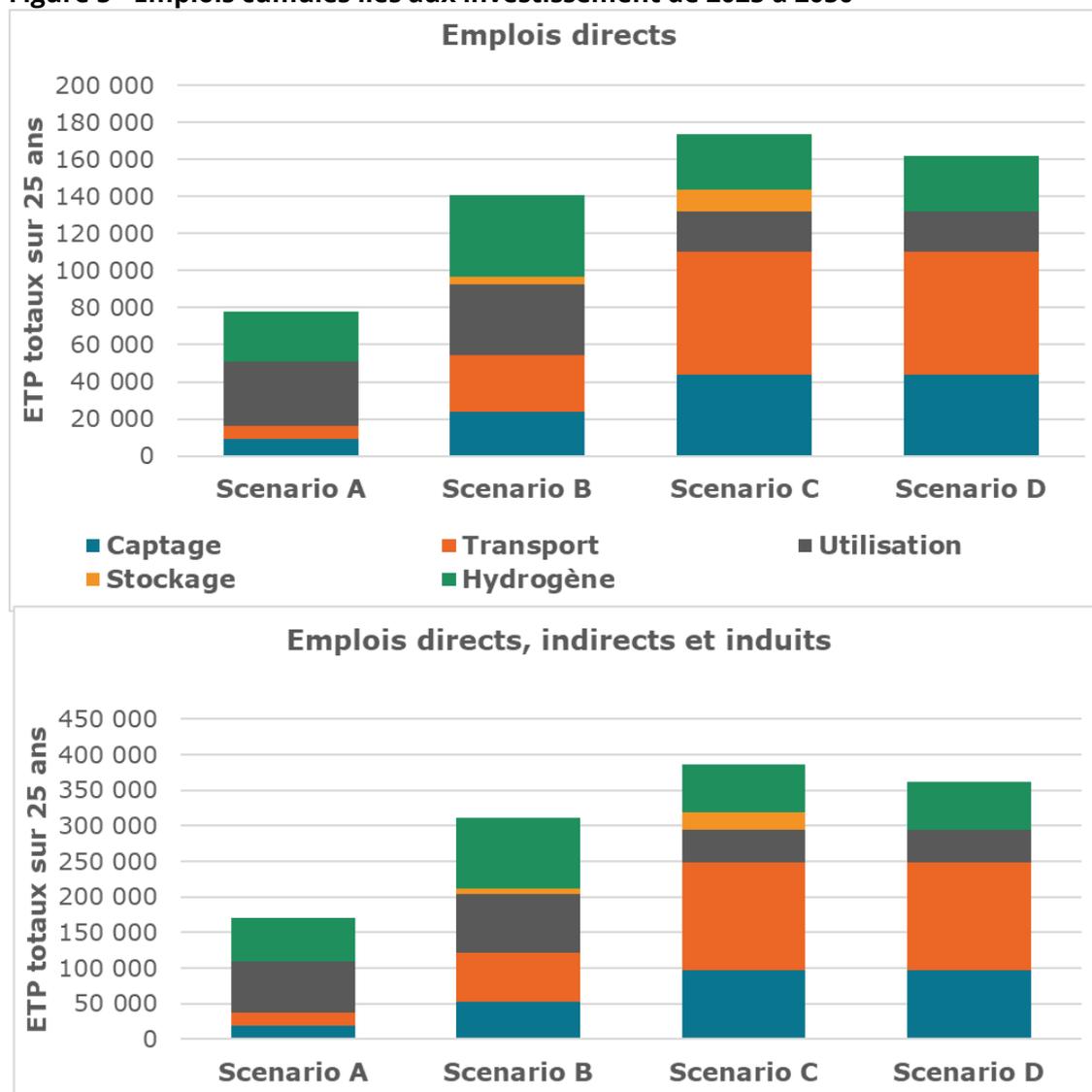
### 3 SYNTHÈSE DES RESULTATS

#### 3.1 Emplois créés

Les résultats permettent d'estimer que le développement des filières CCU et CCS pourrait créer :

- Entre **7 000 et 15 000 emplois temps pleins (ETP) liés aux investissements en moyenne par an** sur le territoire français soit 171 000 à 362 600 emplois totaux<sup>5</sup> sur 25 ans (développement et construction des unités de captage, de transport, de stockage et de valorisation).
- Entre **12 000 et 55 000 emplois totaux liés à l'exploitation** de ces investissements (opérateurs, maintenance...) d'ici 2050.

