

STRATEGIE DE LA METROPOLE ROUEN NORMANDIE POUR UNE INDUSTRIE 100% ENR&R CONTRIBUTANT AUX OBJECTIFS DE NEUTRALITE CARBONE

Présentation de la stratégie



Mars 2023

En 2020, la France a adopté l'objectif ambitieux d'atteindre la **neutralité carbone à l'horizon 2050** dans le cadre de sa Stratégie Nationale Bas Carbone (SNBC), qui définit la trajectoire de réduction des émissions de gaz à effet de serre (GES). Dans le cadre de cette stratégie, les acteurs locaux ont un rôle clef à jouer pour concrétiser ces objectifs à leur échelle. La Métropole Rouen Normandie (MRN) s'est engagée sur ce chemin à travers deux objectifs territoriaux : une **consommation d'énergie 100 % renouvelable** en 2040 et un **territoire zéro émission nette dès la décennie 2040**. Le secteur de l'industrie manufacturière de la Métropole étant le secteur le plus émetteur (39 % des émissions de GES gaz à effet de serre du territoire, soit en 2018, 1,3 MtCO₂eq sur un total de 3,3 MtCO₂eq) et le plus consommateur d'énergie (43% de la consommation énergétique, soit en 2018, 7 476 GWh sur un total de 18 000 GWh), il est essentiel de diminuer fortement ses émissions et consommations énergétiques. Pour ce faire, le territoire s'est engagé dans l'élaboration d'un plan d'actions en co-construction avec les industriels et parties prenantes du territoire.

La transition de la Métropole Rouen Normandie se devra d'être à son image et spécifique au contexte local pour l'industrie. La dynamique amorcée du territoire dessine aujourd'hui un écosystème industriel pour 2050...

- **...sobre en carbone et résilient**, à l'image des orientations nationales : la SNBC place un objectif de -81% des émissions de l'industrie en 2050 par rapport à 2015 et les scénarios de l'ADEME montrent des possibilités quant à l'évolution de la demande et des procédés industriels ;
- **...interconnecté à l'axe Seine et à la zone urbaine**, pour assurer l'articulation avec le tissu industriel et d'habitations local, et notamment la mutualisation de matières premières, d'énergie et d'infrastructure sur des plateformes de coopération industrielle ;
- **...à la pointe de technologies de rupture et de la production d'EnR&R**, en s'appuyant en particulier sur les atouts du territoire en matière de production d'hydrogène et de potentiel de captage de carbone et en accentuant les efforts sur le déploiement des EnR&R.

Pour rejoindre ce point d'arrivée, la stratégie dont s'est doté le territoire se décline sur 5 axes :



Réduire les émissions de GES et consommations énergétiques

Réduire durablement les consommations d'énergie et de matière des industriels
Réduire les émissions directes non énergétiques de gaz à effet de serre de l'industrie



Substituer par des énergies renouvelables

Produire et s'approvisionner en énergies renouvelables et de récupération (EnR&R)



Densifier et promouvoir l'Ecologie Industrielle et Territoriale sur le territoire

Améliorer le réemploi et la récupération énergétique et de fluides
Améliorer le taux de recyclage et d'incorporation de matières recyclées
Encourager la coopération entre les acteurs sur le territoire



Accompagner le développement de filières d'avenir et la mutation du tissu industriel existant

Soutenir le développement d'un tissu industriel compatible avec un monde bas carbone et Anticiper les besoins dans les technologies non matures



Renforcer l'adaptation au changement climatique des industriels

Evaluer les risques et encourager la résilience des industriels face aux changements climatiques

Une fois cette direction stratégique donnée, les leviers permettant de réduire les émissions et consommations énergétiques ont pu être identifiés auprès des industriels, lors d'ateliers et de visites de sites, puis complétés de propositions non planifiées à ce stade. Les principaux gisements de réduction des émissions de GES ont ainsi été mis en évidence selon les axes stratégiques retenus, en cherchant à prendre en compte les besoins énergétiques propres à chaque activité, les mutualisations possibles et les éventuelles opportunités d'économie circulaire. Cette approche *bottom-up* a ensuite été complétée par une analyse des facteurs de décarbonation externes à la Métropole, en s'appuyant sur des hypothèses nationales du scénario prospectif « S2 – Coopération territoriale » de l'ADEME. Ces éléments ont permis de construire plusieurs trajectoires de décarbonation de l'industrie du territoire de la Métropole Rouen Normandie, dépendant du niveau d'activation des leviers, qui sont ensuite comparées aux objectifs définis.



Figure 1 : Trajectoires de décarbonation de l'industrie de la Métropole Rouen Normandie

Dans le détail, cette trajectoire montre qu'en étant très ambitieux sur les actions menées, le territoire peut atteindre l'objectif d'une industrie neutre dès 2040. Si pour cela la baisse des volumes produits et la décarbonation des mix réseaux contribueront pour une part importante à la transition du territoire, ils ne pourront se substituer à des efforts importants au niveau des sites industriels et des initiatives mises en place collectivement. L'implication du secteur des engrais est en particulier cruciale dans la poursuite des objectifs, au regard de la part significative des émissions et des importants gisements de décarbonation que ce secteur représente. L'atteinte de l'objectif 100% EnR&R dépendra par ailleurs de coopérations territoriales sur l'approvisionnement en biogaz.

Les objectifs du territoire peuvent donc être déclinés à l'échelle de l'industrie comme suit :

A l'horizon...	2030	2040	2050	
Réduction des émissions de GES	-71%	-94%	-100%	par rapport à 2005
Captage et stockage de carbone	430 000	100 000	0	tCO _{2eq} captées par an
Réduction et séquestration en dehors du tissu industriel métropolitain	315 000	40 000	10 000	tCO _{2eq} résiduelles sur le territoire
Atteindre 100% des besoins énergétiques des industriels couverts par EnR&R d'ici 2040	37%	77%	81%	de la consommation industrielle couverte par des EnR&R locales
	-	23%	19%	de la consommation industrielle devant être couverte par des EnR&R extra-territoriales
	Actions au sein des sites industriels de la MRN		Actions de coopération et de solidarité entre territoires	

Ces éléments de stratégie appellent à la mise en place d'un plan d'action opérationnel, qui a été co-construit avec les industriels et les acteurs proches de l'industrie du territoire afin de cibler les actions prioritaires puis de les adapter aux besoins locaux. Les fiches actions découlant de ce travail se trouvent en annexe de ce rapport.

TABLE DES MATIERES

Résumé exécutif	1
Introduction.....	5
Synthèse de l'état des lieux de la décarbonation de l'industrie de la Métropole Rouen Normandie	7
1 Fiche d'identité du secteur industriel du territoire	7
2 Bilan des émissions de gaz à effet de serre	7
3 Bilan des consommations et productions énergétiques	8
4 Panorama des initiatives à l'œuvre	10
Vers une industrie rouennaise décarbonée	12
Zoom sur les principaux secteurs émetteurs du tissu industriel.....	15
Axes stratégiques pour la contribution à la neutralité carbone et l'atteinte de l'objectif 100% EnR&R	17
1 Réduire les émissions de GES et consommations énergétiques.....	17
2 Substituer par des énergies renouvelables et décarbonées	25
3 Densifier et promouvoir l'Ecologie Industrielle et Territoriale (EIT) sur le territoire (scope 3).....	32
4 Accompagner le développement de filières d'avenir et la mutation du tissu industriel existant.....	35
5 Renforcer l'adaptation au changement climatique des industriels.....	40
Trajectoire de décarbonation de la Métropole	43
1 Principaux enseignements.....	43
2 Atteindre les objectifs de la Métropole pour l'industrie	54
3 Traduction opérationnelle de la stratégie	54
Annexe méthodologique.....	56
1 Données utilisées.....	56
2 Méthodologie de construction des trajectoires	57
3 Hypothèses structurantes.....	58
4 Limites de l'étude et pistes d'amélioration	60
Annexe Neutralité carbone.....	63

INTRODUCTION

En 2020, la France a adopté l'objectif ambitieux d'atteindre la **neutralité carbone à l'horizon 2050** dans le cadre de sa **Stratégie Nationale Bas Carbone (SNBC)**. Cette dernière définit la trajectoire de réduction des émissions de gaz à effet de serre (GES). Dans le cadre de cette stratégie, les acteurs locaux ont un rôle clef à jouer pour concrétiser ces objectifs à leur échelle.

La Métropole Rouen Normandie (MRN) s'est engagée sur ce chemin. Dès 2019, elle a validé son **Plan Climat Air Energie Territorial (PCAET)** fixant son plan d'action environnemental sur la période 2020-2025. En parallèle, la Métropole s'est engagée dans le projet européen « Urbanpact -Towards net zero initiative ». Ces plans se déclinent selon deux objectifs principaux : une **consommation d'énergie 100% renouvelable** en 2040 et un **territoire zéro émission nette en 2050**. De plus, en 2021, la MRN a adhéré à la campagne « Cities Race to Zero », engagement mondial visant à **atteindre la neutralité carbone dès la décennie 2040**. Le secteur industriel de la Métropole étant le secteur le plus émetteur et le plus consommateur d'énergie, la Métropole contribuera à la neutralité carbone¹ par une **forte diminution des émissions et de la consommation énergétique de son industrie**.

Ainsi, la Métropole Rouen Normandie a entrepris de se doter d'une stratégie et d'un plan d'actions pour l'atteinte des objectifs de consommation d'énergie 100% renouvelable et de neutralité carbone dans le secteur industriel du territoire². L'étude doit permettre, dans un premier temps, de **mieux connaître le secteur industriel du point de vue de ses émissions de GES et de ses consommations énergétiques** en identifiant les démarches entreprises jusqu'à présent et les mesures à entreprendre dans les prochaines années. Ces éléments permettront de construire une **stratégie adaptée** aux acteurs de l'industrie rouennaise puis de la concrétiser en coconstruisant un **plan d'actions** permettant d'atteindre les objectifs de décarbonation.

¹ Le GIEC définit le concept de neutralité carbone comme « la situation dans laquelle les émissions anthropiques nettes de CO₂ sont compensées à l'échelle de la planète par les éliminations anthropiques de CO₂ au cours d'une période donnée. ». Ainsi définie, celle-ci n'a de sens qu'à l'échelle de la planète ou des états coordonnés au travers de l'Accord de Paris. Selon l'ADEME, la neutralité carbone « n'est pas directement transposable à un territoire infrarégional, une entreprise ou un citoyen » (cf Annexe neutralité carbone)

² L'étude porte spécifiquement sur le secteur industriel au sens de la SNBC, c'est-à-dire industrie manufacturière hors production d'énergie.



INDUSTRIE

OBJECTIFS de RÉDUCTION des ÉMISSIONS de GES PAR RAPPORT À 2015

2030 : - 35 %
2050 : - 81 %

COMMENT ?

- Accompagner les entreprises dans leur transition vers des systèmes de production bas-carbone (développement de feuilles de route de décarbonation, outils de financement). Soutenir l'émergence, en France, de moyens de production de technologies clés dans la transition.
- Intensifier la recherche et le développement de procédés de fabrication bas-carbone.
- Améliorer fortement l'efficacité énergétique et recourir à des énergies décarbonées.
- Maîtriser la demande en matière, en développant l'économie circulaire.

La décarbonation de l'industrie dans la SNBC

A ce jour, la SNBC prévoit les grandes orientations de la décarbonation de l'industrie française, sans détailler précisément les leviers à mettre en œuvre par secteur industriel. Ce travail est en cours à travers l'élaboration des Plans de Transition Sectoriels (PTS) qui visent les 9 secteurs les plus consommateurs d'énergie.

(A gauche) Ambitions et orientations pour l'industrie dans la SNBC

Figure 2 : Objectifs SNBC

Afin de répondre à ces problématiques, une étude précise auprès d'un groupe de 10 industriels parmi les plus consommateurs a été réalisée. L'identification des gisements de réduction d'émission de GES a pu ainsi être effectuée. La stratégie de transition et le plan d'actions ont ensuite été construits en **coordination avec toutes les parties prenantes pour garantir l'efficacité du plan d'actions.**

Ce présent document établit la synthèse de l'état des lieux des initiatives de décarbonation sur le territoire de la Métropole Rouen Normandie et présente la stratégie de décarbonation définie. Ces deux étapes seront suivies de la définition d'un plan d'actions afin de mettre en œuvre la stratégie proposée.

