



Cahier technique

LA TRAJECTOIRE ENERGIE - GES DU SECTEUR INDUSTRIEL dans le scénario REPOS

v1. 13 Décembre 2022



INTRODUCTION ET CONTEXTE

Le présent document détaille les hypothèses prises et les résultats qui en découlent concernant la trajectoire énergie-GES du secteur industriel dans le scénario REPOS.

Le document présente dans un premier temps les objectifs régionaux en matière d'évolution des consommations d'énergie et d'émissions de GES d'origine énergétique du secteur industriel et dans un second temps, les hypothèses et résultats d'un travail spécifique de modélisation portant sur les émissions de GES d'origine non énergétique du secteur industriel. Enfin, les résultats de tirs de simulation réalisés sont décrits.

SOMMAIRE

<i>Introduction et contexte</i>	3
<i>Sommaire</i>	4
1. Objectifs en matière de consommation d'énergie et d'émissions de GES d'origine énergétique du secteur industriel	5
2. Modélisation des émissions de GES d'origine non énergétique du secteur industriel	7
1.1. Périmètre	7
1.1.1. Secteurs industriels considérés.....	7
1.1.2. Industries régionales considérées	8
1.1.3. Leviers d'atténuation des émissions de GES d'origine non énergétique.....	9
1.2. Modélisation et hypothèses du scénario REPOS	12
1.2.1. Principe de la modélisation.....	12
1.2.2. Hypothèses cimenteries	12
1.2.3. Hypothèses verreries	14
1.2.4. Hypothèses sidérurgies.....	15
1.2.5. Hypothèses autres industries : Tuiles, briques, chaux, céramique.....	16
3. Résultats	16
1.3. Evolution de la demande en matière	16
1.3.1. Cimenteries.....	16
1.3.2. Autres matériaux.....	18
1.3.3. Tuiles, briques, chaux et céramique.....	18
1.4. Emissions de GES d'origine non énergétique	19
1.4.1. Cimenteries.....	19
1.4.2. Autres industries	21
1.5. Trajectoire émissions de GES du secteur industriel	22
4. Tirs de simulation	23
1.6. Impact de la demande sur le potentiel de réduction des émissions de GES	23
1. 1.7. Impact de la mise en œuvre généralisée ou non de la technologie de CCS sur les émissions de GES d'origine non énergétique.....	24
5. Sources	27

1. OBJECTIFS EN MATIERE DE CONSOMMATION D'ENERGIE ET D'EMISSIONS DE GES D'ORIGINE ENERGETIQUE DU SECTEUR INDUSTRIEL

Le scénario REPOS vise pour 2050 une réduction de 24% des consommations d'énergie du secteur industriel par rapport au niveau de consommation d'énergie de 2015.

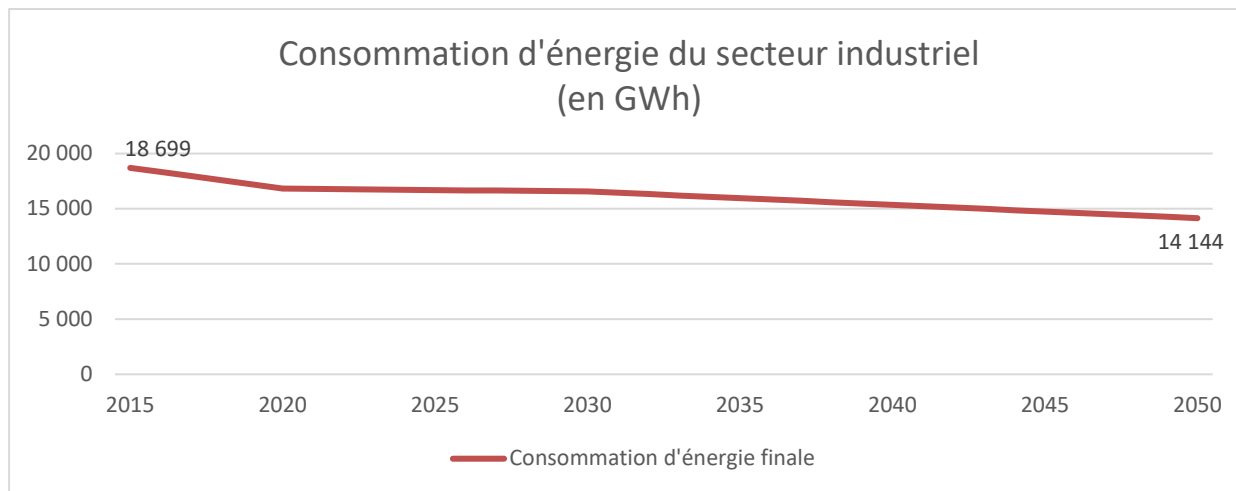


Figure 1 : Scénario REPOS - Evolution des consommations d'énergie finale du secteur industriel

La part des différents vecteurs énergétiques dans le mix de consommation du secteur industriel est également redistribuée, avec une part plus importante pour l'électricité et la chaleur issue de biomasse. Le vecteur gaz conserve une proportion importante, ce vecteur étant principalement composé d'une énergie produite en région à partir de moyen de production d'énergie renouvelable (méthanisation, méthanation, électrolyse, pyro-gazéification de biomasse ligneuse). La part des combustibles liquides (produits pétroliers) et des combustibles solides (CMS) a pour objectif d'être fortement réduite.

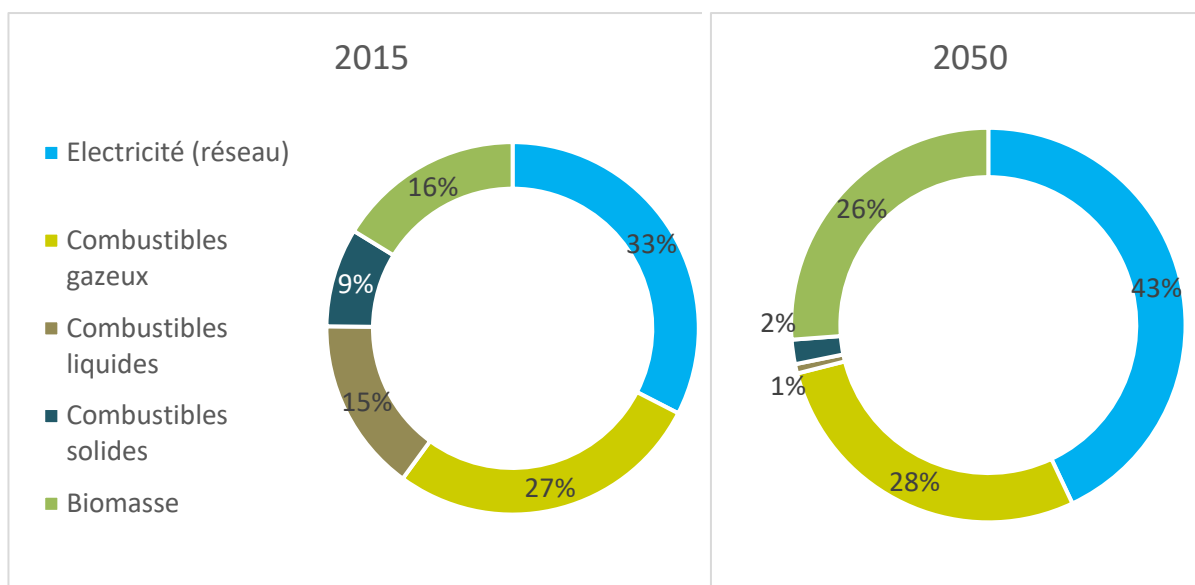


Figure 2 : Scénario REPOS - Répartition des consommations par vecteur énergétique (2015 à gauche, 2050 à droite)

Cette ambition de baisse des consommations d'énergie finale du secteur industriel a été définie en se basant sur les travaux de l'ADEME évaluant à l'échelle nationale les possibilités de réduction des consommations du secteur industriel et les leviers associés. L'ambition REPOS de baisse des consommations d'énergie (-24% entre 2015 et 2050) est proche du scénario 3 de l'ADEME « Technologies Vertes » qui cible une baisse des consommations d'énergie de 30 % pour le secteur industriel entre 2015 et 2050. La description détaillée de ce scénario est disponible sur le site « [Transitions 2050](#) » de l'ADEME.

L'ADEME identifie 5 leviers majeurs de décarbonation du secteur industriel :

- L'évolution de la production en matière : la quantité de matière produite est le principal déterminant des consommations et émissions de GES de l'industrie.
- La réduction de l'empreinte matière : ce levier repose sur le développement d'intrants alternatifs permettant de réduire l'empreinte environnementale de la production industrielle, par exemple à travers l'incorporation de matière recyclée, ou l'utilisation d'autres ressources (ex : argiles calcinées pour la production de clinker, matériaux biosourcés)
- L'amélioration de l'efficacité énergétique des technologies et des procédés.
- La substitution des combustibles fossiles par des combustibles renouvelables ou moins carbonés.
- Le captage et stockage (et/ou valorisation) des émissions résiduelles : ce levier peut être mis en place dans le cas où les leviers précédents ne permettraient pas une décarbonation complète d'une activité industrielle, sous réserve de la proximité de l'activité avec des capacités de stockages, d'une viabilité technico-économique et de l'acceptation locale du projet.