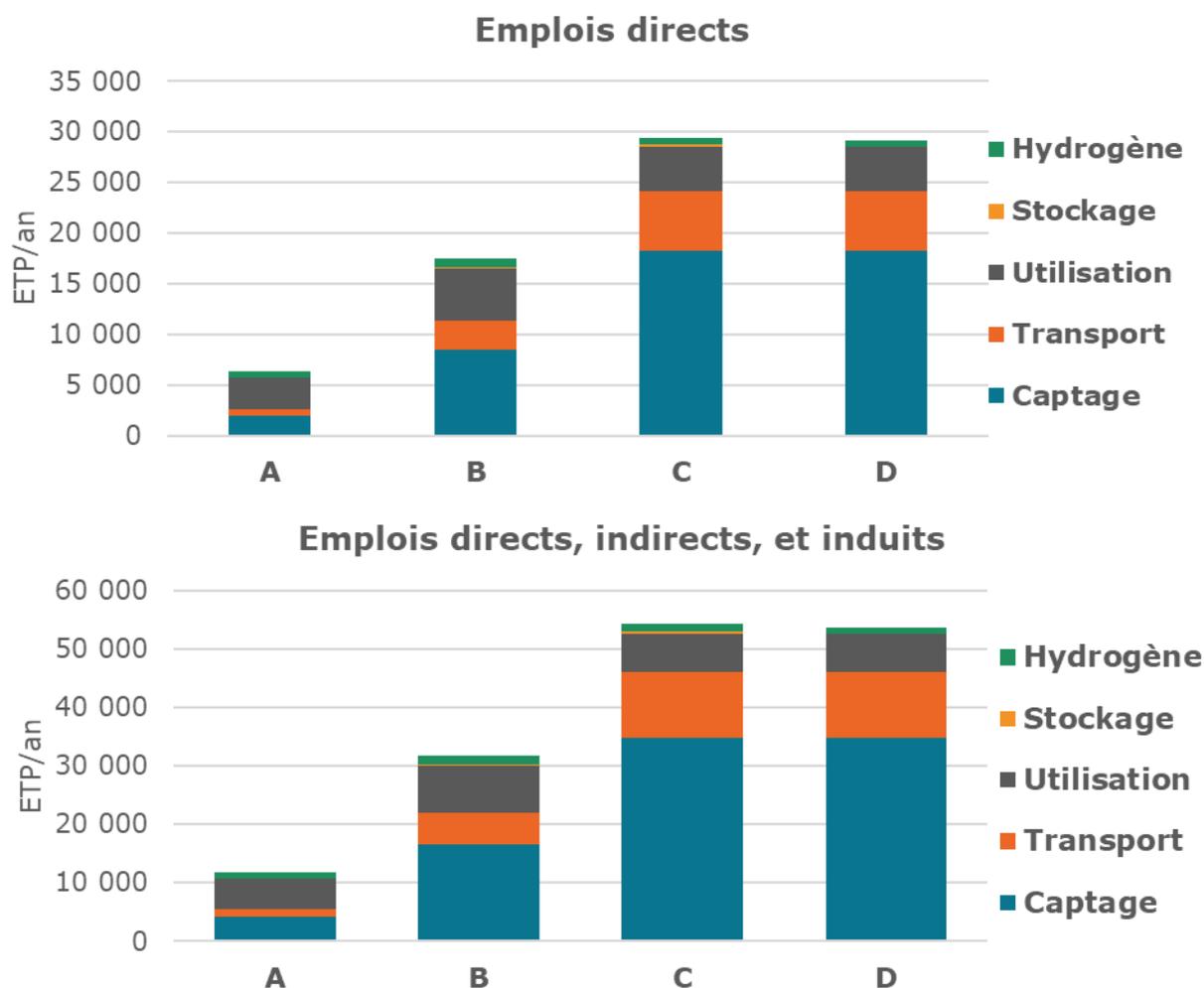
Figure 5 - Emplois cumulés liés aux investissements de 2025 à 2050



Note : La catégorie « Hydrogène » désigne les emplois créés pour la fabrication et l'installation d'électrolyseurs permettant d'alimenter en hydrogène les sites de valorisation.