1 Fiche d'identité du secteur industriel du territoire

Le secteur industriel du territoire de la Métropole Rouen Normandie (MRN) est un secteur dynamique regroupant **17 000 employés** travaillant dans **720 établissements**³. Ce complexe industrialo-portuaire pèse, en 2018, pour 11,8% des emplois du territoire (INSEE) et dégage **2,8M € de richesse**. Il s'étend dans des domaines très variés que sont **l'automobile, l'agro-alimentaire, la chimie, la pharmacie, les produits métalliques** ainsi que la production **de papier et de carton** – certains secteurs étant plus émetteurs que d'autres. Plus de deux tiers des emplois sont concentrés dans les secteurs suivants (par ordre d'importance) : l'industrie automobile, les industries alimentaires, l'industrie pharmaceutique et la métallurgie.

2 Bilan des émissions de gaz à effet de serre

L'industrie du territoire représente **39% des émissions de gaz à effet de serre (GES)** de la Métropole Rouen Normandie, soit en 2018 1,3 MtCO₂eq sur un total de 3,3 MtCO₂eq. C'est le poste d'émission de GES le plus important de la Métropole, devant le transport routier (29% des émissions).

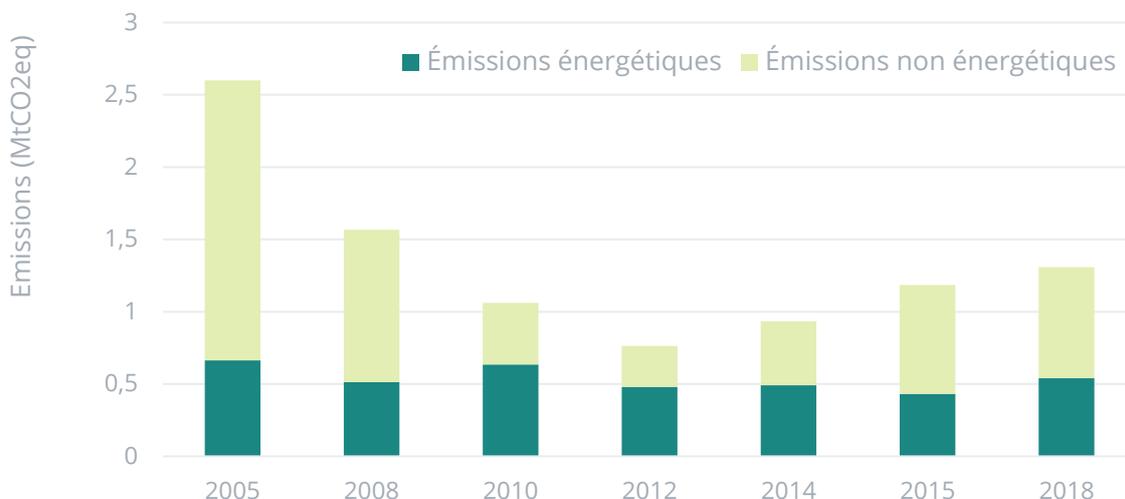


Figure 3 : Evolution des émissions de GES du secteur manufacturier (ORECAN)

Les **émissions de GES ont fortement diminué entre 2005 et 2012**, en raison de la fermeture de sites industriels. La tendance s'est toutefois inversée depuis 2012. On observe d'une part que la majorité des émissions non énergétiques (c'est-à-dire non liée à une combustion, en vert clair sur la Figure 3) étaient dues jusqu'en 2008 à une usine émettant du N₂O, gaz à effet de serre au fort pouvoir de réchauffement. Aujourd'hui, ce sont les **émissions de CO₂ qui sont devenues largement majoritaires** dans la Métropole et qui expliquent

³ L'étude porte ici sur l'industrie manufacturière spécifiquement, qui est distincte des sites producteurs d'énergie.

l'augmentation du total des émissions depuis 2012. Elles augmentent en particulier en parallèle de la croissance de l'activité. D'autre part, les émissions liées aux consommations énergétiques (en vert foncé sur la Figure 3) sont restées relativement stables. Les évolutions des émissions de GES sont donc fortement liées à l'activité industrielle, bien que des efforts en matière d'efficacité énergétique, de décarbonation du mix énergétique et d'amélioration des taux de recyclage aient été notés⁴.

De plus, dans la Métropole, **9 industriels sont soumis aux quotas EU-ETS**. Ces derniers représentent **10% des émissions directes de l'industrie du territoire**. Ces sites, faisant partie des sites industriels les plus émetteurs au sein de l'UE, voient leurs émissions de GES régulées. Ils doivent ainsi acheter des quotas carbone au prix de la tonne de carbone. Ce dernier augmentant incite donc les industriels concernés à agir afin de diminuer leurs émissions de GES.

3 Bilan des consommations et productions énergétiques

La consommation énergétique des industries de la Métropole est également importante dans la consommation énergétique globale du territoire, avec une part de 43%. En 2018, sur 18 000 GWh consommés sur le territoire de la MRN, 7 476 GWh l'ont été par l'industrie.

La consommation d'énergie de l'industrie provient **majoritairement du gaz et de l'électricité**, qui représentent respectivement **72%** et **17%** de la consommation totale d'énergie en 2018. La consommation de **bois-énergie** compte pour **9%** de la consommation

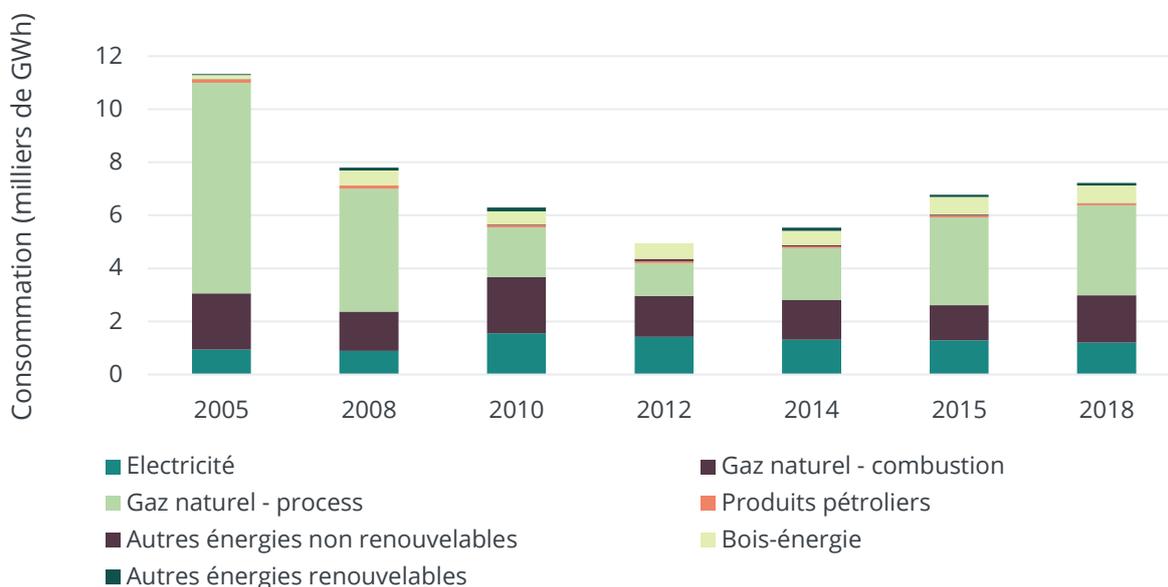


Figure 4 : Evolution des consommations d'énergie du secteur industriel (ORECAN)

totale. Elle est liée à plusieurs chaudières à bois. En 2020, la consommation de gaz provient majoritairement de **l'industrie chimique (81%)**. Il est utilisé principalement pour les

⁴ Les méthodes de calcul des émissions de GES de l'ORECAN ont également évolué à la marge.

procédés industriels ainsi que pour le chauffage des bâtiments industriels. La **consommation d'électricité est, quant à elle, plus répartie entre différentes industries**. L'industrie automobile consomme 23% de cette électricité, l'industrie du papier et du carton 19%, l'industrie chimique 18% et l'industrie pharmaceutique 12%.

Par ailleurs, on constate que les consommations énergétiques sont concentrées sur quelques zones de la métropole qui regroupent les plus gros sites industriels des 5 secteurs les plus émetteurs, comme le montre la cartographie ci-dessous. Cette répartition géographique est en outre spécifique au territoire de la métropole, où l'industrie est proche des zones d'habitation.

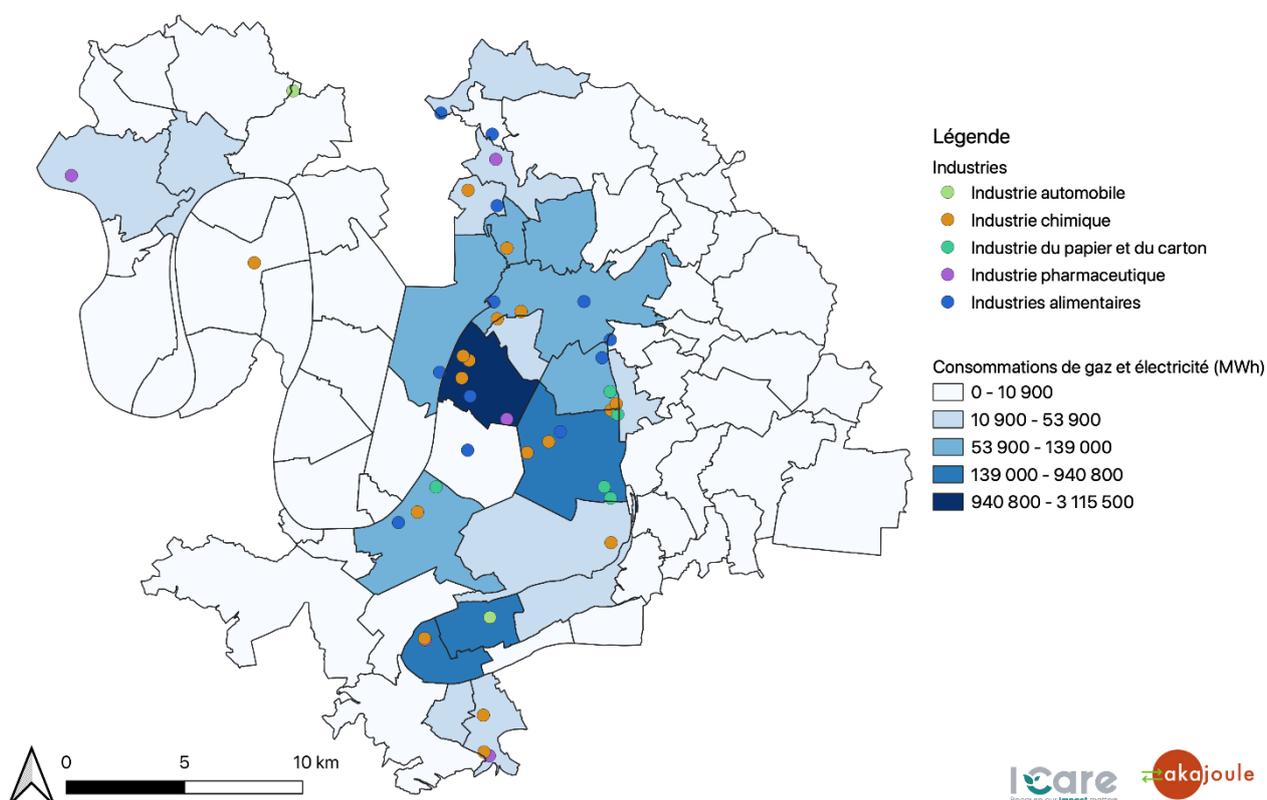


Figure 5 : Consommation de gaz et d'électricité de la Métropole Rouen Normandie. Source : OpenData Réseaux Énergie (<https://opendata.reseaux-energies.fr/pages/accueil/>) ; traitement Akajoule.

De plus, il est intéressant de ramener les consommations énergétiques à une grandeur commune à toutes les filières, telle que le nombre d'emplois, afin de comprendre si l'activité est intensive ou si les sites font au contraire partie de l'industrie diffuse. Si l'on compare les consommations énergétiques au nombre d'emploi des filières, on constate que l'industrie chimique est largement en tête avec un ratio de 1913 MWh/emploi, devant la construction avec un ratio de 315 MWh/emploi. La différence est donc notable entre l'industrie chimique, dont l'activité est ici très représentative de l'industrie lourde avec des leviers très spécifiques et des sites à étudier au cas par cas, et le reste des industries présentes dans la Métropole qui s'apparentent plutôt à l'industrie diffuse.