La baisse des émissions de GES d'origine énergétique qui résulte de la redistribution des vecteurs énergétiques et des réductions de consommation présentées précédemment est visible ci-dessous. Cette baisse est de 75% sur la période 2015 - 2050.

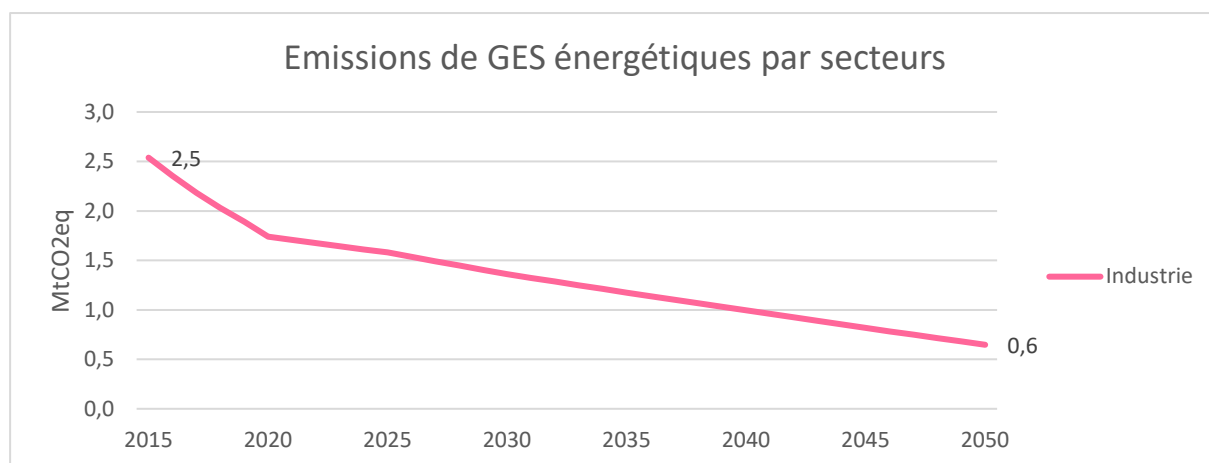


Figure 3 : Scénario REPOS - Evolution des émissions de GES d'origine énergétique

2. MODELISATION DES EMISSIONS DE GES D'ORIGINE NON ENERGETIQUE DU SECTEUR INDUSTRIEL

Le secteur industriel émet également des émissions de GES d'origine non-énergétique liées à des process industriels polluants, tels que la décarbonatation. Ces émissions de GES ne sont pas liées à des consommations d'énergie. En 2015, elles représentaient un quart des émissions de GES du secteur industriel.

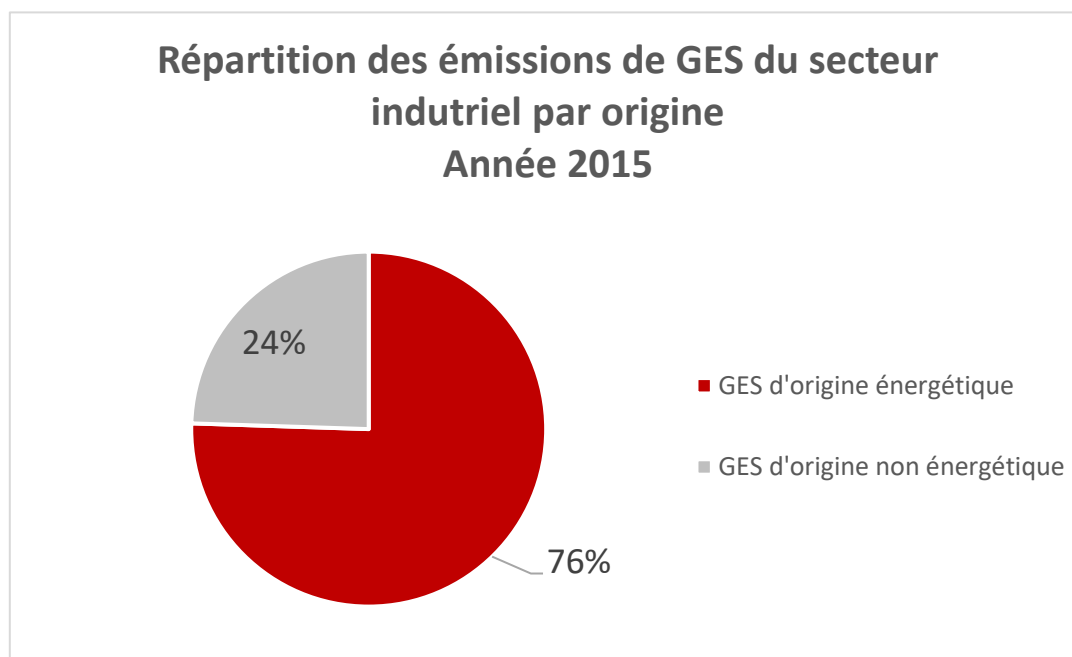


Figure 4 : Répartition des émissions de GES du secteur industriel par origine

Ces émissions sont localisées sur un nombre réduit de sites industriels, avec notamment trois cimenteries qui représentaient 90% des émissions de GES d'origine non énergétique du secteur industriel en 2015.

Un travail spécifique de modélisation bottom-up des émissions de GES d'origine non énergétique a été réalisé afin d'identifier des leviers possibles de baisse de ces émissions, ainsi que l'impact de ces leviers.

Ce travail est présenté ci-après : périmètre considéré, méthodologie mise en œuvre, résultats et enseignements dégagés.

1.1. PERIMETRE

1.1.1. SECTEURS INDUSTRIELS CONSIDERES

Les secteurs industriels concernés par les émissions de GES d'origine non énergétique et objet des travaux de modélisation sont les suivants : ciment, verre, tuiles, briques, chaux, céramique, et sidérurgie. Les industries chimiques n'ont pas été considérées du fait de leur faible représentation en région Occitanie.

1.1.2. INDUSTRIES REGIONALES CONSIDEREES

Au sein des secteurs industriels précédents, on dénombre en Occitanie 20 sites déclarant des émissions de CO2 d'origine fossile dans le registre des industries polluantes (IREP). Ce sont ces 20 sites qui ont été considérés dans les travaux de modélisation de la trajectoire d'émission de GES d'origine non énergétique du secteur industriel :

Nom du site	Commune	Catégorie industrie
Parefeuille Provence	Fournes	Céramique
Socli	Izaourt	Chaux
Lafargeholcim Ciments	Port-La-Nouvelle	Ciment
Ciments Calcia	Beaucaire	
Lafargeholcim-Ciments	MARTRES-TOLOSANE	
Ferropem	Laudun	Sidérurgie
Ferropem	Pierrefitte-Nestalas	
MONIER Massia Ex LAFARGE COUVERTURE	LIMOUX	Tuiles et briques
Terreal Castelnaudary	Castelnaudary	
TERREAL LABASTIDE D'anjou	LABASTIDE-D'ANJOU	
Terreal Lasbordes	Lasbordes	
Terreal St Martin Lalande	Saint-Martin-Lalande	
BOUYER LEROUX Site De COLOMIERS	COLOMIERS	
Edilians	Leguevin	
Terreal Colomiers	Colomiers	
Owens Corning Fiberglas France	Laudun	
Oi France Sas - Vergèze	Vergeze	
Oi France Sas	Beziers	
Voa - Verrerie D'albi	Albi	
Knauf Insulation Lannemezan Sas	Lannemezan	

1.1.3. LEVIERS D'ATTENUATION DES EMISSIONS DE GES D'ORIGINE NON ENERGETIQUE

Pour chacun des types d'industries considérés, des leviers d'atténuation des émissions de GES d'origine non énergétique ont été identifiés en se basant sur les travaux de l'ADEME concernant les plans de transitions sectoriels et les visions ADEME « Transitions 2050 » (publications et échanges).