<sup>5</sup> Directs, indirects et induits

Figure 6 - Emplois d'exploitation maintenance en 2050



Note : La catégorie « Hydrogène » désigne les emplois créés pour l'exploitation d'électrolyseurs permettant d'alimenter en hydrogène les sites de valorisation.

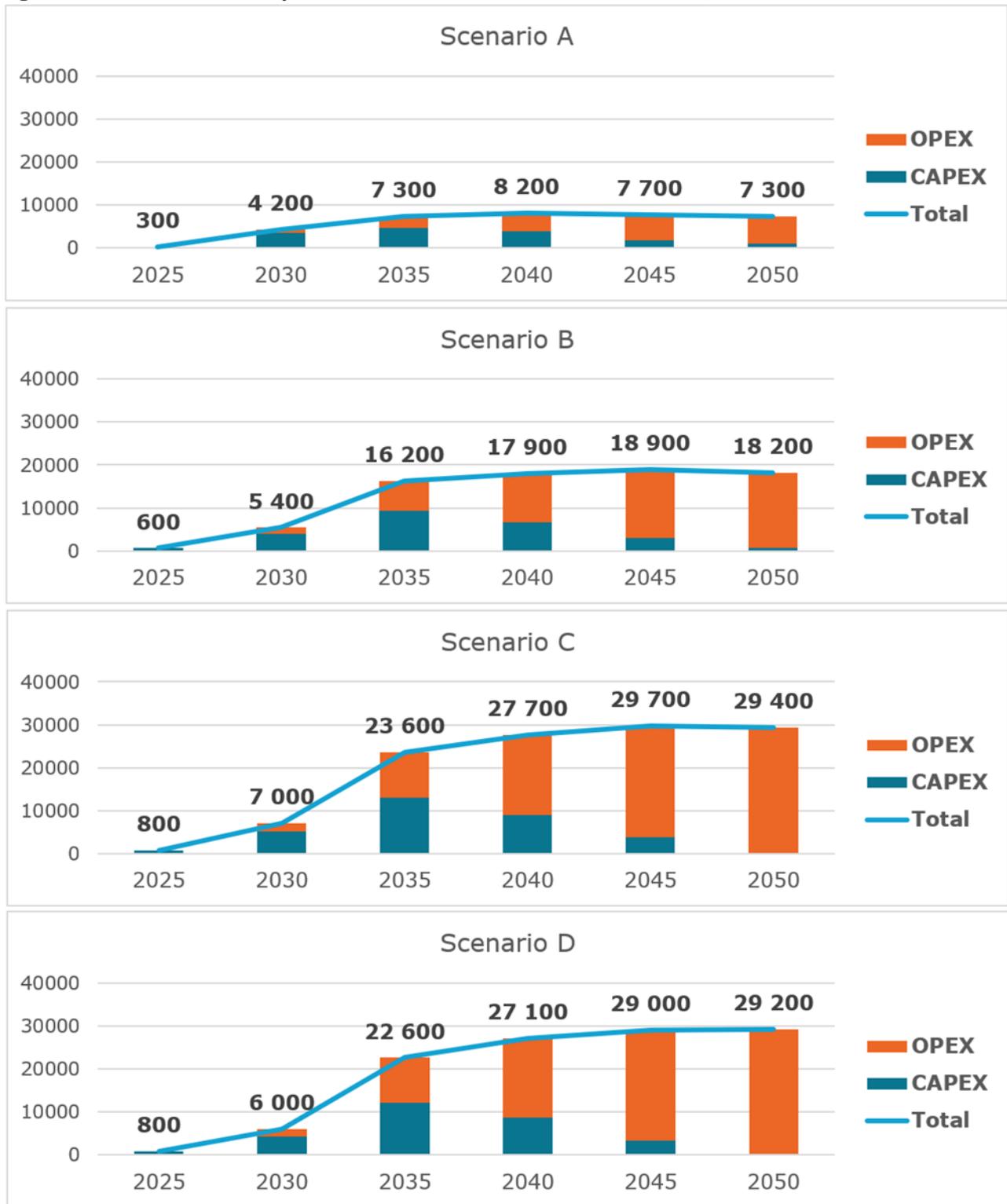
Ces estimations incluent les emplois directs, indirects et induits. **Les emplois directs représentent environ la moitié de ces chiffres** (45% pour les emplois d'investissement, 55% pour les emplois d'exploitation).