Les acteurs du territoire de la MRN produisent également **de l'énergie renouvelable et de récupération**, principalement à travers le bois domestique, collectif et industriel qui

représente 49% de la production d'EnR&R. Cette production représente 850 GWh, soit, à titre de comparaison, environ **11% de la consommation énergétique du secteur de l'industrie seule, ou encore** moins de 5% de la consommation totale du territoire. La part d'énergie renouvelable peut notamment être augmentée par une utilisation accrue de la biomasse, de la récupération de chaleur, du biogaz, de la géothermie et du photovoltaïque. Ces modes de production nécessitent cependant des surfaces conséquentes (au sol ou sur toitures et ombrières), en particulier pour l'électricité renouvelable et le développement d'une filière biogaz. Ces surfaces étant disponibles en quantités limitées, l'atteinte de l'objectif 100% EnR&R devra s'accompagner d'une réduction drastique des consommations énergétiques en parallèle du développement des capacités de production. Ce déploiement pourra être pensé en partenariat avec la Région Normandie ainsi que les territoires voisins.

4 Panorama des initiatives à l'œuvre

La Métropole Rouen Normandie est **engagée dans l'Ecologie Industrielle et Territoriale (EIT)**. L'objectif est **d'optimiser la consommation de ressources** de l'industrie à travers une approche systémique : énergie, eau, matières, déchets, équipements. Le développement d'initiatives EIT pourrait répondre à de nombreuses attentes des industriels : échanges d'énergie (projets déjà en cours), valorisation des déchets et échanges de matières, production d'eau industrielle, transport fluvial adapté aux besoins, mutualisation d'achats et de prestations, développement de la mobilité.

De plus, **le développement de réseaux de chaleur** est une opportunité importante pour la Métropole Rouen Normandie. L'objectif serait de récupérer la chaleur perdue, issue des déchets ou de l'industrie. Actuellement, 80 GWh/an sont achetés à l'unité de valorisation énergétique de déchets de la Métropole. Les possibilités de développement sont nombreuses mais encore à l'état embryonnaire. L'amortissement de tels investissements est estimé à 5 à 10 ans. Le faible prix du gaz a été le point bloquant de cette stratégie par le passé qui pourrait être désormais levé.

Le **captage et le stockage du carbone** ou son utilisation est une technologie qui permet de diminuer la quantité de CO₂ émise dans l'atmosphère en le captant en partie dès son émission. Le CO₂ est ensuite compressé et transporté avant d'être stocké en sous-sol. Il peut également être valorisé vers des filières industrielles utilisant du CO₂ comme intrant. Le processus est d'autant plus performant que la concentration et la quantité de CO₂ à l'émissions sont importantes. Sur l'axe Seine, un projet porté par le consortium de 5 industriels verrait une interconnexion avec les territoires industriels du Havre et de Port-Jérôme. La soutenabilité du coût dépend notamment du prix de la tonne de carbone.

En effet, la mise en place de toute la chaîne CSC est un défi majeur même, si prises séparément, les différentes briques (captage, transport, stockage) sont matures technologiquement. La combinaison de ces trois briques est complexe et coûteuse. Dans le monde, 19 projets CSC sont en opération à l'échelle industrielle, essentiellement sur des unités d'exploitations pétrolières et gazières mais également sur des centrales de production

d'électricité à base fossile ou des sites industriels pour un total de 23 MtCO₂ stockées/an. L'impact GES observé est globalement positif, bien que tout le CO₂ ne puisse être capté. En revanche, les solvants utilisés lors du captage augmentent l'émissions de particules et ainsi l'impact environnemental de l'infrastructure. Pour être pertinent, le CSC ne doit intervenir que lorsque tous les autres leviers de réduction ont été activés.

L'ADEME estime que le potentiel maximal de captage, basé sur les émissions actuelles, est de **6 MtCO₂/an en Normandie dans 12 sites industriels**, dont 4 gros émetteurs⁵. Ce gisement réduira cependant au fur et à mesure de l'introduction d'autres actions de réduction d'émissions de CO₂ sur ces sites industriels.

La Région Normandie produit également un tiers de la consommation nationale en **hydrogène**. Elle a adopté dès 2018 un plan de soutien à la filière afin de la développer. La Région cherche à construire des projets innovants qui pourront être dupliqués sur tout le territoire en cas de succès.

En novembre 2022 a également été créée la **SEM ASER** (Société d'Economie Mixte – Axe Seine Energies Renouvelables), dont la Métropole Rouen Normandie est actionnaire aux côtés de la Métropole du Grand Paris, la Ville de Paris, le Havre Seine Métropole, ainsi que de la Banque des Territoires et Energie Partagée. Cette SEM est un outil public de développement des énergies renouvelables qui a pour objet, directement ou par l'intermédiaire de ses filiales et participations, d'intervenir dans le développement, la gestion, la distribution, le stockage et la livraison d'énergies renouvelables sur le territoire de l'Axe Seine. Elle financera des projets d'énergies renouvelables dont la complexité et le taux de rentabilité freineraient le développement par des acteurs privés.

⁵ Source : ADEME - Le Captage et Stockage géologique du CO₂ (CSC) en France – Avis technique, Juillet 2020

Décarboner le territoire de la Métropole Rouen Normandie passe nécessairement par une déclinaison des objectifs métropolitains à l'industrie, qui représente plus d'un tiers des émissions. Les sites industriels étant par ailleurs dispersés au sein d'un territoire urbanisé, il est essentiel de s'appuyer sur les territoires voisins pour tirer parti des dynamiques interterritoriales, ainsi que de leur potentiel de développement d'EnR&R et de séquestration. La stratégie du territoire dessine donc un écosystème industriel...

- **...sobre en carbone et résilient**, à l'image des orientations nationales : la SNBC place un objectif de -81% des émissions de l'industrie en 2050 par rapport à 2015 et les scénarios de l'ADEME montrent des possibilités quant à l'évolution de la demande et des procédés industriels⁶ ;
- **...interconnecté à l'axe Seine et à la zone urbaine**, pour assurer l'articulation avec le tissu industriel et d'habitations local, et notamment la mutualisation de matières premières, d'énergie et d'infrastructure sur des plateformes de coopération industrielle ;
- **...à la pointe de technologies de rupture et de la production d'EnR&R**, en s'appuyant en particulier sur les atouts du territoire en matière de production d'hydrogène et de potentiel de captage de carbone et en accentuant les efforts sur le déploiement des EnR&R.

La décarbonation de l'industrie rouennaise dans le contexte de transition national

La dynamique de transition lancée par le territoire de la Métropole Rouen Normandie s'inscrit dans un élan national touchant l'ensemble des secteurs de l'économie. Pour atteindre l'objectif français de neutralité carbone en 2050, plusieurs chemins sont possibles, comme l'illustrent les 4 scénarios présentés dans le rapport *Transition(s) 2050* de l'ADEME (Figure) :

S1 Génération frugale ; S2 Coopération territoriale ; S3 Technologies vertes ; S4 Pari réparateur

La volonté de la MRN d'être à l'initiative de la décarbonation, de participer à sa planification, notamment à l'échelle régionale, et d'inclure les acteurs dans une logique d'écologie industrielle et territoriale s'apparente à ce stade plus spécifiquement à la dynamique du scénario *Coopération territoriale*. Ce scénario est empreint d'une logique de coopérations entre territoires à l'image de la construction d'initiatives de décarbonation communes à l'Axe Seine. Il narre une transition orientée vers une industrie à forte valeur ajoutée plutôt que fortement productrice, dynamique sur les marchés locaux et inscrite dans une logique d'écologie industrielle et territoriale, comme le décrit le rapport *Transition(s) 2050* :

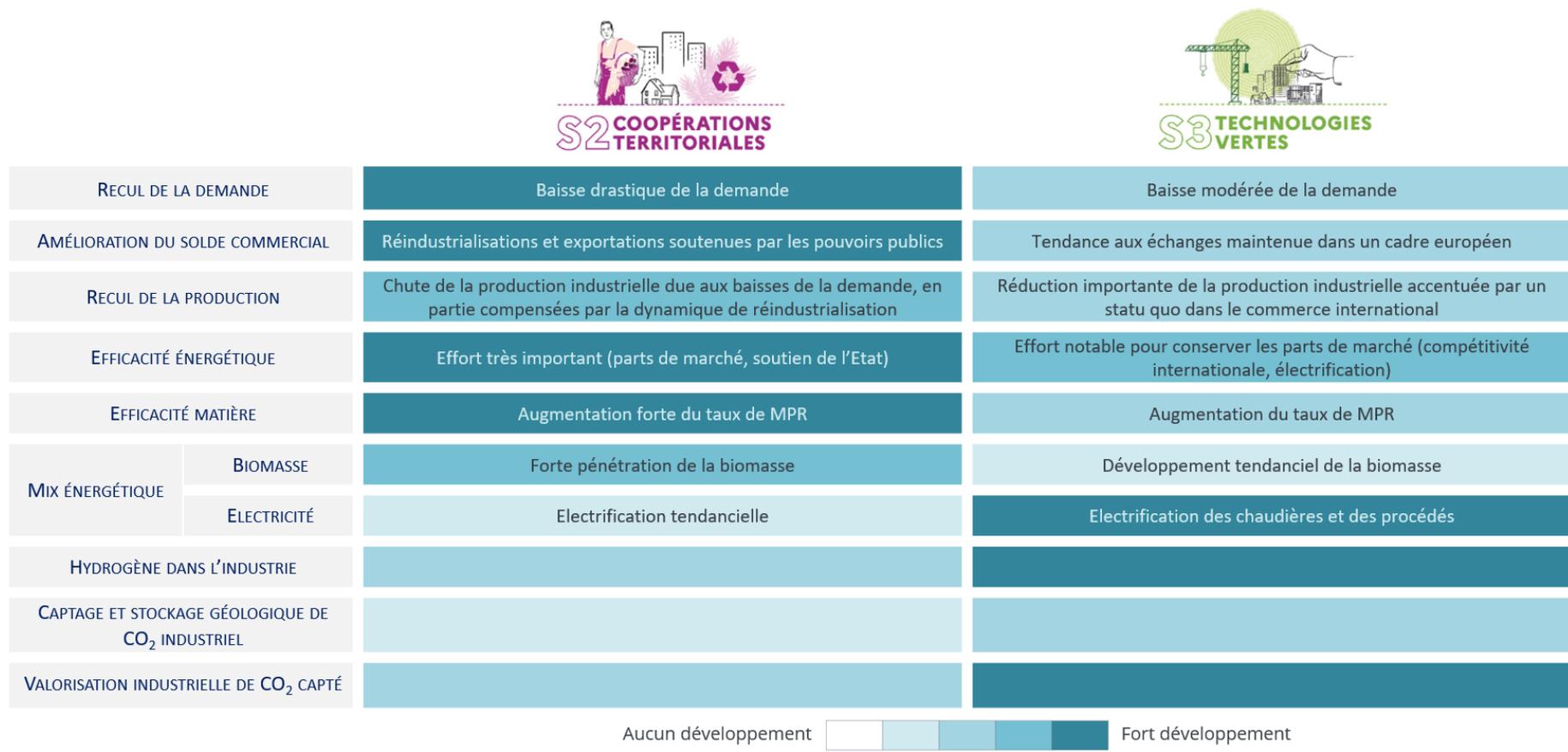
⁶ La déclinaison des objectifs nationaux par secteur de l'industrie est en cours, à partir notamment des travaux des Plans de Transition Sectoriels réalisés par l'ADEME. D'autres initiatives existent également pour appuyer les industriels dans la définition d'objectifs ambitieux et compatibles avec les Accords de Paris, à l'instar de la *Science-Based Target Initiative*.