On distingue deux types de leviers qui vont impacter les émissions de GES d'origine non énergétique :

- L'évolution de la demande des différents types de matériaux produits par ces industries ;
- Les leviers dit "d'efficacité carbone" qui vont avoir un impact sur les émissions d'origine non énergétique. Ne sont pas considérés dans la modélisation les leviers ayant un effet uniquement sur les émissions de GES d'origine énergétique (ex : substitution des combustibles fossiles)

Ces leviers sont présentés ci-après par type d'industrie :

Cimenteries

Evolution de la demande

- Evolution de la demande en ciment pour le bâtiment : résidentiel et tertiaire
- Evolution de la demande en ciment pour les travaux publics et les ENR

Levier d'efficacité carbone

Levier d'efficacité carbone	Description
Baisse du taux de clinker	Le clinker est un des composés principaux du ciment. Le process de production du clinker est responsable des émissions de GES non énergétique. La baisse du taux de clinker contenu dans le ciment est un levier d'efficacité carbone. La baisse du taux de clinker peut s'effectuer au travers de plusieurs actions : le recours à des argiles de bonne qualité en substitution (argiles calcinées), le broyage plus fin du clinker (augmente cependant la consommation d'électricité pour le broyage), ou encore le recyclage des déchets du BTP pour réemploi de matériaux.
Modernisation des cimenteries	Ce levier consiste à réaliser des investissements pour une mise à niveau technologique des cimenteries par rapport aux meilleures performances européennes. L'ADEME indique que les cimenteries du parc français consomment en moyenne de l'ordre de 20% d'énergie de plus que les meilleures cimenteries actuelles.
Capture du carbone et stockage (CCS)	La technologie de Capture du Carbone et Stockage vise à capter le carbone émis dans l'atmosphère au niveau d'un site industriel fortement émetteur, puis le transporter et l'injecter dans une formation géologique où il y sera stocké. Cette technologie est encore peu mature. Dans son avis technique (1), l'ADEME envisage cette technologie pour les sites industriels ayant des émissions de CO2 importantes (>

	<p>100 ktCO₂/an) et situés proche d'un lieu de stockage du CO₂ capté.</p> <p>Dans le scénario REPOS, cette technologie est ainsi envisagée pour la cimenterie de Martres-Tolosane uniquement du fait de sa proximité avec la zone de stockage de carbone potentielle du sud-ouest de la France (Lacq et alentours).</p>
--	---

Verreries

Evolution de la demande

- Evolution de la demande en verre

Levier d'efficacité carbone

Levier d'efficacité carbone	Description
Economie circulaire / recyclage	Ce levier consiste à mobiliser le calcin, verre trié en vue du recyclage, pour réduire les émissions de GES liées au process de production du verre.
Capture du carbone et stockage (CCS)	<p>Dans l'avis technique publiée par l'ADEME en Juillet 2020 concernant le CCS, le seuil retenu pour évaluer l'éligibilité d'un site à la mise en place d'une technologie de capture de carbone est de 100 ktCO₂ / an émis sur le site. Ce qui n'est pas le cas des verreries présentes en Occitanie. (1)</p> <p>Ainsi, le scénario REPOS ne considère pas la mise en place d'une technologie CCS sur les verreries.</p>

Sidérurgies

Evolution de la demande

- Evolution de la demande conjointe en acier + aluminium

Levier d'efficacité carbone

Levier d'efficacité carbone	Description
Economie circulaire / recyclage	Ce levier consiste à recycler l'acier et l'aluminium de façon à réduire les émissions de GES liées au process de production de l'acier et de l'aluminium.
Capture du carbone et stockage (CCS)	<p>Dans l'avis technique publiée par l'ADEME en Juillet 2020 concernant le CCS, le seuil retenu pour évaluer l'éligibilité d'un site à la mise en place d'une technologie de capture de carbone est de 100 ktCO₂ / an émis sur le site. Ce qui n'est pas le cas des sidérurgies présentes en Occitanie. (1)</p> <p>Ainsi, le scénario REPOS ne considère pas la mise en place d'une technologie CCS sur les sidérurgies.</p>

Autres industries : Tuiles, briques, chaux, céramique

Evolution de la demande

- Evolution de la demande en tuiles, briques, chaux, et céramiques

Levier d'efficacité carbone

Pas de levier mobilisable identifié.

1.2. MODELISATION ET HYPOTHESES DU SCENARIO REPOS

1.2.1. PRINCIPE DE LA MODELISATION

Les émissions de GES d'origine non énergétique sont modélisées de la façon suivante :

$$Emission_{GES} (t_{CO_2}) = \text{Quantité de matière produite (tonnes)} * \text{Intensité d'émission} \left(\frac{t_{CO_2}}{\text{tonne de matière}} \right)$$

Avec :

Paramètre	Point de départ	Evolution
Quantité de matière produite (tonnes)	Production de l'année 2015	En fonction d'hypothèses d'évolution par rapport à 2015 sur le niveau de demande régional en matière (par type de matière)
Intensité d'émission $\left(\frac{t_{CO_2}}{\text{tonne de matière}} \right)$	Intensité d'émission de l'année 2015	En fonction de la mise en œuvre de levier(s) d'efficacité carbone

1.2.2. HYPOTHESES CIMENTERIES

Evolution de la demande

- Evolution de la demande en ciment **pour le bâtiment : résidentiel et tertiaire**

Sources : (2) et (3)	Unité	2015	2020	2025	2030	2040	2050
Calculé à partir des besoins de ciment pour les rénovations et construction neuves de la trajectoire REPOS des secteurs résidentiel et tertiaire	%/2015	0%	-2%	-5%	-6%	-14%	-27%

- Evolution de la demande en ciment **pour les travaux publics**

Source : (4)	Unité	2015	2020	2025	2030	2040	2050
Scénario 3 "Technologies Vertes" ADEME	%/2015	0%	-11%	-22%	-33%	-44%	-55%

Levier d'efficacité carbone

Sources : (1), (5) et (6)

Site Lafarge - Martres-Tolosane

		Potentiel de réduction par rapport à 2015					
Levier d'efficacité carbone	Unité	2015	2020	2025	2030	2040	2050
Baisse du taux de clinker	% / 2015			-5%	-10%	-10%	-10%
Modernisation des cimenteries	% / 2015			-5%	-5%	-5%	-5%
Capture du carbone et stockage (CCS)	% / 2015						-80%
Potentiel de réduction total (hors évolution de la demande)	% / 2015	0%	0%	-10%	-15%	-15%	-95%

Seule la cimenterie de Martres-Tolosane a été retenue pour un déploiement d'une technologie de Capture de Carbone et Stockage du fait de son moindre éloignement avec le site potentiel de stockage du sud-ouest de la France (Lacq et alentours) et le fait que ses émissions résiduelles sont > 100 ktCO₂/an après mise en place des autres leviers envisageables.

Site Lafarge - Port La Nouvelle

		Potentiel de réduction par rapport à 2015					
Levier d'efficacité carbone	Unité	2015	2020	2025	2030	2040	2050
Baisse du taux de clinker	% / 2015			-5%	-10%	-10%	-10%
Modernisation des cimenteries	% / 2015			-5%	-5%	-5%	-5%
Capture du carbone et stockage (CCS)	% / 2015						0%
Potentiel de réduction total (hors évolution de la demande)	% / 2015	0%	0%	-10%	-15%	-15%	-15%

Site Ciments Calcia – Beaucaire

La baisse du taux de clinker a été retenue avec un potentiel d'action moindre pour le site de Beaucaire. Un échange avec l'industriel a fait ressortir l'absence d'argile calcinée de qualité suffisante pour activer pleinement se levier, seul le broyage plus fin du clinker et le réemploi de déchets du BTP pouvant être envisagé à ce stade.

Levier d'efficacité carbone	Unité	Potentiel de réduction par rapport à 2015					
		2015	2020	2025	2030	2040	2050
Baisse du taux de clinker	% / 2015				-5%	-5%	-5%
Modernisation des cimenteries	% / 2015			-5%	-5%	-5%	-5%
Capture du carbone et stockage (CCS)	% / 2015						0%
Potentiel de réduction total (hors évolution de la demande)	% / 2015	0%	0%	-5%	-10%	-10%	-10%

1.2.3. HYPOTHESES VERRERIES

Evolution de la demande

- Evolution de la demande en verre

Source : (4)	Unité	2015	2020	2025	2030	2040	2050
Scénario 3 "Technologies Vertes" ADEME	%/2015	0%	6%	11%	17%	10%	3%

Levier d'efficacité carbone

Source : (1) et (7)

Site Lannemezan - Knauf insulation

Bien que le site de Lannemezan soit situé à proximité du site potentiel de stockage du sud-ouest de la France (Lacq et alentours), les émissions de CO2 annuelles résiduelles du site étant < 100 ktCO2/an, la mise en place du CCS n'a pas été retenue dans le scénario REPOS.