### Evolution de ces emplois dans le temps

Les emplois d'investissements sont des emplois temporaires qui évoluent fortement dans le temps au rythme du déploiement des installations de nouvelles unités de captage, transport, stockage ou utilisation de CO<sub>2</sub>. Cette étude estime que les emplois d'investissement commenceront à accélérer à partir de 2030 et connaîtront un pic autour de 2035 qui dépendra du rythme d'installation réel<sup>6</sup> (cf. graphe ci-dessous).

<sup>6</sup> Vu la durée de vie de ces installations (> 30 ans), aucun renouvellement d'installation n'a été envisagé d'ici 2050.

**Figure 7 - Evolution des emplois CAPEX/OPEX des filières CCU et CCS, en ETP**



- Dans les scénarios A et B, l'installation des infrastructures d'utilisation (en particulier l'installation et le génie civil) représentent la majorité des emplois. En revanche, ce résultat est fortement influencé par le choix amont de valoriser le CO<sub>2</sub> issu de la méthanisation par des installations décentralisées de méthanation installées au plus près des méthaniseurs. Sans cette hypothèse, le captage et le transport (essentiellement les carבודucs) prennent une place prédominante.
- Les scénarios C et D, caractérisés par un surdéveloppement de l'export de CO<sub>2</sub> et le transport de ce dernier sur de longues distances via des carבודucs, se démarquent par une sur-

représentation des emplois liés à l'installation de pipelines. Ces emplois sont essentiellement des emplois de pose et de génie civil.

- Dans tous les cas, les emplois liés à l'hydrogène (construction des électrolyseurs) représentent 19 à 35% des emplois directs d'investissement selon les scénarios.

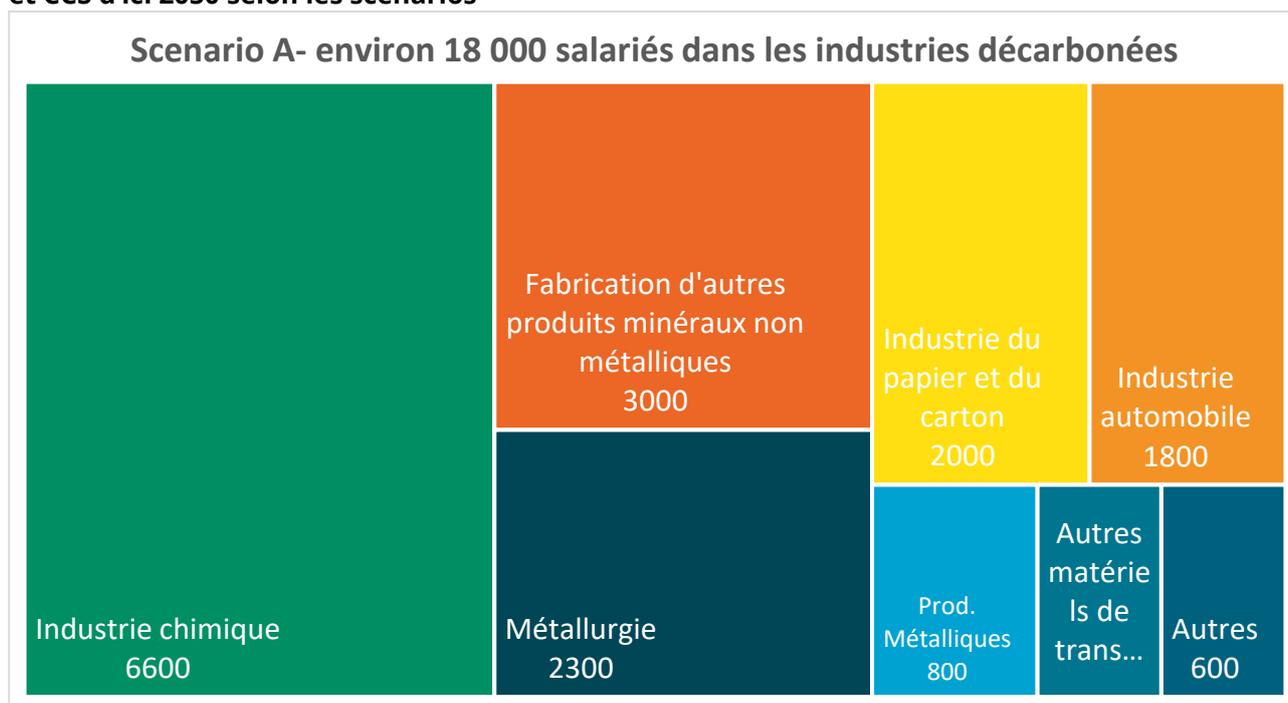
Les emplois d'exploitation et maintenance, en revanche, sont des emplois pérennes. Leur nombre est supposé grandir progressivement jusqu'en 2050 avec une accélération après 2030.