Figure 6 : Narratifs de transition dans les 4 scénarios de *Transition(s) 2050*

	 <p>S1 GÉNÉRATION FRUGALE</p>	 <p>S2 COOPÉRATIONS TERRITORIALES</p>	 <p>S3 TECHNOLOGIES VERTES</p>	 <p>S4 PARI RÉPARATEUR</p>
NARRATIF GÉNÉRAL	<ul style="list-style-type: none"> • Frugalité contrainte • Villes moyennes et zones rurales • Low-tech • Rénovation massive • Nouveaux indicateurs de prospérité • Localisme • Moins de viande 	<ul style="list-style-type: none"> • Modes de vie soutenables • Economie du partage • Gouvernance ouverte • Mobilité maîtrisée • Fiscalité environnementale • Coopérations entre territoires • Réindustrialisation ciblée 	<ul style="list-style-type: none"> • Technologies de décarbonation • Biomasse exploitée • Hydrogène • Consumérisme vert • Régulation minimale • Métropoles • Déconstruction/reconstruction 	<ul style="list-style-type: none"> • Consommation de masse • Étalement urbain • Technologies incertaines • Economie mondialisée • Intelligence artificielle • Captage du CO2 dans l'air • Agriculture intensive
INDUSTRIE	<ul style="list-style-type: none"> • Production au plus près des besoins • 70% de l'acier, mais aussi de l'aluminium, du verre, du papier-carton et des plastiques viennent du recyclage 	<ul style="list-style-type: none"> • Production en valeur plutôt qu'en volume • Dynamisme des marchés locaux • 80% de l'acier, mais aussi de l'aluminium, du verre, du papier-carton et des plastiques viennent du recyclage 	<ul style="list-style-type: none"> • Décarbonation de l'énergie • 60% de l'acier, mais aussi de l'aluminium, du verre, du papier-carton et des plastiques viennent du recyclage 	<ul style="list-style-type: none"> • Décarbonation de l'industrie pariant sur le captage et stockage géologique de CO2 • 45% de l'acier, mais aussi de l'aluminium, du verre, du papier-carton et des plastiques viennent du recyclage
TERRITOIRE	<ul style="list-style-type: none"> • Rôle important du territoire pour les ressources et l'action • « Démétropolisation » en faveur des villes moyennes et des zones rurales 	<ul style="list-style-type: none"> • Reconquête démographique des villes moyennes • Coopération entre territoires • Planification énergétique territoriale et politiques foncières 	<ul style="list-style-type: none"> • Métropolisation, mise en concurrence des territoires, villes fonctionnelles 	<ul style="list-style-type: none"> • Faible dimension territoriale, étalement urbain, agriculture intensive
	Scénario encore peu acceptable pour la population	Le S2 est à l'image du volontarisme de la MRN. Les industriels se situent entre S2 et S3 en fonction des types de leviers et du secteur industriel		Scénario très orienté technologie, impact environnemental fort

Note de lecture. Parmi les 4 scénarios proposés par l'ADEME, la transition de la MRN s'approche plus des scénarios S2 et S3 (dans une moindre mesure).

Figure 7 : Niveau d'activation des leviers de décarbonation de l'industrie dans les scénarios S2 et S3 de *Transition(s) 2050*



Note de lecture. Les scénarios S2 et S3 proposent des visions de l'industrie différentes : dans S2, l'industrie s'intègre dans son écosystème en coopérant, l'objectif est de réinventer l'industrie en mettant l'accent sur l'efficacité énergétique ; dans S3, le pari technologique est mis en avant, en parallèle d'une électrification forte des procédés.

« Elle permet de réorganiser le paysage productif en accompagnant et finançant notamment les modernisations et reconversions de sites. Ces transformations suivent une logique poussée d'efficacité (énergétique, matière) et d'optimisation du maillage du territoire. Ainsi, les chaînes de valeur industrielles sont repensées au prisme de spécialisations régionales, porteuses de synergies locales et d'une attention forte portée aux filières d'économie circulaire. Enfin, cette transition s'accompagne d'une réindustrialisation dans certains secteurs ciblés pour développer l'industrie bas carbone française. Ce positionnement sur ces marchés bas carbone stimule la production correspondante par une amélioration des soldes commerciaux et de nouvelles exportations. »

Si le volontarisme de la Métropole Rouen Normandie place aujourd'hui la collectivité dans une dynamique proche de S2, ce scénario ne fait que proposer un contexte pour penser la décarbonation de l'industrie rouennaise sans présager de l'exactitude du déroulement de la transition. Il permet par ailleurs d'illustrer le changement structurel à réaliser, tout en donnant de la perspective aux industriels sur le point d'arrivée.

Zoom sur les principaux secteurs émetteurs du tissu industriel

Sept secteurs industriels du territoire sont particulièrement émetteurs : l'agro-alimentaire, l'automobile, la chimie et pharmacie, les engrais, la fabrication d'équipements, la fonderie et le traitement de métaux et le papier-carton. Leur transition doit tenir compte de leurs spécificités et des enjeux qui les touchent :

Agro-alimentaire 2 600 emplois	<ul style="list-style-type: none"> • Transition des régimes alimentaires • Sécurisation des approvisionnements face à la baisse des rendements • Production à faible impact
Automobile 4 200 emplois	<ul style="list-style-type: none"> • Transformation globale de la mobilité : report vers des modes décarbonés à fabriquer, augmentation de l'occupation des véhicules, déclin de l'utilisation de véhicules thermiques...
Chimie et pharmacie 3 700 emplois	<ul style="list-style-type: none"> • Substitution des produits pétroliers en intrant par du bio-sourcé • Sobriété des usages • Utilisation d'énergies renouvelables
Engrais 380 emplois	<ul style="list-style-type: none"> • Nécessité de produire des fertilisants de manière plus durable (substitution des énergies fossiles nécessaires pour la fabrication...) • Sécurité alimentaire globale face à la baisse des rendements agricoles
Fabrication d'équipements 1 500 emplois	<ul style="list-style-type: none"> • Sobriété des usages : réutilisation, réparation, recyclage • Relocalisation des productions pour diminuer l'impact
Fonte et métaux 2 300 emplois	<ul style="list-style-type: none"> • Augmentation du taux de recyclage • Modification des procédés et électrification
Papier-carton 1 000 emplois	<ul style="list-style-type: none"> • Valorisation de la biomasse énergie • Développement des boucles de circularité

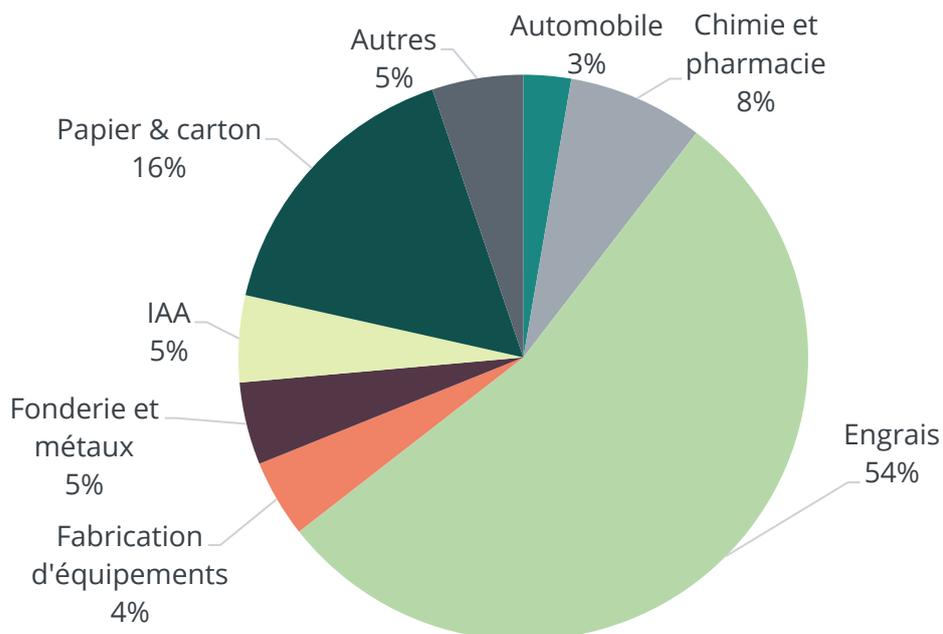


Figure 2 : Emissions de GES par secteur de l'industrie en 2018. Source : ORECAN

La stratégie de décarbonation de l'industrie du territoire de la Métropole Rouen Normandie s'inscrit donc dans une transformation profonde des filières de production et des modes de consommation. Sa compétitivité dépendra de sa capacité à suivre le chemin de cette transition, à la pointe des orientations nationales et des coopérations territoriales pour la décarbonation du tissu industriel.

Cette stratégie se décline sur cinq axes clés détaillés dans la section suivante et représentés dans la trajectoire de décarbonation présentée à la suite.

AXES STRATEGIQUES POUR LA CONTRIBUTION A LA NEUTRALITE CARBONE ET L'ATTEINTE DE L'OBJECTIF 100% ENR&R

L'industrie rouennaise est dynamique et en partie engagée dans la transition environnementale. Cependant, des obstacles demeurent comme le manque de compétences techniques et la tendance à la hausse des consommations énergétiques. Il est donc primordial d'accompagner les industriels du territoire dans l'atteinte de la neutralité carbone en 2040 et de la couverture à 100% de la consommation énergétique par des ENR dès 2040. Dans cet objectif, la stratégie de la Métropole Rouen Normandie s'articule autour de 5 axes : (1) Réduire les émissions de GES et consommations énergétiques, (2) Substituer par des énergies renouvelables, (3) Densifier et promouvoir l'Ecologie Industrielle et Territoriale, (4) Accompagner le développement de filières d'avenir et la mutation du tissu industriel existant, (5) Renforcer l'adaptation au changement climatique des industriels. S'ils ont des impacts variés sur la réduction des émissions de GES, l'ordre des sections suivantes détaillant les axes ne présage pas de leur priorité relative mais de la maturité des sujets pour la décarbonation de l'industrie et sa résilience face au dérèglement climatique.

1 Réduire les émissions de GES et consommations énergétiques

Réduire durablement les consommations d'énergie et de matière des industriels et réduire les émissions directes non énergétiques de gaz à effet de serre de l'industrie.

La décarbonation de l'industrie passe notamment par la réduction de la consommation énergétique. La **sobriété énergétique** consiste à réduire la consommation en réduisant l'usage, tandis que l'**efficacité énergétique** permet d'améliorer la performance d'un équipement pour un même usage. Cela implique de diminuer les pertes énergétiques d'appareils existants, voire de les remplacer, mais aussi de réduire la consommation liée aux bâtiments des sites industriels grâce à une meilleure isolation et un changement des systèmes de chauffage et de climatisation. En plus des émissions de GES évitées, optimiser les consommations énergétiques permet de générer des économies, de préserver les entreprises de la dépendance aux énergies fossiles dont les prix sont particulièrement instables et de limiter l'impact de la hausse de la tarification carbone.

En parallèle, améliorer son efficacité en termes de matière utilisée permet de réduire les émissions de GES du scope 3, en recourant **à moins de matières premières**, et en **utilisant plus de matières recyclées ou issues de boucles EIT**.

Près de la moitié des émissions de l'industrie française (46% des émissions) sont issues des procédés industriels, ce qui correspond au scope 1. Le reste (54%) est lié à l'utilisation de combustibles, majoritairement fossiles, pour produire de l'énergie. Les secteurs de l'agroalimentaire et de la chimie sont particulièrement concernés par ce constat. En effet,

57% des émissions nationales des procédés sont dues à l'utilisation de réfrigérants⁷ et aux procédés industriels de la chimie, qui doivent évoluer vers des intrants non fossiles.

Dans ce cadre, ont pu être identifiés 6 leviers de décarbonation, détaillés par la suite :

- Sobriété ;
- Efficacité énergétique ;
- Efficacité matière et recyclage ;
- Optimisation des flux logistiques et de transport ;
- Gestion des équipements réfrigérants ;
- Réduction des émissions directes de N₂O.

a. Sobriété

1. Définition et enjeux

La réduction de la demande en énergie et des émissions de GES, elle-même liée à la demande de biens et de services, est un facteur clé pour atteindre la neutralité carbone. Une stratégie de sobriété à grande échelle doit ainsi s'articuler autour de 3 piliers : **Eviter, Changer, Améliorer**.

Pour les industriels, cela se traduit notamment par une transformation de leurs procédés vers des produits à forte valeur ajoutée et un questionnement sur les usages, plus qu'une augmentation des volumes de production.

L'impact majeur pour les industriels de la sobriété dans la consommation sera la baisse qui pourra être forte sur certains produits de l'industrie lourde (engrais, ciment, acier...).

2. Exemples d'actions à mettre en œuvre

- Définition du plan de production adapté à l'évolution de l'activité de la filière et de la demande pour les industriels
- Réflexions de la Métropole sur la stratégie de développement économique du territoire
- Ecoconception des produits pour réduire les besoins matières

3. Rôle de la MRN

Le rôle de la MRN, par le biais de ses compétences, sera notamment de :

- Accompagner les industriels dans une réflexion stratégique sur l'évolution de leurs secteurs et de leur entreprise, le déploiement de l'économie de la fonctionnalité
- Mettre à disposition des ressources⁸ concernant la sobriété énergétique ;

⁷ Ces chiffres nationaux permettaient d'illustrer l'axe. Ce point n'est pas remonté directement des visites de site et des ateliers

⁸ Fiches méthodes ADEME par exemple, flyer explicatif des premières actions à mettre en place etc..

- Recenser les initiatives en ce sens, leur état d'avancement et leurs points de blocage, animer des groupes d'échanges entre industriels pour capitaliser et essayer.

b. Efficacité énergétique

1. Définition et enjeux

L'efficacité énergétique consiste à optimiser l'utilisation des sources énergétiques. Cela passe notamment par (i) **l'optimisation des consommations des procédés industriels** et (ii) **l'efficacité énergétique des autres usages tels que le chauffage des bâtiments ou leur refroidissement**. Améliorer son efficacité énergétique est donc une étape préalable indispensable à toute démarche de décarbonation. Elle permet de réduire ses consommations et le gaspillage de ressources pour optimiser ses gains tout en participant à la décarbonation du secteur.