Levier d'efficacité carbone	Unité	Potentiel de réduction par rapport à 2015					
		2015	2020	2025	2030	2040	2050
Capture du carbone et stockage (CCS)	% / 2015						0%
Economie circulaire / recyclage	% / 2015					-10%	-10%
Potentiel de réduction total (hors évolution de la demande)	% / 2015	0%	0%	0%	0%	-10%	-10%

Autres sites

		Potentiel de réduction par rapport à 2015					
Levier d'efficacité carbone	Unité	2015	2020	2025	2030	2040	2050
Capture du carbone et stockage (CCS)	% / 2015						0%
Economie circulaire / recyclage	% / 2015					-10%	-10%
Potentiel de réduction total (hors évolution de la demande)	% / 2015	0%	0%	0%	0%	-10%	-10%

1.2.4. HYPOTHESES SIDERURGIES

Evolution de la demande

- Evolution de la demande en acier + aluminium

Source : (4)	Unité	2015	2020	2025	2030	2040	2050
Scénario 3 "Technologies Vertes" ADEME	%/2015	0,0%	2,0%	4,0%	6,0%	-0,4%	-6,9%

Levier d'efficacité carbone

Source : (1) et (8)

Site Pierrefite-Nestalas - FERROPEM

Bien que le site de Pierrefite-Nestalas soit situé à proximité du site potentiel de stockage du sud-ouest de la France (Lacq et alentours), les émissions de CO2 annuelles résiduelles du site étant < 100 ktCO2/an, la mise en place du CCS n'a pas été retenue dans le scénario REPOS.

		Potentiel de réduction par rapport à 2015					
Levier d'efficacité carbone	Unité	2015	2020	2025	2030	2040	2050
Capture du carbone et stockage (CCS)	% / 2015						0%
Economie circulaire / recyclage	% / 2015					-10%	-10%
Potentiel de réduction total (hors évolution de la demande)	% / 2015	0%	0%	0%	0%	-10%	-10%

Autres sites

Levier d'efficacité carbone	Unité	Potentiel de réduction par rapport à 2015					
		2015	2020	2025	2030	2040	2050
Capture du carbone et stockage (CCS)	% / 2015						0%
Economie circulaire / recyclage	% / 2015					-10%	-10%
Potentiel de réduction total (hors évolution de la demande)	% / 2015	0%	0%	0%	0%	-10%	-10%

1.2.5. HYPOTHESES AUTRES INDUSTRIES : TUILES, BRIQUES, CHAUX, CERAMIQUE

Evolution de la demande

- Evolution de la demande en tuiles, briques, chaux, céramique : supposée stable en l'absence de données

Levier d'efficacité carbone

Pas de leviers d'efficacité carbone identifiés

3. RESULTATS

1.3. EVOLUTION DE LA DEMANDE EN MATIERE

1.3.1. CIMENTERIES

La demande en ciment globale (bâtiment + travaux public) est présentée ci-dessous, en pourcentage d'évolution par rapport à 2015.

Pour le secteur du bâtiment (résidentiel et tertiaire), la réduction de la construction au profit de la rénovation et réhabilitation du bâti existant permet d'envisager une baisse de la demande en ciment de -6% en 2030, et -27% en 2050 par rapport au niveau de 2015. Ces évolutions ont été estimées à partir des objectifs de rénovation, construction neuve, destruction et évolution de la population du scénario REPOS pour les secteurs résidentiel et tertiaire. Plus de précisions sur les évolutions de ces secteurs peuvent être trouvées dans les cahiers techniques respectifs : [résidentiel](#) et [tertiaire](#).

La demande en ciment pour les travaux publics a été définie selon le scénario 3 « Technologies vertes » de l'ADEME publiée en 2022. Cette évolution est vue à la baisse dans le scénario 3 de l'ADEME, principalement sous l'effet de réglementations.

Au global, la demande en ciment en Occitanie imaginée dans le scénario REPOS suivrait une trajectoire à la baisse : -16% en 2030 et -38% en 2050 par rapport au niveau de 2015.

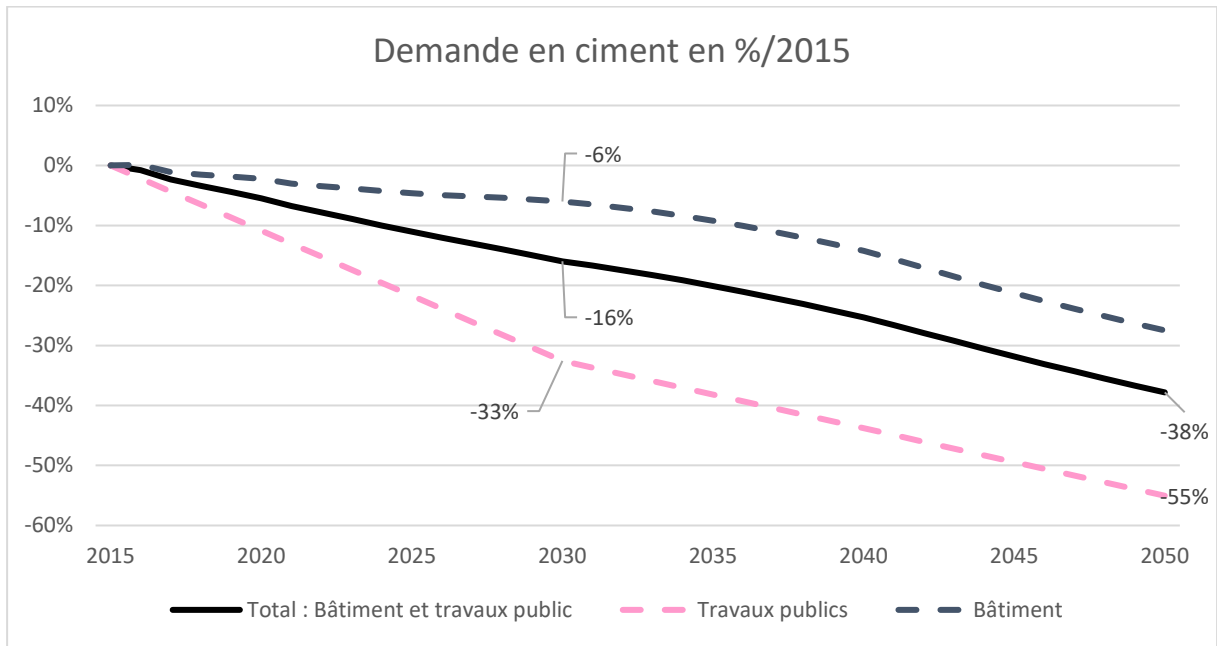


Figure 5 : Vision prospective de l'évolution de la demande en ciment

Des tirs de simulation évaluent en section 6 l'impact de trajectoire de la demande en ciment alternative sur le potentiel de réduction des émissions de GES d'origine non énergétique.

1.3.2. AUTRES MATERIAUX

La demande cumulée en acier et aluminium a été supposée en augmentation jusqu'en 2030 (+17%), puis en baisse de 2030 à 2050, tout en restant à des niveaux supérieurs à 2015 (+3% par rapport 2015 en 2050). Ces évolutions se basent sur le scénario 3 « Technologie verte » de l'ADEME. Il faut toutefois noter des tendances différenciées entre les demandes en aluminium et en acier. Dans le scénario 3 « Technologie verte », la demande en aluminium est vue en forte augmentation tout au long de la période 2015 - 2050 (+37% en 2050 par rapport à 2015), et en augmentation pour l'acier jusqu'en 2030 (+6% par rapport à 2015), avant un recul jusqu'en 2050 (-7 % par rapport à 2015), l'acier demeurant majoritaire en matière de tonne de matière utilisée par rapport à l'aluminium. La hausse de la demande en aluminium imaginée dans le scénario 3 « Technologie verte » s'explique notamment par une demande accrue pour les transports électrifiés et pour la production à destination des réseaux électriques et de l'électronique.

L'évolution de la demande en verre est aussi basée sur le scénario 3 « Technologie verte » de l'ADEME qui table sur une augmentation de la demande de 17% jusqu'en 2030, avant une baisse progressive de 2030 à 2050.

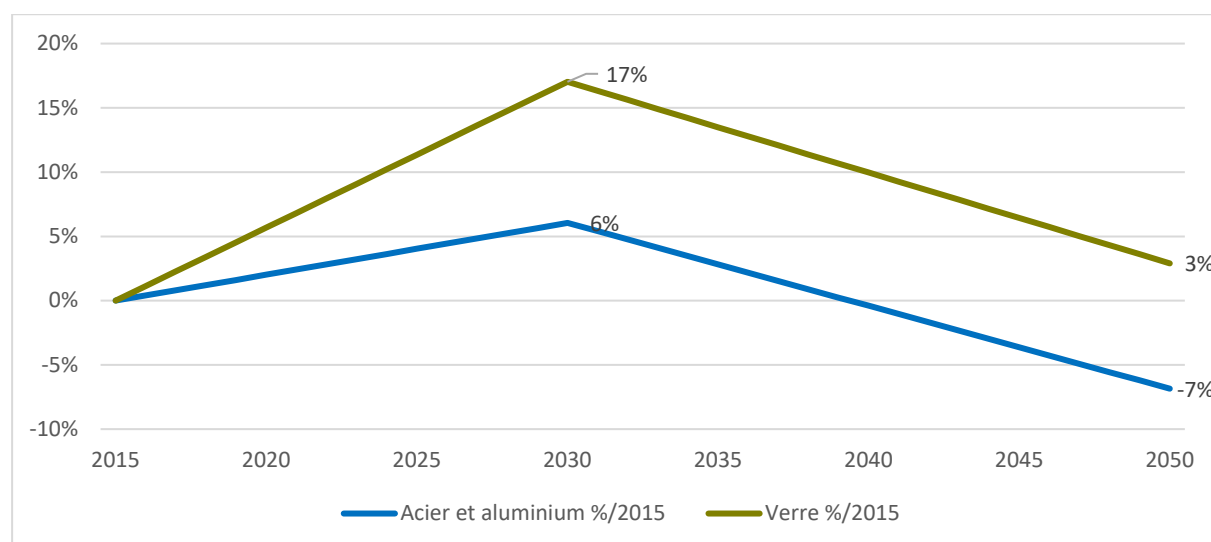


Figure 6 : Vision prospective de l'évolution de la demande en acier, aluminium et verre

1.3.3. TUILES, BRIQUES, CHAUX ET CERAMIQUE

En l'absence d'études et de données disponibles pour ces matériaux, l'évolution de la demande en tuiles, briques, chaux et céramique a été supposée constante et égale aux niveaux de 2015 pour toute la période 2015-2050.