- Dans les scénarios B, C, et D, qui font l'hypothèse de pousser le captage jusqu'à un grand nombre de sites émetteurs de petite taille, les emplois de maintenance des installations de captage représentent le plus grand volume d'emplois.
- Dans le scénario A, où le captage est concentré sur un nombre réduit de grands émetteurs, c'est l'utilisation du CO<sub>2</sub> qui devient prépondérante, en particulier sur les installations de production de e-kérosène qui répondent à la majeure partie de la demande.
- Dans tous les cas, ces emplois sont plutôt concentrés sur la maintenance que sur l'exploitation des systèmes.

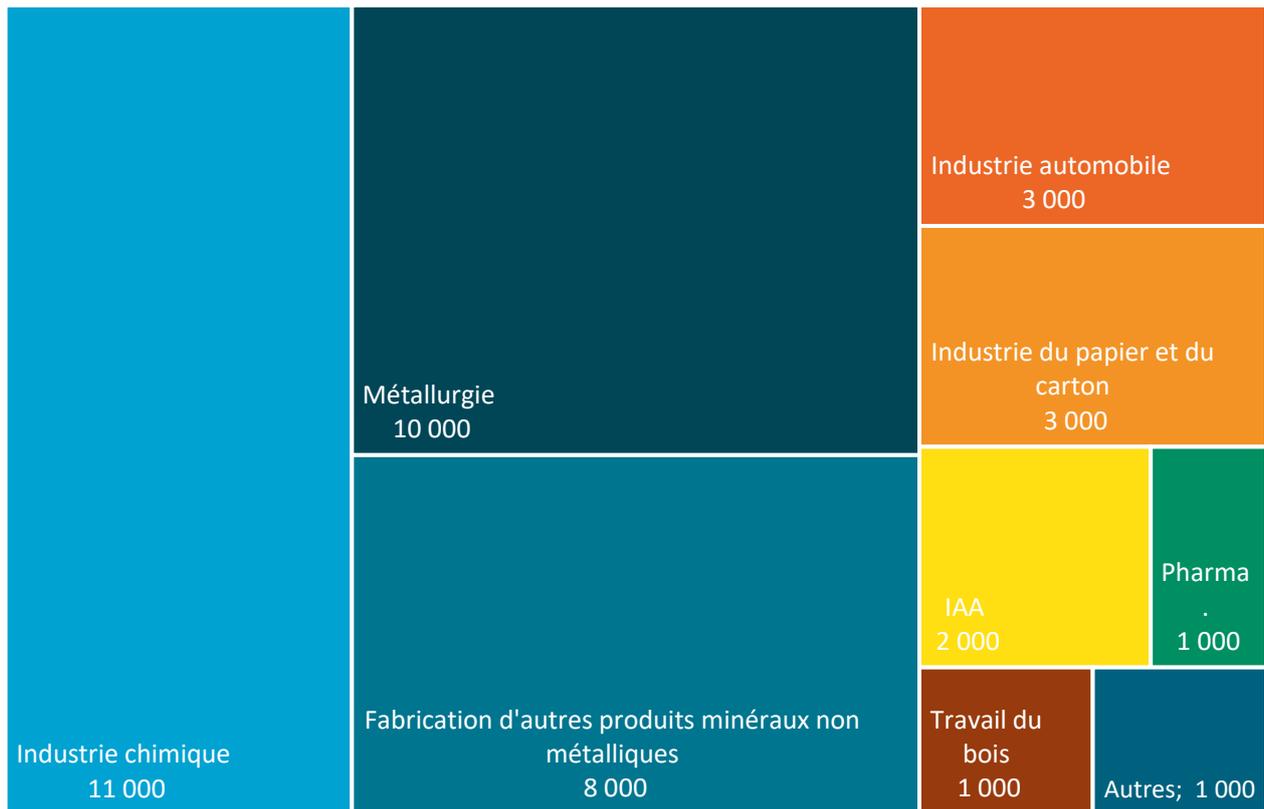
### 3.2 Emplois préservés

Une analyse des **emplois qui sont susceptibles d'être préservés** par le développement de la filière captage a également été réalisée. Cette