2. Exemples d'actions à mettre en œuvre

Les industriels peuvent notamment adopter les mesures d'efficacité énergétique suivantes :

- Identifier les pertes énergétiques et améliorer l'existant concernant la chaleur fatale (réseaux entre un nombre restreint d'acteurs, réseaux de chaleur chaud / froid de cinquième génération) ;
- Réaliser un **diagnostics éco-flux ou un autre type d'audit énergétique**
- Schéma directeur énergie/décarbonation
- Commissionnement
- Améliorer **l'efficacité énergétique** :
 - ✓ Amélioration de la performance énergétique des bâtiments ;
 - ✓ Investissement dans des nouvelles technologies plus efficaces pour remplacer l'existant (ex : PAC) ;
 - ✓ Ciblage des pertes dans l'isolation, les systèmes de chauffage et les processus ;
 - ✓ Optimisation des régulations ;
 - ✓ Récupération de chaleur fatale sur des compresseurs ou des groupes frigorigènes afin de diminuer les consommations chauffage et procédés.
- Jouer sur le fonctionnement saisonnier des chaudières ;
- Enclencher / déclencher les chaudières selon l'occupation des locaux.
- Obtention des certifications **ISO 14001, 50001 et 50009**

3. Rôle de la MRN

Le rôle de la MRN, par le biais de ses compétences, sera notamment de :

- Accompagner l'optimisation des consommations énergétiques ;
- Mettre à disposition des ressources et informations concernant les aides techniques et financières existantes ;
- Accompagner les industriels pour l'obtention des certifications ISO 14001, 50001 et 50009 ;

- Animer et financer une démarche groupée de décarbonation/ENR locales multi-entreprises inspirée des audits groupés portés par l'ADEME
- Recenser les audits énergétiques et leur avancement, réaliser un suivi des améliorations, recenser les points de blocage et les solutions possibles.

c. Points commun à la sobriété et à l'efficacité énergétique

La baisse de la consommation d'énergie (sobriété et efficacité) permet deux axes dans la stratégie de décarbonation et de déploiement des énergies renouvelables :

1-diminuer directement les émissions en diminuant les consommations énergétiques (émissions = énergie*facteur d'émission)

2- mais aussi de permettre d'augmenter le taux de couverture EnR et donc de faciliter l'atteinte du 100% EnR.

Un déploiement large des démarches de sobriété et d'efficacité énergétique est donc indispensable si l'on souhaite atteindre les objectifs fixés par la Métropole. Cela passe par la réalisation d'audits énergétiques, à l'instar des **diagnostics éco-flux** qui devront être suivis par une analyse complète des résultats ainsi que par un accompagnement des industriels. Un accompagnement peut également être réalisé dans l'obtention des **certifications ISO 14001, 50001 et 50009**⁹.

Un enjeu des industriels est de disposer d'un système de comptage et de pilotage performant afin d'identifier les postes d'économies d'énergie et piloter les installations techniques en conséquence.

Il y a également actuellement une absence d'incitation à travailler sur le volet bâtiments industriels, qui sont souvent des passoires énergétiques. En effet, leur rénovation n'est pas financée, et cet aspect reste peu détaillé dans les audits énergétiques des industriels car il ne représente pas un usage significatif (faible part dans la consommation énergétique, faible potentiel avec rentabilité acceptable). Pour nombre d'industriels, le décret tertiaire constitue cependant un levier d'actions. Néanmoins, les objectifs de décarbonation des grands groupes industriels prennent en compte ce volet.

⁹ Ces démarches sont détaillées dans les fiches actions dédiées en annexe de ce rapport.

d. Efficacité matière et recyclage

1. Définition et enjeux

La hausse du coût des matières premières et de la gestion des déchets plaide pour une meilleure prise en compte de l'utilisation efficace de la matière. Cela entre dans une logique de performance et d'économies.

Recourir à moins de matières premières ou utiliser plus de matières recyclées permet de **passer d'une économie linéaire à une économie circulaire**. Il s'agit d'utiliser la juste quantité de matières, de produire mieux avec moins et recycler plus. Cela permet de limiter les pertes, les rebuts et les invendus à toutes les étapes de la production. Il s'agit également de trier et valoriser les déchets pour leur donner une deuxième vie. Ainsi, les émissions indirectes liées à la consommation de matières premières diminueront.

Il s'agit d'un levier majeur pour les **secteurs de l'automobile et de la chimie** notamment.

Plusieurs industriels font partie de groupes internationaux, avec un service achat global. Ils n'ont donc pas de pouvoir d'action sur l'approvisionnement en matières premières, souvent issues d'un marché dominé par l'Asie.

2. Exemples d'actions à mettre en œuvre

Les industriels peuvent améliorer leur efficacité matière et le recyclage par le biais, entre autres, des actions suivantes :

- Réaliser une analyse de cycle de vie des produits vendus pour identifier les potentiels d'amélioration en matière d'écoconception des produits ;
- Améliorer l'efficacité des procédés ;
- Améliorer les processus de fabrication ;
- Développer des matériaux plus durables, performants, réutilisables, compostables, recyclables ;
- Utiliser des matières premières issues du recyclage ;
- Optimiser l'approvisionnement en matières premières (fournisseurs proches du site et adaptés à l'activité) ;
- Réduire la vulnérabilité matière : réduire les risques associés aux approvisionnements ;
- Recycler chimiquement les plastiques qui ne sont pas recyclables mécaniquement ;
- Utiliser du CO₂ comme matière première.

3. Rôle de la MRN

Le rôle de la MRN, par le biais de ses compétences, sera notamment de :

- Accompagner les industriels à la réalisation de BEGES couvrant le Scope 3 ;
- Co-construire un appel à manifestation d'intérêt avec l'ADEME pour l'accompagnement à des analyses de cycle de vie en vue d'écoconcevoir

- Mettre à disposition des ressources et informations concernant les aides techniques et financières existantes.

e. Optimisation des flux logistiques et de transport (scope 3)

1. Définition et enjeux

Afin de diminuer les émissions de gaz à effet de serre et les consommations énergétiques, il est nécessaire d'optimiser les flux logistiques et de transport.

Cette décarbonation passe notamment par l'amélioration de la **performance énergétique des flottes de véhicules**, la meilleure gestion et l'**optimisation des flux** ainsi que le développement des **infrastructures et des solutions de fret alternatif**.

Cet axe peut être étendu aux problématiques de trajet domicile-travail. En effet, les sites industriels ne sont pas toujours accessibles facilement en transports en commun ou en mobilité douce. Le levier covoiturage peut aussi être encouragé par l'industriel.

2. Exemples d'actions à mettre en œuvre

Les industriels peuvent optimiser les consommations énergétiques et les émissions de GES liées aux flux logistiques et de transport par le biais, entre autres, des actions suivantes :

- Engager une réflexion sur les usages afin d'entamer une diminution des déplacements/transports
- Améliorer la performance énergétique des flottes de véhicules ;
- Recourir à un logiciel de gestion des flux logistiques ;
- Faire appel à une société de gestion des flux logistiques ;
- Former l'ensemble des conducteurs à l'écoconduite ;
- Installer des bornes de recharge électrique
- Etudier la mise en place de Plans de Déplacements Inter-Entreprise (PDIE) spécifiques aux zones industrielles (faible densité de salariés et horaires décalés : 2x8, 3x8 etc...);
- Organiser des événements dédiés à la multimodalité et au fret durable ;
- S'inspirer de l'approche globale FRET 21

3. Rôle de la MRN

Le rôle de la MRN, par le biais de ses compétences, sera notamment de :

- Coopération pour le développement des infrastructures ferroviaires et fluviales, ainsi que des bornes de recharge électriques ;
- Mettre à disposition des ressources et informations concernant les aides techniques et financières existantes ;
- Lien avec les acteurs publics (Haropa, VNF, SNCF Région) et filières ;
- Travailler en lien avec les industriels :
 - Sur le réseau et les horaires de bus afin de permettre aux salariés de se rendre sur les sites industriels avec les transports en commun.

- Sur le maillage de piste cyclable pour accéder aux sites en sécurité

f. Gestion des équipements réfrigérants

1. Définition et enjeux

L'utilisation d'équipements réfrigérants entraîne la libération de **gaz** (par exemple les gaz HFC ou hydrofluorocarbures, utilisés comme réfrigérants dans les climatiseurs et les réfrigérateurs, dont la manipulation peut entraîner des fuites) **à haut pouvoir réchauffant** (jusqu'à 14 800 fois supérieur à celui du CO₂ sur 100 ans). Sur le territoire de la Métropole, entre 3 000 et 7 000 tCO_{2eq} sont émises chaque année par fuite de gaz frigorigènes.

L'impact de ces gaz peut être largement diminué par le **remplacement des équipements** des industriels. Il s'agit d'un levier important pour les secteurs de la chimie, du pharmaceutique et de l'agroalimentaire.

2. Exemples d'actions à mettre en œuvre

Les industriels peuvent optimiser les émissions de GES liées à l'utilisation des équipements réfrigérants par le biais, entre autres, des actions suivantes :

- Diagnostic des fuites éventuelles ;
- Remplacement des fluides et des équipements si ça devient nécessaire
- Utilisation de fluides frigorigènes ayant un impact carbone plus faible.

3. Rôle de la MRN

Le rôle de la MRN, par le biais de ses compétences, sera notamment de :

- Identifier les industries concernées par l'utilisation importante d'équipements réfrigérants.
- Mettre à disposition des ressources et informations concernant les aides techniques et financières existantes ;

g. Réduction des émissions directes de protoxyde d'azote (N₂O)

1. Définition et enjeux

Le secteur de la **chimie** est responsable d'autres émissions directes : de nombreux procédés libèrent du protoxyde d'azote (N₂O), gaz à effet de serre ayant un pouvoir de réchauffement global sur 100 ans 298 fois plus élevé que le CO₂.

Dans l'industrie de la chimie les émissions de protoxyde d'azote résultent de la production :

- D'acide nitrique (**engrais**) ;
- D'acide adipique (**nylon**) ;
- D'acide glyoxylique (**précurseur de médicament**).

2. Exemples d'actions à mettre en œuvre

Les industriels de l'industrie chimique peuvent réduire leurs émissions de protoxyde d'azote par le biais, entre autres, des actions suivantes :

- Captage et destruction du N₂O (déjà le cas pour 95% des émissions) ;
- Mise en place de technologies de traitement des effluents.

3. Rôle de la MRN

Le rôle de la MRN est limité sur la réduction des émissions de N₂O par rapport aux entreprises qui ont la connaissance des procédés et des technologies de captage.

2 Substituer par des énergies renouvelables et décarbonées

Produire et consommer des énergies renouvelables et de récupération (EnR&R).

Actuellement, **68% du mix énergétique de l'industrie rouennaise est constitué de gaz naturel**. Un des enjeux majeurs de la décarbonation est donc de réduire la dépendance du territoire aux énergies fossiles et de remplacer cette consommation par des énergies renouvelables et de l'électricité décarbonée. La décarbonation du mix énergétique est également un moyen de garantir la continuité des opérations face à la raréfaction des énergies fossiles, l'augmentation de leur coût et les difficultés d'approvisionnement. La

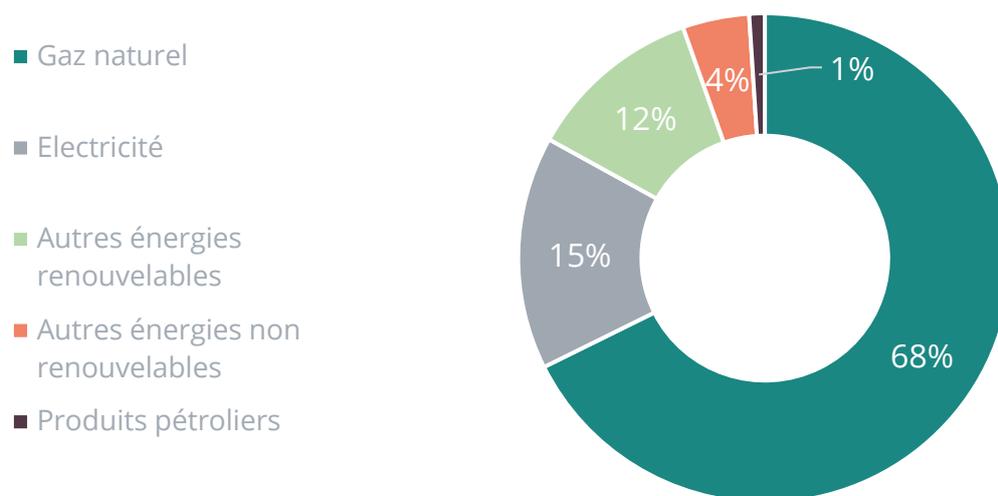


Figure 8 : Part des consommations énergétiques sur chaque vecteur en 2018 pour l'industrie de la Métropole.
Source : ORECAN

récupération de chaleur fatale, le recours à la biomasse, au solaire thermique et à la géothermie permettent ainsi d'approvisionner les sites industriels sans utilisation de ressources fossiles. Le **biogaz** peut également être un substitut du gaz naturel utilisé par les industriels du territoire comme source de chaleur. Il peut être produit par méthanisation (dégradation de matière organique, notamment les déchets agricoles et agroalimentaires), pyrogazéification (autre procédé de production de méthane à partir de matières organiques) ou *power-to-gas* qui permet de transformer l'électricité issue d'énergies renouvelables en gaz.