1.4. EMISSIONS DE GES D'ORIGINE NON ENERGETIQUE

1.4.1. CIMENTERIES

Emissions de GES d'origine non énergétique

Les évolutions de la demande en ciment et les leviers d'efficacité carbone envisagés pour chacun des sites permettent d'évaluer l'évolution possible des émissions de GES d'origine non énergétique des cimenteries.

Selon les hypothèses retenues, les émissions de GES d'origine non énergétique seraient à la baisse dans la trajectoire REPOS, passant de 717 ktCO₂eq en 2015 à 524 ktCO₂eq en 2030 et 297 ktCO₂eq en 2050. Cela correspond à des baisses respectives de -27% en 2030 et -59% en 2050.

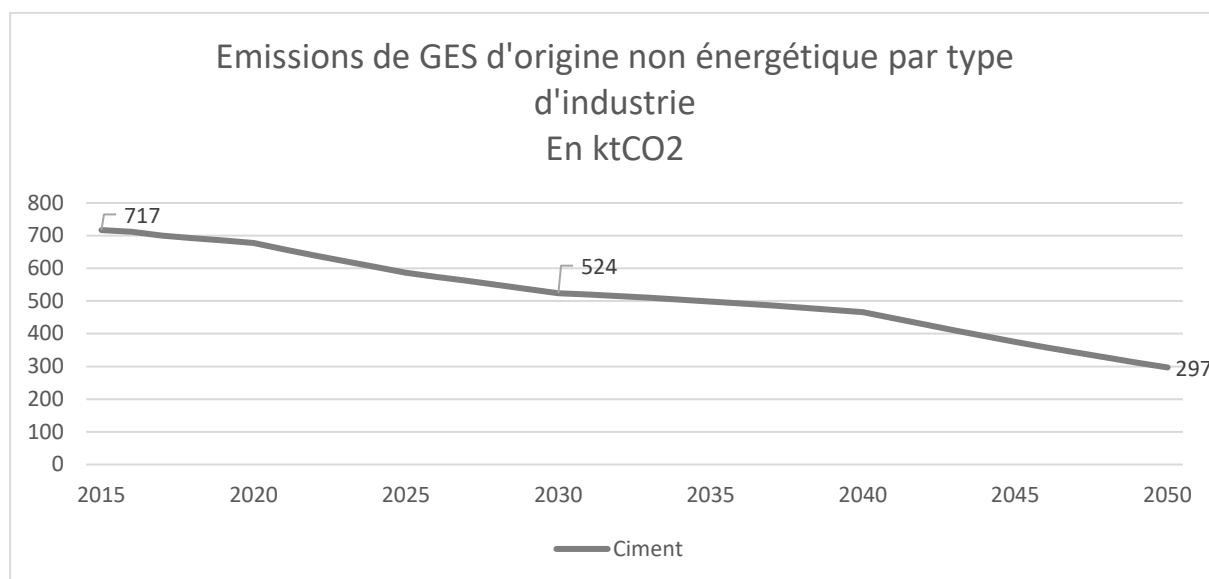


Figure 7 : Evolution prospective des émissions de GES d'origine non énergétique des cimenteries

Baisse des émissions de GES non énergétique par levier

L'analyse de la baisse des émissions par levier est présentée ci-après. Dans le cadre des hypothèses retenues pour la trajectoire REPOS, l'évolution de la demande en ciment est le principal levier de baisse des émissions, contribuant à 65% de la réduction des émissions de GES d'origine non énergétique à l'horizon 2050, suivi par la capture de carbone et son stockage (22% de la réduction), la baisse du taux de clinker (8% de la réduction), et la mise au niveau technologique des cimenteries (5% de la réduction).

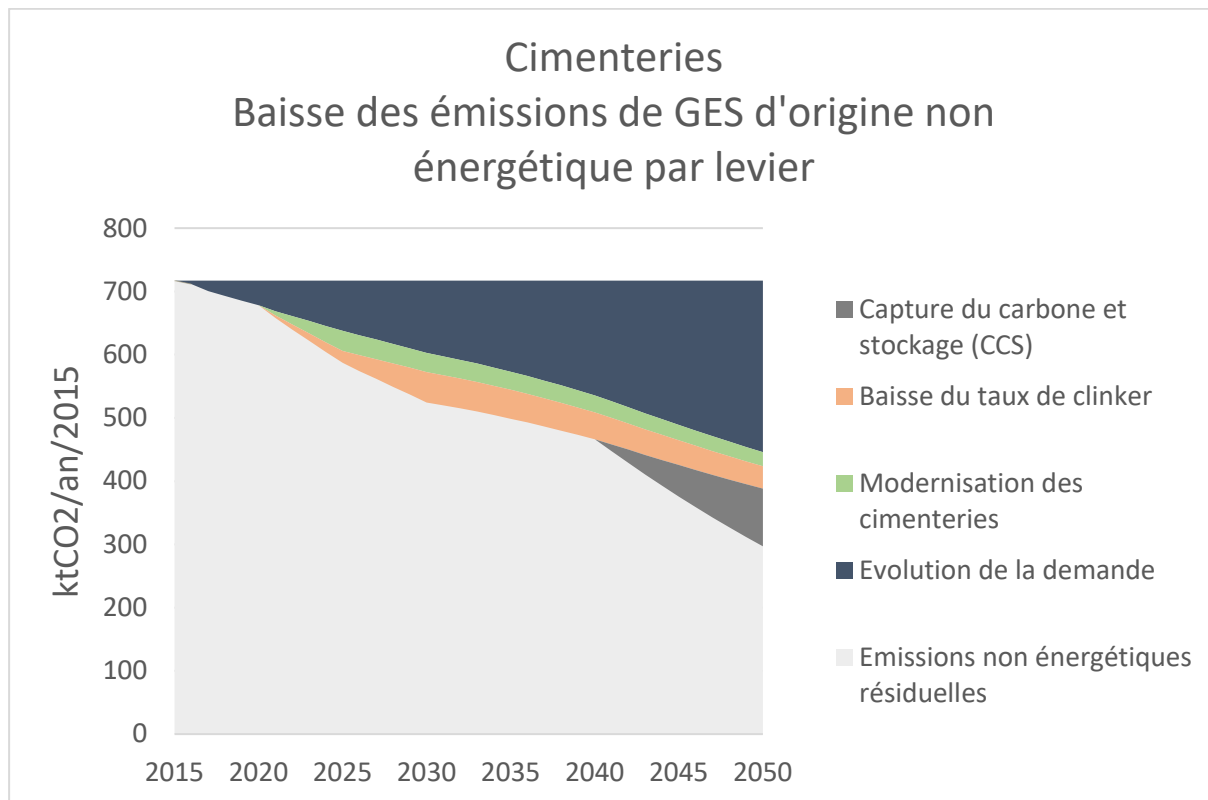


Figure 8 : Effet des différents leviers sur la baisse des émissions de GES d'origine non énergétique des industries

1.4.2. AUTRES INDUSTRIES

Les émissions de GES d'origine non énergétique des verreries et des sidérurgies sont principalement liées aux hypothèses d'évolution de la demande en matière prises pour ces industries. Leurs trajectoires d'émissions de GES non énergétique sont ainsi vues à la hausse jusqu'en 2030, avant d'entamer une baisse structurelle liée à l'évolution à la baisse de la demande en matière à partir de 2030, et renforcées par les leviers d'efficacité énergétique envisagés. Ces leviers permettent d'attendre une légère baisse des émissions de GES d'origine non énergétique des verreries et cimenteries à l'horizon 2050, malgré une demande en matière à des niveaux légèrement supérieurs aux niveaux de 2015.

Pour les autres types d'industries, aucune hypothèse de variation de la demande ou de leviers d'efficacité carbone ayant été prise, les émissions de GES d'origine non énergétique sont constantes tout au long de la période 2015 – 2050.