analyse estime qu'**entre 18 000 et 77 000 emplois sont susceptibles d'être impactés par ce développement**. Ce chiffre est estimé après exclusion des activités non délocalisables et de celles devant de toute manière se reconvertir. Pour les emplois embauchant un grand nombre de personnes par site (ex. secteur automobile), une limite d'ETP par site a été fixée pour éviter que ce chiffre soit artificiellement grand. Attention, cette estimation décrit les emplois pour lesquels la filière captage pourrait être un levier de leur préservation. Elle ne signifie en aucun cas que le développement du captage en serait le seul critère.

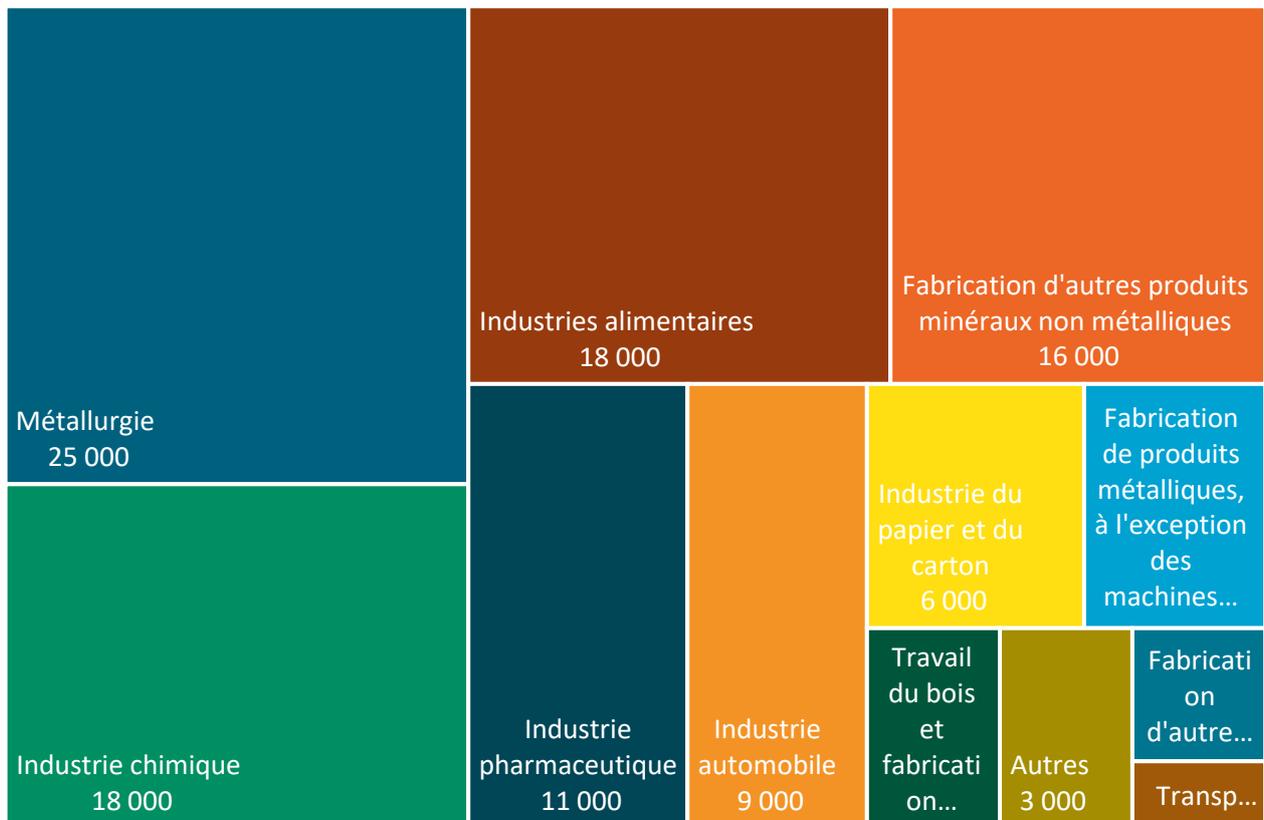
**Figure 8 – Synthèse des emplois qui peuvent être préservés par le développement des filières CCU et CCS d'ici 2050 selon les scénarios**