Dans ce cadre, ont pu être identifiés 5 leviers de décarbonation, détaillés par la suite :

- Electrification des procédés
- Développement de la chaleur renouvelable et de récupération : chaleur fatale, biomasse, géothermie.
- Développement de l'électricité d'origine renouvelable
- Développement du gaz d'origine renouvelable
- Décarbonation des flux logistiques et de transport (Scope 3)

a. Electrification des procédés

1. Définition et enjeux

Le gaz naturel étant plus carboné que l'électricité dans le contexte français, un levier important de décarbonation est l'électrification des procédés de production, lorsqu'elle est possible.

L'électrification des procédés peut se faire par voie directe ou indirecte : l'électrification directe consiste à remplacer une source d'énergie fossile destinée à obtenir de la puissance ou de la chaleur par de l'électricité ; l'électrification indirecte passe par l'utilisation de l'électricité, non pas comme un substitut direct aux énergies fossiles, mais plutôt comme un vecteur énergétique.

Il existe plusieurs procédés d'électrification indirecte :

- *Power to Heat (PtH)* : Utilisation de l'électricité d'origine renouvelable pour produire de la chaleur, par exemple les Pompes à Chaleur (PAC),
- *Power to Gas (PtG)* : le PtG consiste à produire de l'hydrogène par électrolyse de l'eau afin de l'utiliser tel quel (usage matière, usage énergétique) ou de produire un autre gaz nécessaire aux procédés, typiquement du méthane, en le combinant avec du CO₂ capté, de préférence biogénique. Cette solution permet de substituer les intrants énergétiques fossiles par de l'électrification indirecte. Le passage par plusieurs vecteurs énergétiques induisant des pertes, l'électrification directe est à privilégier.
- Production d'électricité à partir de chaleur fatale : différentes technologies existent afin d'utiliser la chaleur fatale (chaleur produite par un process ou une utilité mais non utilisée) pour produire de l'électricité à l'instar des turbines vapeur.

2. Exemples d'actions à mettre en œuvre

Les industriels peuvent enclencher ou poursuivre l'électrification de leurs procédés par le biais, entre autres, des actions suivantes :

- Effectuer des études de faisabilité ;
- Substituer des résistances aux combustibles pour des usages couvrant la plupart des secteurs de l'industrie (métallurgie, plasturgie, agroalimentaire, etc.), technique électrique présentant le plus gros potentiel de substitution de consommation énergétique en France selon l'ADEME ;
- Recourir aux pompes à chaleur dans l'agroalimentaire, la chimie organique et le papier ;
- Recourir à la compression mécanique de vapeur (CMV) dans l'agroalimentaire et le papier.

3. Rôle de la MRN

Le rôle de la MRN, par le biais de ses compétences, sera notamment de :

- Mettre à disposition des ressources sur l'électrification des procédés ;
- Cibler les industries concernées (en particulier agroalimentaire) ;
- Informer les industriels sur les aides disponibles à l'électrification.

b. Développement de la chaleur renouvelable

1. Définition et enjeux

La substitution des énergies fossiles passe également par le développement de la chaleur biomasse. La géothermie et le solaire thermique n'ayant pas été mentionnés lors des visites et échanges, la priorité à la biomasse a été conservée, néanmoins ces thématiques seront traitées dans le cadre du plan d'actions.

Une **chaudière biomasse** fonctionne comme un appareil de chauffage par combustion classique, au fioul ou au gaz. Elle utilise comme combustible, à la différence des autres types de chaudière, le bois, des sous-produits du bois comme la sciure et l'écorce, ou encore des résidus organiques tels que la paille et les coques de fruits. Cette matière organique ayant capté du CO₂ de l'atmosphère pendant son cycle de vie, le bilan GES de l'utilisation d'une chaudière biomasse est fortement réduit. En plus de cet avantage comparatif, les combustibles biomasses sont généralement issus de gisements régionaux, qui sont moins sujets à de fortes variations de prix liées à des contextes spéculatifs et géopolitiques, au contraire des combustibles fossiles classiques. Pour toutes ces raisons, les combustibles biomasses sont très demandés et **des difficultés d'approvisionnement peuvent se présenter**. Un des enjeux forts autour de la biomasse est donc de donner de la visibilité sur les besoins, tant pour les industriels consommateurs que pour le secteur de l'agroforesterie qui doit anticiper ses niveaux de productions.

Le développement de ce type de chaudières est à décliner selon les secteurs d'activité mais il est notamment pertinent pour les **secteurs du papier-carton et de l'agroalimentaire**. En effet, ces secteurs produisent des déchets et coproduits facilement valorisables (connexes, palettes, emballages, coques de tournesol, marc de raisin, marc de café, refus de pulpeur, etc.), dans une logique d'économie circulaire.

On note que des **solutions de chaudières biomasse sont déjà mises en place** sur certains sites industriels. Il y a donc là un retour d'expérience qu'il convient de valoriser pour le développement de nouvelles initiatives.

2. Exemples d'actions à mettre en œuvre

Les industriels peuvent participer au développement de la chaleur biomasse par le biais, entre autres, des actions suivantes :

- Valoriser les déchets et co-produits du secteur agroalimentaire : coques de tournesol, marc de raisin, marc de café, refus de pulpeur, coques de cacao, etc. ;
- Valoriser les déchets et coproduits bois locaux : plaquettes forestières, produit bois en fin de vie, chutes, connexes, etc. ;

- Valoriser tout autre type de déchet valorisable ;
- Installer une chaudière biomasse.

3. Rôle de la MRN

Le rôle de la MRN, par le biais de ses compétences, sera notamment de :

- Informer les industriels des solutions biomasse existantes dans de nombreux secteurs (laiteries et autres industries alimentaires, industrie automobile et aéronautique, industrie du papier/carton, industrie du bois/granulé, chimie, matériaux de construction, etc.), en leur partageant notamment le guide de la production de chaleur biomasse destiné aux entreprises et publié par l'ADEME¹⁰ ;
- Informer les industriels des aides disponibles, en particulier dans le cadre du fonds chaleur de l'ADEME et du contrat chaleur renouvelable pour les plus petites installations ;
- Capitaliser sur les solutions déjà implémentées sur le territoire et faciliter le partage d'expérience entre industriels.
- **Mener une étude sur la disponibilité de la ressource biomasse dans un contexte de multiplication des besoins industriels.**

c. Développement de l'électricité d'origine renouvelable

1. Définition et enjeux

Les entreprises peuvent contribuer à décarboner leur mix énergétique en mitigant leur approvisionnement avec des énergies renouvelables produites sur site (installation de panneaux photovoltaïques notamment) ou la mise en place d'un système de cogénération chargé de récupérer la chaleur fatale émise par certains procédés de production. Alternativement, le recours à des *Power Purchase Agreements* (PPA) peut permettre de développer de nouveaux moyens de production d'énergie renouvelable hors site. Avec un impact limité sur l'extension des capacités de production d'électricité, les garanties d'origine (GO) permettent de s'approvisionner en électricité d'origine renouvelable. Ce marché des certificats présente deux limites :

- Les fournisseurs peuvent acheter des certificats à des producteurs d'énergie renouvelable sans jamais leur acheter d'électricité. L'électricité qu'ils vendront à leurs clients peut être achetée à des producteurs qui n'utilisent aucune énergie renouvelable. Un fournisseur peut donc proposer une électricité verte mais cela ne veut pas dire nécessairement que l'électricité consommée est issue d'énergies renouvelables. Elle peut provenir en partie d'une production nucléaire. Il lui suffit d'acheter des « certificats » à des producteurs européens d'électricité d'origine renouvelable (en proportion de l'électricité qu'il vend en France) pour qu'il considère son offre comme étant verte ;

¹⁰ [Production de chaleur biomasse : 54 exemples d'installation biomasse en entreprise, ADEME, Novembre 2018](#)

- Le prix actuellement très bas des certificats ne permet pas vraiment de financer le développement de nouvelles installations d'énergies renouvelables.

La position de la Métropole sur le sujet des garanties d'origine est donc la suivante :

- L'achat de garanties d'origine est une action rapide qui a un impact mais ne suffit pas s'il s'agit de la seule action mise en place.
- Les solutions de production sur site, en autoconsommation ou en consommation locale (PPA, approvisionnement en bois local) sont donc à privilégier. Pour les consommations ne pouvant pas être couvertes par ces solutions, il reste pertinent d'avoir recours aux garanties d'origine.

Selon l'ADEME, les filières industrielles qui concentrent les principaux gisements de chaleur fatale sont l'agroalimentaire (31% des gisements de l'industrie), la chimie plastique (22%), le papier-carton (13%), les métaux dont la sidérurgie (12%) et les matériaux non métalliques (ciment, verre : 11%).¹¹

Un frein au développement du solaire photovoltaïque en toiture de bâtiment industriel signalé par des entreprises est lié au refus des assureurs de couvrir le bâtiment une fois les panneaux installés.

2. Exemples d'actions à mettre en œuvre

Les industriels peuvent participer au développement de l'électricité d'origine renouvelable par le biais, entre autres, des actions suivantes :

- Quantifier les gisements de production d'EnR sur site (photovoltaïque notamment) et étudier la faisabilité d'installer des installations de production sur site en ombrière ou sur la toiture des bâtiments;
- Quantifier les quantités de chaleur perdue et leur potentiel de récupération (notamment dans le secteur agroalimentaire) ;
- Développer des approches de fournitures contractuelles certifiées *via* les Garanties d'origine ,
- Participer au développement de l'électricité renouvelable sur le territoire *via* les *Power Purchase Agreements*.

3. Rôle de la MRN

Le rôle de la MRN, par le biais de ses compétences, sera notamment de :

¹¹ ADEME, Marina BOUCHER, Manon GERBAUD, ENEA Consulting, David BARDINA, Suzan HMOUD, Céline HUITRIC, KERGOS Energy, Mehdi GUELLIL, Etienne MARTIN. 2018. *Intégration des énergies renouvelables et de récupération dans l'industrie : à chaque secteur ses solutions.*

- Informer les industriels des aides techniques et financières disponibles
- Faciliter les projets d'installation de capacités de production d'EnR via la SPL Altern et la SEM ASER.
- Capitaliser sur les solutions déjà implémentées sur le territoire et faciliter le partage d'expérience entre industriels
- Diffuser les dispositifs existants type note d'opportunité (NOP) en y intégrant un volet groupé avec les voisins industriels et/ou RCU (porter à connaissance du service RCU les besoins de chaleur du site)

d. Développement du gaz d'origine renouvelable

1. Définition et enjeux

La décarbonation du mix énergétique national passe en partie par le développement du biométhane, qui possède les mêmes propriétés que le gaz fossile et peut être injecté dans le réseau de distribution. Il est produit localement à partir du traitement des déchets organiques, pour un facteur d'émission environ dix fois inférieur à celui du gaz fossile.

Le gaz renouvelable fait partie intégrante des leviers de décarbonation de l'industrie, du logement et des transports car il peut se substituer directement au gaz fossile. En parallèle de la réduction des usages de gaz, il est nécessaire d'accroître la capacité de production de gaz renouvelables.

Trois voies principales de production sont utilisées : la principale est la méthanisation, viennent ensuite la pyrogazéification et le power-to-gas. Les méthaniseurs sont en général installés à proximité des exploitations agricoles. Ils permettent de produire du biogaz localement à partir de déchets organiques, mais aussi du digestat, engrais organique que les agriculteurs répandent sur les terres agricoles.

2. Exemples d'actions à mettre en œuvre

Les leviers d'action des industriels sont limités sur la production de biométhane sur site, elle passe donc principalement par des achats directs auprès d'un producteur (power purchase agreement) ou l'achat de garanties d'origine.