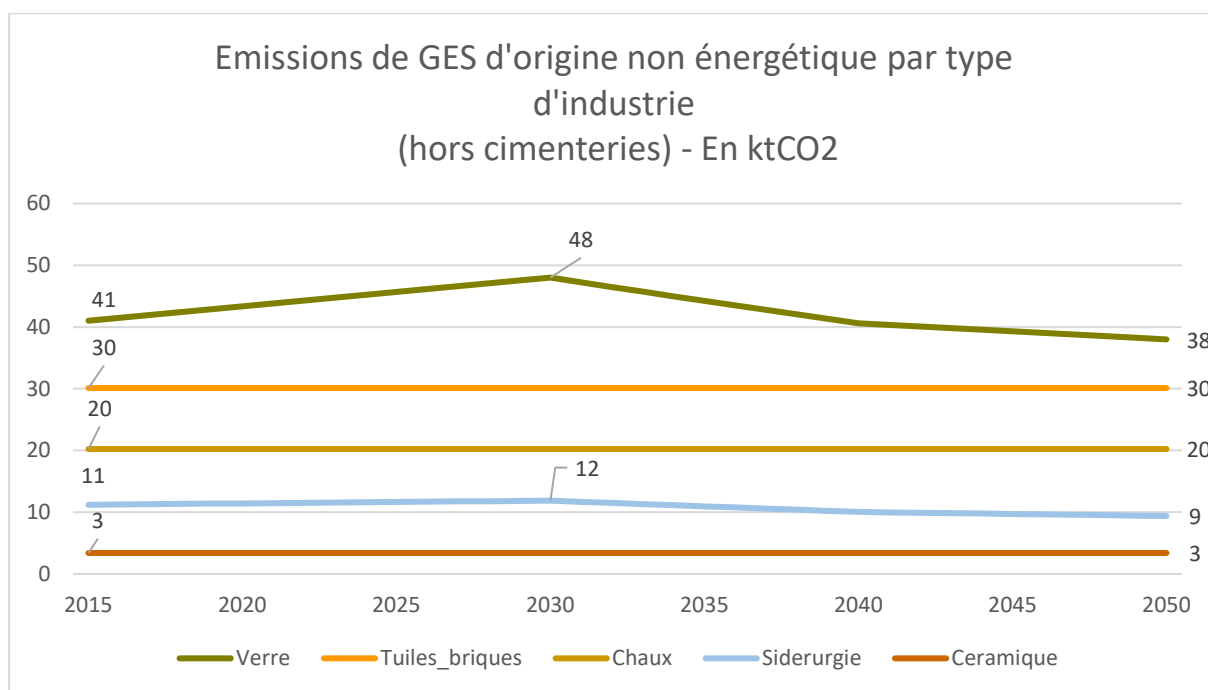


Figure 9 : Evolution prospective des émissions de GES d'origine non énergétique des autres types d'industrie

1.5. TRAJECTOIRE EMISSIONS DE GES DU SECTEUR INDUSTRIEL

Au global, la consolidation des travaux sur les émissions de GES d'origine non énergétique et les objectifs de réduction des consommations et des émissions de GES d'origine énergétique du secteur industriel permettent de tracer la trajectoire globale d'évolution des émissions de GES du secteur industriel entre 2015 et 2020 dans le cadre du scénario REPOS.

Les leviers retenus permettraient de limiter les émissions de GES du secteur industriel à 1 998 ktCO₂eq en 2030, et 1 030 ktCO₂e en 2050, soit des baisses de -41% en 2015 et -69% en 2050 par rapport aux niveaux de 2015.

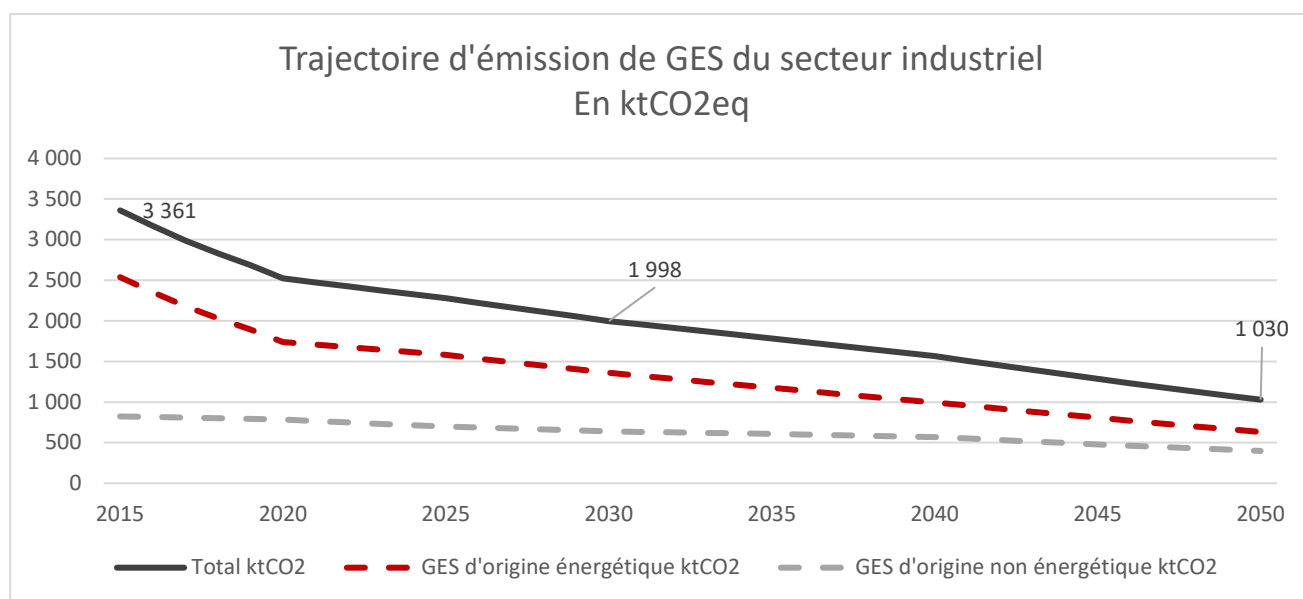


Figure 10 : Trajectoire prospective consolidée des émissions de GES du secteur industriel

4. TIRS DE SIMULATION

1.6. IMPACT DE LA DEMANDE SUR LE POTENTIEL DE REDUCTION DES EMISSIONS DE GES

Le travail de scénarisation REPOS considère que la production de ciment régionale est directement corrélée à la demande en ciment régionale. Cela signifie qu'il n'est pas fait d'hypothèse d'une production décorrélée de la demande, par exemple représentant un cas de figure où les industriels concentreraient la production de clinker sur les sites où une technologie de capture de carbone serait déployée.

L'évolution de la demande en ciment apparaît comme le principal levier de baisse des émissions de GES d'origine non énergétique du secteur industriel Occitan. Le scénario REPOS vise une réduction de la demande en ciment de 38 % par rapport au niveau de 2015.

- Si la réduction de la demande est plus forte (réduction de 75 % par rapport à 2015), les émissions de GES d'origine non énergétique en 2050 peuvent être réduites de 45% par rapport au scénario REPOS (*Figure 5*). Au global, les effets combinés des autres leviers (inchangés par rapport à REPOS) permettraient une réduction des émissions de GES d'origine non énergétique de 73 % en 2050 par rapport aux niveaux de 2015 (*Figure 6*) ;
- Au contraire, si la réduction de la demande est plus faible que dans le scénario REPOS (réduction de 15% par rapport à 2015), les émissions de GES d'origine non énergétique en 2050 seraient supérieures au scénario REPOS de +27% (*Figure 5*). Au global, les effets combinés des autres leviers (inchangés par rapport à REPOS) permettraient tout de même une réduction des émissions de GES d'origine non énergétique de 38 % en 2050 par rapport aux niveaux de 2015, contre -52% dans le scénario REPOS (*Figure 6*) ;
- Au contraire, si la demande varie à la hausse par rapport au niveau de (augmentation de 15 % par rapport à 2015), les émissions de GES d'origine non énergétique en 2050 seraient supérieures au scénario REPOS de +63% (*Figure 5*) Au global, les effets combinés des autres leviers (inchangés par rapport à REPOS) permettraient tout de même une réduction des émissions de GES d'origine non énergétique de 21% en 2050 par rapport aux niveaux de 2015 (*Figure 6*) ;