### Scenario B - environ 41 000 salariés dans les industries décarbonées



### Scenario C : environ 120 000 salariés dans les industries décarbonées



Des **tests de sensibilité** ont été réalisés et portent sur le taux d'importation de composants, les ratios d'emplois par activité (en ETP/M€), l'évolution du coût de captage (et l'impact conséquent d'un changement de technologie de captage), les facteurs d'utilisation des électrolyseurs et la capacité totale nécessaire associée.

Ces tests mettent en avant des **écarts pouvant aller de 1 à 3** selon les scénarios. Ces écarts sont cohérents avec ce qui peut être calculé pour des filières encore peu matures et un horizon temporel de long terme. Le maillon de la chaîne de valeur qui comporte les plus grandes plages de variation est le captage.

### 3.3 Analyse des métiers et compétences concernés

Enfin, notre analyse des **métiers et compétences** associés à ces emplois, réalisés par entretien auprès de membres du Club CO<sub>2</sub> et d'autres acteurs des filières CCU et CCS a fait ressortir des métiers qui touchent à tous les niveaux de compétence (opérateur, technicien, ingénieur, docteur...).

Les métiers d'ingénieurs les plus mis en avant sont les chercheurs / ingénieurs R&D, les ingénieurs sûreté de fonctionnement / risques / QSE, les ingénieurs génie des procédés, les chefs de projet et les ingénieurs chimistes. Ces métiers demandent en particulier un fort besoin de compétences à venir concernant le génie des procédés, la mécanique des fluides et la Qualité, Sécurité et Environnement (QSE).

Chez les techniciens et les opérateurs, ce sont les compétences en génie électrique, en mécanique, en informatique industrielle et en montage/assemblage qui ressortent en priorité de nos échanges.

Une grande partie des compétences nécessaires au développement des filières CCU et CCS sont déjà présentes parmi les acteurs de l'industrie (ex. raffineries, pose de pipelines...). En revanche, les volumes anticipés par les scénarios de cette étude mettent en avant un **risque fort de tension sur les métiers de soudeur, tuyauteur-canalisateur, chaudronnier, technicien mécanicien et électricien** qui sont déjà difficile à recruter aujourd'hui et qui risquent de se retrouver en compétition avec le développement d'autres filières de la transition énergétique, en particulier l'hydrogène renouvelable et le nucléaire. La plupart de ces compétences nécessitant 3 à 4 ans au minimum pour être créées, **ces sujets doivent être anticipés dès maintenant.**