3. Rôle de la MRN

Le rôle de la MRN sera notamment de :

- Participer à l'identification des déchets valorisables par voie de méthanisation (déchets alimentaires des cantines scolaires, tontes de pelouse de la collectivité, fumier des terrains agricoles – limités, déchets ménagers des habitants, boues des stations d'épuration...).
- Engager des coopérations territoriales pour le développement de méthaniseurs à proximité de la Métropole.

e. Décarbonation des flux logistiques et de transport (scope 3)

1. Définition et enjeux

Il est indispensable pour l'industrie de décarboner les flux logistiques et de transport en vue de respecter les objectifs fixés. Cette décarbonation passe notamment par le développement de **technologies** moins émettrices comme **les véhicules électriques, au Gaz Naturel Véhicule (GNV) ou à hydrogène**, ou le **report modal des modes les plus carbonés (aviation, route) aux modes peu carbonés (rail, voie d'eau)**.

2. Exemples d'actions à mettre en œuvre

Les industriels peuvent réduire les consommations énergétiques et les émissions de GES liées à leurs flux logistiques et de transport par le biais, entre autres, des actions suivantes :

- Renouveler sa flotte de véhicules légers (voitures, véhicules utilitaires légers, deux-roues à moteur) par des véhicules électriques ;
- Renouveler sa flotte de véhicules lourds par des véhicules au GNL ou à hydrogène ;
- Recourir aux modes de transport les moins carbonés comme le rail ou le transport fluvial ;
- Engager ses transporteurs dans une démarche écoresponsable type [Objectif CO2](#).

3. Rôle de la MRN

Le rôle de la MRN, par le biais de ses compétences, sera notamment de :

- Proposer des formations à l'écoconduite, à l'optimisation des flux et aux technologies de transport moins carbonées ;
- Informer les industriels des aides techniques et financières disponibles
- Faciliter le travail d'Haropa et de VNF dans l'implantation d'infrastructures permettant aux bateaux à quai d'être alimentés en électricité (et non rester en stationnaire avec des consommations de gasoil).

3 Densifier et promouvoir l'Écologie Industrielle et Territoriale (EIT) sur le territoire (scope 3)

Améliorer le taux de recyclage et d'incorporation de matières recyclées et la récupération énergétique et encourager la coopération entre les acteurs du territoire.

L'écologie industrielle et territoriale (EIT) se concrétise par la **mise en commun volontaire de ressources par des industriels ou acteurs économiques d'un même territoire**, en vue de les économiser ou d'en améliorer la productivité, pour s'inscrire dans la démarche « **refuser, réduire, réutiliser, recycler et rendre à la terre=composter** » de l'économie circulaire. La démarche peut s'avérer particulièrement pertinente pour les secteurs de la chimie, de l'agroalimentaire et du papier présents sur le territoire : le potentiel de récupération de chaleur fatale des groupes de froid ou des procédés industriels ainsi que la valorisation et le recyclage des déchets sont deux enjeux majeurs de la décarbonation de ces secteurs.

Dans ce cadre, ont pu être identifiés 3 leviers de décarbonation, détaillés par la suite :

- Animation du réseau ;
- Identification des synergies ;
- Optimisation des flux de transport,

a. Animation du réseau

1. Définition et enjeux

L'animation du réseau est un des enjeux pour **initier et/ou renforcer les collaborations entre industriels, collectivités, acteurs des réseaux énergétiques et associations ou structures présentes sur le territoire (telles qu'Upside ou Haropa notamment)**. Elle permet de stimuler les échanges et de mutualiser les ressources entre acteurs du territoire, qu'elles soient financières ou techniques.

2. Exemples d'actions à mettre en œuvre par la MRN

La MRN joue un rôle clé dans l'animation du réseau, en lien avec les associations déjà existantes comme UPSIDE, par le biais notamment des actions suivantes :

- Organiser régulièrement des événements entre industriels pour faciliter la mise en relation entre acteurs économiques du territoire ;
- Favoriser les retours d'expérience entre acteurs économiques ;
- Diffuser des lettres d'informations pour communiquer sur l'actualité industrielle du territoire en lien avec les problématiques environnementales ;
- Encourager les pôles de compétitivité à généraliser la prise en compte des enjeux environnementaux à toutes leurs décisions d'investissement et choix budgétaires.

b. Identification des synergies

1. Définition et enjeux

Une première **phase de réflexion et de pré-diagnostic** d'économie circulaire est nécessaire afin d'évaluer la possibilité de mutualiser des ressources ou des services, d'échanger ou de réutiliser des flux. Il est pertinent d'étudier le **potentiel d'autoconsommation collective et de mutualisation** des contrats pour accroître la résilience énergétique. Le **recyclage des plastiques et déchets** de l'industrie agroalimentaire a aussi été mentionné par les industriels de la Métropole.

2. Exemples d'actions à mettre en œuvre

Les industriels peuvent favoriser le développement des pratiques d'écologie industrielle et territoriale en identifiant les synergies suivantes :

- Identifier les déchets produits sur le territoire et réutilisables ou incorporables dans le processus de production ;
- Collaborer avec des prestataires pour accroître le taux de recyclage des déchets produits ;
- Identifier les installations voisines générant des pertes énergétiques et leur potentiel de valorisation ;
- Etudier la possibilité de mettre en place une plateforme de production énergétique commune à plusieurs industriels ;
- Etudier les possibilités de récupération et de mutualisation (ex : réseau de chaleur) avec le SMEDAR (Syndicat Mixte d'Élimination des Déchets Arrondissement de Rouen). Une étude est actuellement en cours pour préfigurer un éventuel réseau de chaleur industriel sur la zone industialo-portuaire de Rouen.
- Evaluer la possibilité d'exploitation de l'énergie perdue dans les réseaux de chaleur durant les heures creuses.

3. Rôle de la MRN

Le rôle de la MRN, par le biais de ses compétences, sera notamment de :

- Inciter et former au tri des déchets ;
- Améliorer les performances de recyclage métropolitaines dans le cadre des compétences des EPCI ;
- Faciliter les échanges et le partage d'expérience entre industriels ;
- Porter le lancement d'une étude sur les potentielles synergies à déployer sur le territoire, en particulier sur la mise en place de « petits réseaux de chaleur » entre industriels alimentés par une chaufferie biomasse.

c. Optimisation des flux de transport

1. Définition et enjeux

L'optimisation des flux de transport est possible notamment grâce à l'optimisation des **taux de remplissage des véhicules de fret**.

Il est également envisageable de **mutualiser des services logistiques** et de mener une réflexion sur la proximité au sein d'un écosystème industriel.

2. Exemples d'actions à mettre en œuvre

Les industriels peuvent optimiser leurs flux logistiques dans une logique d'écologie industrielle et territoriale par le biais, entre autres, des actions suivantes :

- Auditer les flux logistiques de l'industrie pour identifier les leviers d'optimisation et de mutualisation ;
- Renforcer dans les cahiers des charges les critères environnementaux des transporteurs ;
- Recourir à des fournisseurs de proximité si possible ;
- Exiger le label « Objectif CO2 » de la part des transporteurs ;
- Revoir la politique de conditionnement et d'emballage des fournitures livrées sur site.

3. Rôle de la MRN

Le rôle de la MRN, par le biais de ses compétences, sera notamment de :

- Faciliter la mise en relation entre acteurs économiques du territoire et favoriser les rencontres ;
- Développer l'économie de la fonctionnalité et de la coopération ;
- Informer et mettre en place des formations sur les solutions existantes ;
- Mettre en place une plateforme de livraison ou distribution commune à plusieurs industriels.

4 Accompagner le développement de filières d'avenir et la mutation du tissu industriel existant

Anticiper les besoins dans les technologies non matures et appuyer le développement d'un tissu industriel compatible avec un monde bas carbone.

Parmi les leviers permettant de décarboner l'industrie sur le territoire de la Métropole, certains ne sont **pas encore matures**. Ils sont pourtant indispensables pour abattre les émissions restantes après la mise en place des premiers axes identifiés, en particulier pour le secteur de la **chimie**. Ils nécessitent donc de déployer des moyens financiers et une expertise technique importants afin d'investir et d'anticiper la décarbonation ou compensation des émissions résiduelles. La **production d'hydrogène décarboné** (nécessaire à la fabrication d'ammoniac) et le **captage et stockage ou utilisation de carbone** sont donc des pistes déjà à l'étude sur le territoire de la Métropole. En complément, un travail de fond sur les **filières d'avenir** à développer au sein du tissu industriel rouennais est nécessaire.

Ainsi, ont pu être identifiés 3 leviers de décarbonation, détaillés par la suite :

- Production d'hydrogène décarboné ;
- Captage et stockage du carbone ;
- Formation et développement de filières d'avenir.

a. Production d'hydrogène décarboné

1. Définition et enjeux

Il existe deux techniques principales de production de l'hydrogène :

- L'utilisation de **combustibles fossiles** (95% de la production) pour le **vaporeformage du méthane** : cette méthode est peu coûteuse en énergie mais émet des quantités considérables de gaz à effet de serre ;
- **L'électrolyse de l'eau** : il s'agit d'une réaction de décomposition de l'eau en dioxygène et dihydrogène grâce à l'électricité. Il est nécessaire d'utiliser de l'électricité décarbonée pour une solution peu émettrice : l'empreinte carbone est en effet très faible si l'électricité est d'origine nucléaire ou renouvelable. Cette méthode est cependant très coûteuse en énergie.

Il est possible de diminuer l'impact de la filière à moyen terme en développant l'hydrogène vert, c'est-à-dire de l'hydrogène obtenu par électrolyse en utilisant de l'électricité d'origine renouvelable, ou jaune (électricité d'origine nucléaire). L'hydrogène vert ou jaune diminue très significativement l'empreinte des **produits à base d'ammoniac**. Les projets en construction en Normandie pourront largement profiter à l'industrie du territoire.

Les secteurs concernés sont les secteurs consommant beaucoup d'hydrogène comme intrant (300 000 t / an), c'est-à-dire :

- L'**agrochimie** : la production d'engrais utilise du gaz naturel comme intrant pour produire de l'hydrogène lors d'une réaction très émettrice en CO₂ ;
- La **chimie** : l'hydrogène est utilisé comme intrant dans certaines réactions ;
- L'**industrie pétrochimique** : pour désulfurer les carburants (non concerné sur le territoire).

Sur le territoire de la MRN, c'est principalement le secteur des engrais qui pourrait devenir consommateur d'hydrogène décarboné, au vu de son process qui est actuellement très consommateur en gaz naturel.

L'utilisation de l'hydrogène soulève toutefois de nombreuses problématiques qu'il sera nécessaire de prendre en compte pour que la filière soit véritablement durable et respectueuse de l'environnement :

- **L'accroissement de la consommation d'énergie primaire**, en raison des différentes pertes énergétiques tout au long de la chaîne de production et d'utilisation de l'hydrogène ;
- **Les tensions sur les réseaux électriques**, car la production d'hydrogène par électrolyse requiert de fortes puissances électriques que les réseaux ne sont que rarement à même de pouvoir fournir sans travaux de renforcement significatifs ;
- **L'approvisionnement en eau**, car l'électrolyse est fortement consommatrice de cette ressource, dont la disponibilité est de plus en plus limitée, notamment au vu des effets du changement climatique ;
- **La sécurité et l'acceptabilité de la population**, car la production et l'utilisation de l'hydrogène nécessiteront de disposer de capacités de stockage de ce gaz, qui est hautement inflammable et explosif.

2. Exemples d'actions à mettre en œuvre

Les industriels peuvent décarboner leur usage de l'hydrogène par le biais, entre autres, des actions suivantes :

- Utiliser de l'hydrogène décarboné :
 - ✓ Electrolyse de l'eau ;
 - ✓ A défaut, utilisation de biogaz dans le processus de vaporeformage ;
 - ✓ Synthèse directe de l'ammoniac sans production intermédiaire d'hydrogène ;
- Dans le cas des industries qui **produisent beaucoup de CO₂**, il est possible de valoriser le CO₂ avec de l'hydrogène afin de produire du méthane. Dans ce cas, l'électricité utilisée doit être décarbonée. Cependant, cette stratégie n'est rentable que si le prix du CO₂ augmente fortement.

La transparence sur l'empreinte carbone et le procédé de production de l'hydrogène (ou de l'engrais le cas échéant) constitue une bonne pratique pour les industriels concernés.

3. Rôle de la MRN

Le rôle de la MRN, par le biais de ses compétences, sera notamment de :

- Faciliter la mise en relation entre acteurs économiques du territoire et favoriser les rencontres ;
- Informer et mettre en place des formations sur les solutions existantes ;
- Mettre à disposition des ressources et informations concernant les aides techniques et financières existantes.

b. Capture, utilisation et stockage de carbone

1. Définition et enjeux

Le CUSC permet de **diminuer la quantité de CO₂ émise dans l'atmosphère** en le captant dès son émission.