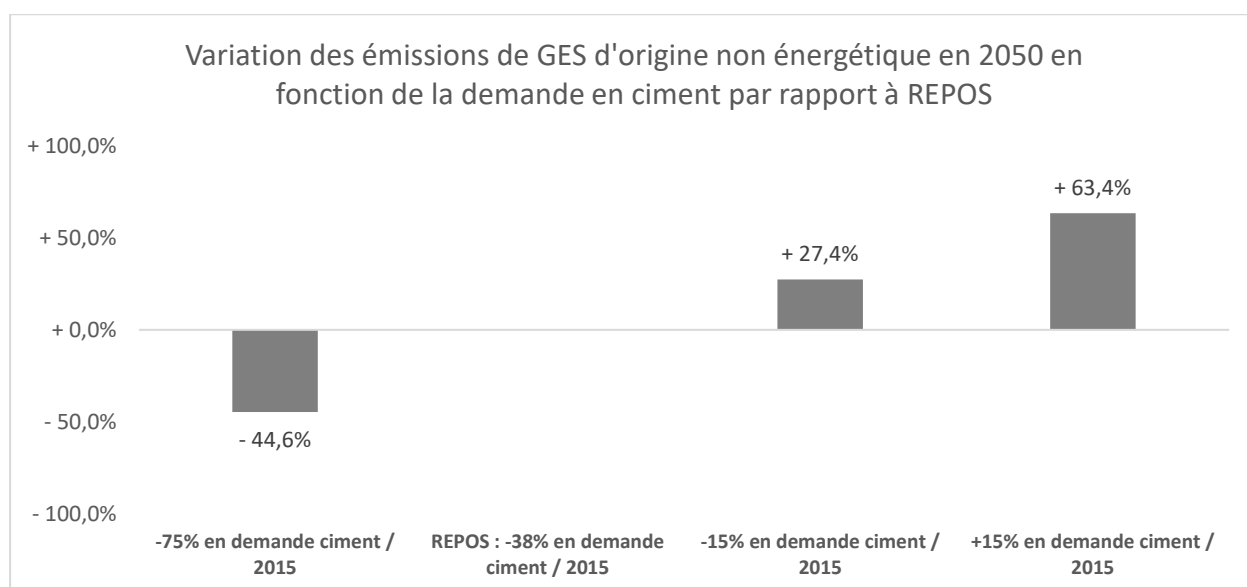


Figure 11 : Variation des émissions de GES non énergétiques en 2050 en fonction de la demande en ciment par rapport à REPOS

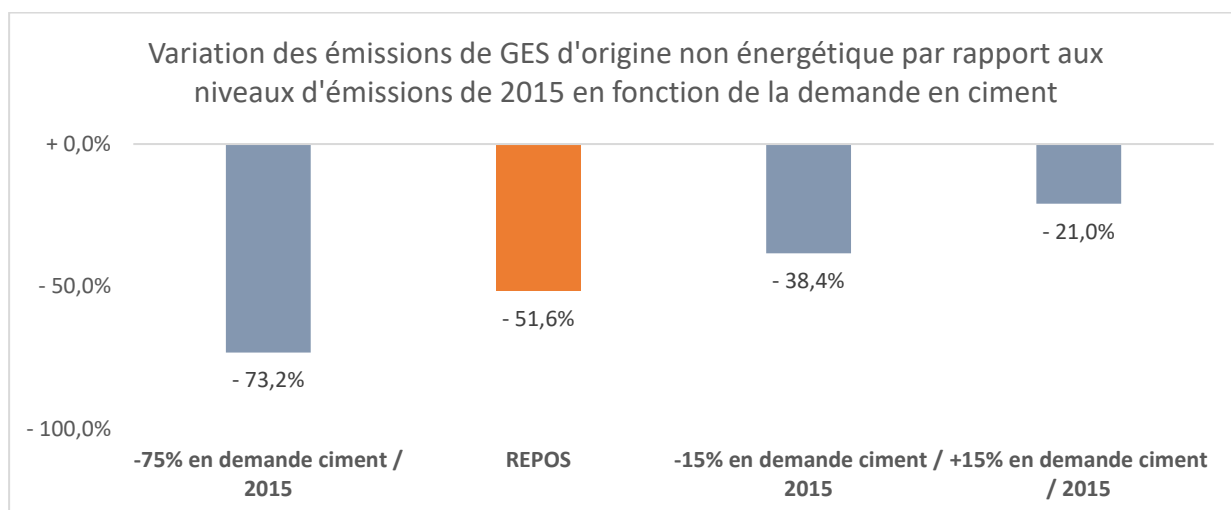


Figure 12 : Variation des émissions de GES non énergétiques par rapport aux niveaux d'émissions de 2015 en fonction de la demande en ciment

1.7. IMPACT DE LA MISE EN ŒUVRE GENERALISEE OU NON DE LA TECHNOLOGIE DE CCS SUR LES EMISSIONS DE GES D'ORIGINE NON ENERGETIQUE

Le scénario REPOS prend en compte un déploiement modéré de la technologie de capture de carbone et stockage en ne la retenant que pour les sites industriels fortement émetteurs (> 100ktCO₂/an), et géographiquement proches de la zone de stockage de carbone pré-identifiée du sud-ouest de la France (Lacq et alentours). Seul la cimenterie de Martres-Tolosane étant ainsi retenue. De plus, la mise en œuvre de cette technologie est supposée progressive à partir de 2040.

Trois tirs de simulation viennent évaluer l'impact d'un déploiement moindre ou généralisé de la technologie CC :

- Le déploiement généralisé de la technologie CCS aux 20 sites étudiés dans le cadre de ces travaux permettrait en 2050 de réduire les émissions de GES d'origine non énergétique de 77% par rapport à REPOS. Si l'on regarde l'impact du déploiement généralisé de la technologie CCS sur les émissions cumulées de GES d'origine non énergétique émises sur la période 2015 – 2050, l'impact est plus réduit (-7,9%) du fait de la mise en œuvre tardive de la technologie.
- Le déploiement de la technologie CCS sur l'ensemble des sites ayant des émissions résiduelles > 100 ktCO₂/an, sans contrainte de proximité avec un site de stockage permettrait en 2050 de réduire les émissions de GES d'origine non énergétique de 66,7% par rapport à REPOS. Si l'on regarde l'impact du déploiement généralisé de la technologie CCS sur les émissions cumulées de GES d'origine non énergétique émises sur la période 2015 – 2050, l'impact est plus réduit (-6,9%) du fait de la mise en œuvre tardive de la technologie.
- A l'inverse, le déploiement de la technologie CCS sur l'ensemble des sites situés à proximité d'un site de stockage du CO₂, mais sans contrainte sur le niveau d'émissions résiduelles des sites (y.c. sites < 100 ktCO₂/an) permettrait en 2050 de réduire les émissions de GES d'origine non énergétique de 1,7% par rapport à REPOS. Si l'on regarde l'impact du déploiement généralisé de la technologie CCS sur les émissions cumulées de GES d'origine non énergétique émises sur la période 2015 – 2050, l'impact est plus réduit (-0,2%) du fait de la mise en œuvre tardive de la technologie.

- Au contraire, l'absence de déploiement d'une technologie de CCS induirait une augmentation des émissions de GES d'origine non énergétique de 22,9% par rapport à REPOS en 2050. L'impact sur les émissions cumulées de GES d'origine non énergétique émises sur la période 2015 – 2050 serait plus réduit (+2,3%) du fait de la mise en œuvre tardive de la technologie.

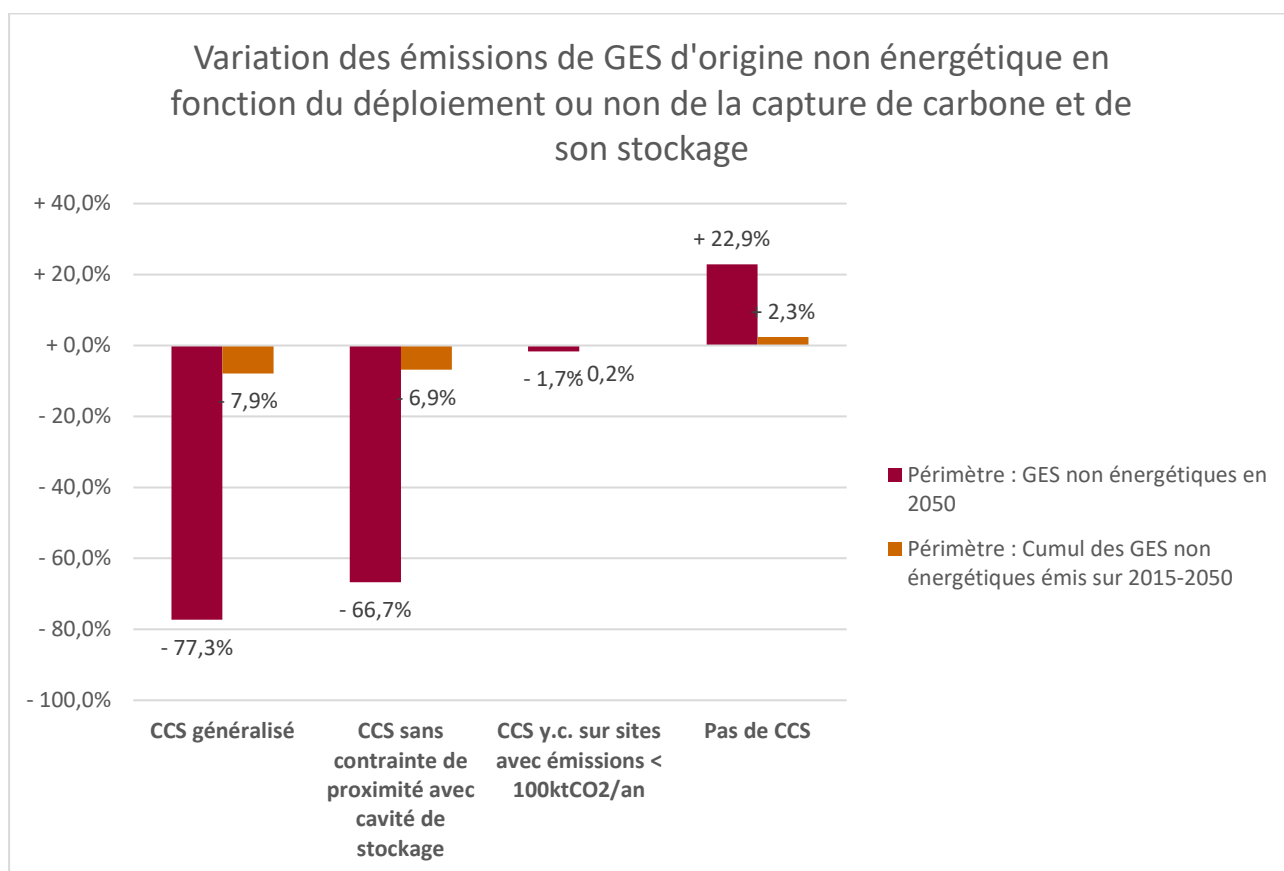


Figure 13 : Variation des émissions de GES non énergétiques en fonction du déploiement ou non de la capture de carbone et de son stockage

A noter que la mise en œuvre de la technologie CCS a également un impact sur les émissions de GES d'origine énergétique.

D'autre part, la réduction effective des émissions de GES suppose que le CO₂ est enfoui dans des cavités géologiques sans réutilisation ultérieure. La réutilisation du CO₂ stocké (pour des usages actuels en agroalimentaire ou pour de nouveaux usages comme la méthanation) induirait in fine l'émission de tout ou partie de ce CO₂ capturé sur les sites industriels.

Ci-dessous est représentée la quantité cumulée de CO₂ qui serait capturée et qu'il faudrait stocker dans le cadre du scénario REPOS. Cela représente une quantité cumulée de CO₂ de 581 kt CO₂ en 2050, avec une capture de 94,7 ktCO₂/an en 2050.

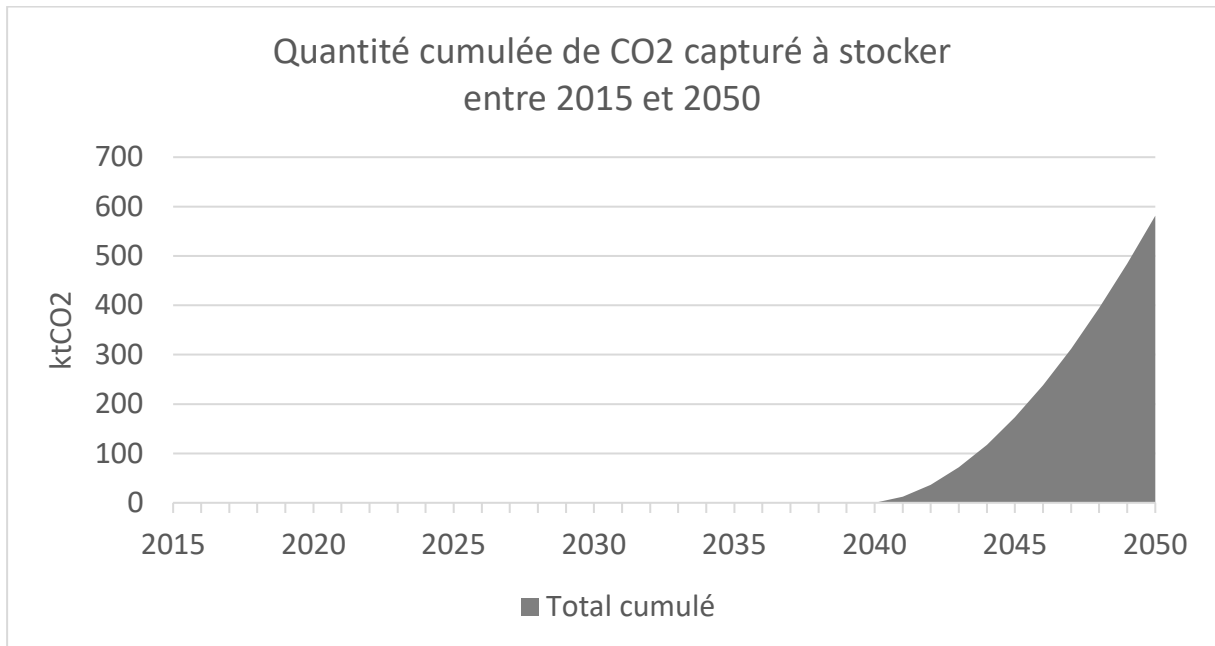
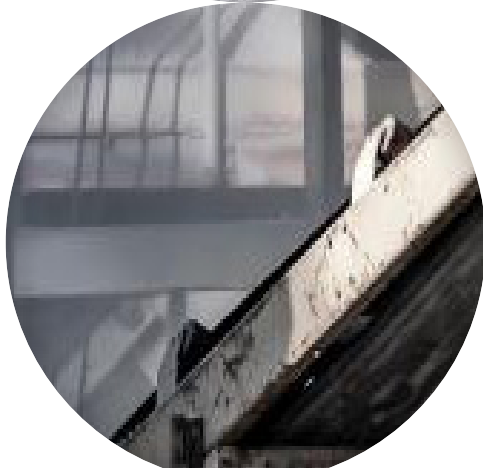


Figure 14 : Quantité cumulée de CO2 capturé à stocker

5. SOURCES

1. **ADEME.** [AVIS DE L'ADEME] LE CAPTAGE ET STOCKAGE GÉOLOGIQUE DE CO2 (CSC), UN POTENTIEL LIMITÉ POUR RÉDUIRE LES ÉMISSIONS INDUSTRIELLES. [En ligne] Juillet 2020. <https://presse.ademe.fr/2020/07/avis-de-lademe-la-captage-et-stockage-geologique-de-co2-csc-un-potentiel-limite-pour-reduire-les-emissions-industrielles.html#:~:text=L'Avis%20de%20l'ADEME%20r%C3%A9v%C3%A8le%20%C3%A9galeme nt%20que%20ce%20gisement,dans%20so.>
2. **OREO.** Cahier technique REPOS - Secteur Résidentiel. [En ligne] https://www.arec-occitanie.fr/sites/default/files/cahier_technique_residentiel_300321a.pdf.
3. —. Cahier technique REPOS - Secteur Tertiaire. [En ligne] https://www.arec-occitanie.fr/sites/default/files/cahier_technique_tertiaire_repos_occitanie_150721b.pdf.
4. **ADEME.** Transition(s) 2050 - 5 scénarios pour atteindre la neutralité carbone. [En ligne] 2022. <https://transitions2050.ademe.fr/>.
5. —. Ciment, mémo d'analyse des enjeux de décarbonation du secteur. [En ligne] <https://librairie.ademe.fr/changement-climatique-et-energie/4727-ciment-memo-d-analyse-des-enjeux-de-decarbonation-du-secteur.html>.
6. —. Plan de transition sectoriel de l'industrie cimentière en France. [En ligne] <https://librairie.ademe.fr/changement-climatique-et-energie/5041-plan-de-transition-sectoriel-de-l-industrie-cimentiere-en-france-9791029718212.html>.
7. —. Verre, mémo d'analyse des enjeux de décarbonation du secteur. [En ligne] https://librairie.ademe.fr/changement-climatique-et-energie/4728-verre-memo-d-analyse-des-enjeux-de-decarbonation-du-secteur.html#/44-type_de_produit-format_electronique.
8. —. Acier, mémo d'analyse des enjeux de décarbonation du secteur. [En ligne] https://librairie.ademe.fr/changement-climatique-et-energie/4731-acier-memo-d-analyse-des-enjeux-de-decarbonation-du-secteur.html#/44-type_de_produit-format_electronique.



OBSERVATOIRE RÉGIONAL CLIMAT ÉNERGIE OCCITANIE

Bâtiment La Fabrik
55 avenue Louis Bréguet, CS24020
31028 Toulouse Cedex 4

www.observatoire-energie.fr

Contact : Denis Muller - Chef de projets territoriaux ORCEO
denis.muller (at) arec-occitanie.fr