Le processus se fait en trois étapes :

- **Captage du CO₂ dès sa source de production** : c'est l'étape la plus consommatrice en énergie ;
- **Compression et transport** (via des gazoducs ou des citernes) ;
- **Stockage en sous-sol** (injection dans des substrats géologiques rocheux, d'anciens gisements de pétrole et de gaz par exemple) **ou Utilisation**.

Il concerne avant tout les industries pour lesquelles les émissions de CO₂ sont concentrées. Ainsi l'utilisation de ce procédé perd de sa pertinence lorsque l'industrie est très avancée dans la décarbonation de son process.

Lorsqu'il n'est plus possible d'améliorer l'efficacité énergétique des procédés, ou que la décarbonation n'est pas possible, **le CSC peut constituer une solution** si elle est validée sur le plan technique, économique et social. Il présente notamment un intérêt pour les émissions résiduelles du **secteur de la chimie**.

La Région Normandie est particulièrement concernée par le CSC. En effet, il existe une **interconnexion avec le hub de Dunkerque** qui permet un stockage offshore. De plus, l'industrie normande émet de gros volumes de CO₂, ce qui permet une mise en place plus facile et rentable des infrastructures de transport de CO₂.

Sur le territoire de la MRN, le secteur des engrais pourrait être le principal utilisateur de ce procédé, au vu de son process qui émet du CO₂ de manière très concentrée et facilite donc le captage du carbone.

De même que pour l'hydrogène, le CSC est associé à plusieurs problématiques qui interrogent les conditions de son développement :

- Une consommation d'énergie significative pour les procédés de captage ;
- Les enjeux environnementaux induits par le transport et le stockage du carbone, avec des risques de pollutions en cas de fuites ;

- L'acceptabilité des populations sur les lieux de stockage et à proximité des infrastructures de transport ;
- Des risques de greenwashing et d'effet rebond, car en captant le carbone, les efforts ne sont plus concentrés sur la réduction des émissions.

2. Exemples d'actions à mettre en œuvre

Les industriels peuvent recourir au CSC par le biais, entre autres, des actions suivantes :

- Etudier la possibilité de mettre en place la technologie sur le site industriel ;
- Le cas échéant, investissement dans les réseaux CSC du territoire ;
- Dans le cas des industries qui consomment du CO₂, utiliser le CO₂ récupéré par voie de CCU (*Carbon Capture and Utilisation*).

3. Rôle de la MRN

Le rôle de la MRN, par le biais de ses compétences, sera notamment de :

- Faciliter la mise en relation entre acteurs économiques du territoire et favoriser les rencontres ;
- Informer et mettre en place des formations sur les solutions existantes ;
- Identifier d'éventuels projets de R&D
- Mettre à disposition des ressources et informations concernant les aides techniques et financières existantes ;
- Identifier les projets de CCUS viables sur le territoire et informer les industriels ;
- Encourager la mutualisation des connaissances et des technologies des industriels.

c. Formation et développement de filières d'avenir

L'état des lieux de l'étude a démontré d'un besoin de montée en compétences sur le sujet de la transition des sites industriels. D'une part, ce point se manifeste par la nécessité de former les équipes actuelles. Il sera donc intéressant de proposer des ressources de formation sur la décarbonation de l'industrie et d'identifier les métiers en tension afin de renforcer les formations universitaires correspondantes pour pallier les besoins présents et futurs.

D'autre part, des filières contribuant à la décarbonation globale de l'économie doivent faire l'objet d'une étude à part entière, à l'instar de la fabrication de batteries. Au niveau national, un certain nombre de filières ont été identifiées comme essentielles pour la transition : industries des nouveaux systèmes énergétiques (éolien offshore, production de biogaz dont méthanisation, développement de batteries, récupération de chaleur fatale, éolien, pompes à chaleur...), acteurs de la rénovation énergétique des bâtiments, unités de transformation et de valorisation des déchets, production d'hydrogène vert, numérisation de l'industrie et digitalisation des procédés, biomédicaments, décarbonation des mobilités (ferroviaire,

fluvial, mobilités douces, transports publics...)...¹² Cette étude permettrait de définir la durabilité d'une activité au sens de la Métropole, de qualifier la durabilité des filières existantes et de ces exemples potentiels et de définir les mécanismes permettant de favoriser leur émergence. **Le réseau local des filières et pôles de compétitivité ainsi que le travail réalisé par l'IHEST permettront de structurer ces actions et de réfléchir aux formations nécessaires à la montée en compétences des travailleurs.**

¹² Plusieurs référentiels permettent d'évaluer la « durabilité » d'une activité et sa place dans un monde décarboné. Voir par exemple : [Net Environmental Contribution](#) pour des référentiels sectoriels ou la [Net Zero Initiative – Proposition d'un nouvel indicateur climat – Carbone 4](#) pour une méthodologie d'évaluation.

5 Renforcer l'adaptation au changement climatique des industriels

Evaluer les risques et encourager la résilience des industriels face aux changements climatiques.

L'adaptation consiste à agir de sorte à **limiter les conséquences du changement climatique qui ne peuvent pas être évitées**. Elle constitue le complément essentiel de la politique d'atténuation du changement climatique.

Les conséquences du réchauffement climatique peuvent être de deux types :

- **Evolutions tendanciennes** : modification des régimes de précipitation et augmentation de leur variabilité, augmentation des températures moyennes, élévation au niveau des mers, etc.
- **Événements extrêmes** : tornades, inondations, sécheresses, etc.

Dans le but de se préparer face à ces risques, la Métropole développe actuellement une stratégie d'adaptation à ces risques pour le territoire.

Dans ce cadre, ont pu être identifiés 2 leviers de décarbonation, détaillés par la suite :

- Evaluation des risques ;
- Résilience des industries.

a. Evaluation des risques

1. Définition et enjeux

Le risque climatique résulte de l'interaction entre trois notions :

- Les **aléas climatiques** : Phénomènes climatiques susceptibles de se produire et pouvant entraîner des dommages sur les populations, les activités et les milieux. Ils se caractérisent en fréquence, intensité et localisation ;
- L'**exposition** : Présence d'infrastructures et personnes dans des lieux ou des contextes susceptibles de subir des dommages. Le degré d'exposition peut être exprimé par un nombre absolu, une densité, une proportion, etc. ;
- La **vulnérabilité** : La propension ou prédisposition d'un système à subir des dommages liés au changement climatique. Ce concept englobe les notions de :
 - **Sensibilité** : présence d'éléments de fragilité socio-économique (attributs physiques d'un système, sociaux, économiques et culturels) ;
 - **Capacité** :
 - À faire face : aptitude à réagir efficacement face à des situations difficiles à surmonter ;
 - D'adaptation : Ensemble des capacités, des ressources et des institutions d'un pays ou d'une région lui permettant de mettre en œuvre des mesures d'adaptation efficaces.

2. Exemples d'actions à mettre en œuvre

Les industriels peuvent apprendre et maîtriser leurs risques physiques par le biais, entre autres, des actions suivantes :

- Identifier et évaluer les risques auxquels les industries sont soumises (augmentation de la température, risques d'inondation à proximité de la Seine) et construire une cartographie des risques climatiques
- Identifier et évaluer les risques d'approvisionnement (matières première, eau, énergie) venant impacter les secteurs industriels présents sur le territoire

3. Rôle de la MRN

Le rôle de la MRN, par le biais de ses compétences, sera notamment de :

- Informer et mettre en place des formations sur l'évaluation des risques
- Mettre des ressources à disposition des acteurs économiques, notamment le Recueil international des méthodes d'évaluation des impacts physiques du changement climatique sur une entreprise ainsi que les menaces et opportunités associés de l'ADEME¹³
- Accompagner les industriels en bord de Seine sur la prise en compte du risque inondation

b. Résilience des industries

1. Définition et enjeux

Afin d'accompagner les industries du territoire à améliorer leur résilience, il est possible de mettre en œuvre des actions d'adaptation.

L'**adaptation** au réchauffement climatique consiste à **réduire l'exposition et la sensibilité** d'une infrastructure, d'un territoire, d'une activité ou d'un acteur économique aux aléas climatiques.

Cette notion est à distinguer de celle de **résilience**, concept dynamique qui fait référence à la capacité d'un système à :

- **Anticiper** un aléa (avant) ;
- **Atténuer mais aussi à absorber** ce dernier (pendant) ;
- **Rebondir** suite à l'évènement grâce à l'apprentissage, l'adaptation et l'innovation (après) ;
- Pour évoluer vers un nouvel état en **équilibre dynamique préservant ses fonctionnalités** (résilience de long terme).

¹³ [Diagnostic des impacts du changement climatique sur une entreprise. Recueil international d'expériences.. ADEME, 2020](#)

2. Exemples d'actions à mettre en œuvre

Les industriels peuvent accroître leur capacité d'adaptation et de résilience en élaborant une stratégie d'adaptation au réchauffement climatique, propre à chaque site industriel

3. Rôle de la MRN

Le rôle de la MRN, par le biais de ses compétences, sera notamment de :

- Poursuivre l'élaboration de la stratégie d'adaptation du territoire
- Informer et mettre en place des formations sur les solutions existantes et la nécessité d'anticiper et prévenir la survenue de ces risques dès à présent
- Mettre des ressources à disposition des acteurs économiques, notamment le guide de l'ADEME sur les risques physiques et adaptation au changement climatique de l'industrie¹⁴

¹⁴ [Risques physiques et adaptation au changement climatique de l'industrie – Focus Travailleurs, ADEME, 2022](#)

TRAJECTOIRE DE DECARBONATION DE LA METROPOLE

La stratégie définie à partir de l'état des lieux a ainsi servi de base à l'élaboration de la trajectoire de décarbonation du territoire de la Métropole Rouen Normandie.

Pour étudier la faisabilité des actions pré-identifiées pour chaque axe stratégique, des visites ont été réalisées sur les sites industriels étudiés lors de la phase d'état des lieux. Elles ont permis de mieux prendre en compte les besoins énergétiques propres à chaque activité, les mutualisations possibles et les éventuelles opportunités d'économie circulaire. Les principaux gisements de réduction des émissions de GES ont ainsi été mis en évidence selon les axes d'amélioration retenus, permettant de cibler une série d'actions de décarbonation.

Cette approche *bottom-up* a été complétée par une analyse *top-down* des facteurs de décarbonation externes à la Métropole. En effet, la décarbonation de l'industrie sur le territoire de la Métropole ne dépend pas seulement des actions des industriels sur leurs sites, mais aussi de tendances nationales, comme l'évolution de la demande en produits manufacturés ou la décarbonation des mix des réseaux d'électricité et de gaz. Pour cela, le choix a été fait de reprendre les hypothèses du travail prospectif « Transition(s) 2050 » de l'ADEME, et en particulier celles du scénario « S2 – Coopération territoriale », en les adaptant au territoire de la Métropole.

La combinaison de ces deux approches a permis de construire plusieurs trajectoires de décarbonation de l'industrie du territoire de la Métropole Rouen Normandie, qui sont ensuite comparées aux objectifs définis pour l'industrie dans la Stratégie Nationale Bas Carbone et à ceux fixés par le territoire. Les deux trajectoires dans lesquelles les leviers *bottom-up* seront activés ou non et qui seront comparées à une trajectoire tendancielle d'évolution des émissions sont comme suit :

- (i) **Gisement programmé** : illustre le potentiel de réduction d'émissions de GES déjà planifié par les industriels ou accessible sans incitations fortes à actionner plus de leviers. L'action de la Métropole est essentielle pour que ces premiers leviers soient mis en place par tous les industriels, au-delà des sites étudiés pour l'étude.
- (ii) **Gisement maximal** : illustre le résultat théorique de la mise en œuvre de l'ensemble des leviers d'actions d'efficacité énergétique et de limitation des émissions de CO₂ portés à leur niveau maximal. L'action de la Métropole est essentielle pour pousser l'ambition des actions à un niveau supérieur et coordonner les actions qui nécessitent de la coopération.

1 Principaux enseignements

a. En étant très ambitieux sur les actions menées, le territoire peut atteindre l'objectif d'une industrie neutre dès 2040

La Figure 9 présente la trajectoire de décarbonation de l'industrie rouennaise : on constate que la trajectoire « Gisement maximal », dans laquelle les efforts sont poussés au plus haut,

permet d'annuler les émissions dès la décennie 2040, conformément à l'objectif métropolitain. La trajectoire « Gisement programmé » ne permet d'atteindre ces objectifs qu'à l'horizon 2050 (en considérant une capacité de capture de carbone maintenue). Ces éléments montrent l'importance de la mise en place d'un plan d'action ambitieux dans sa définition puis dans son implémentation.

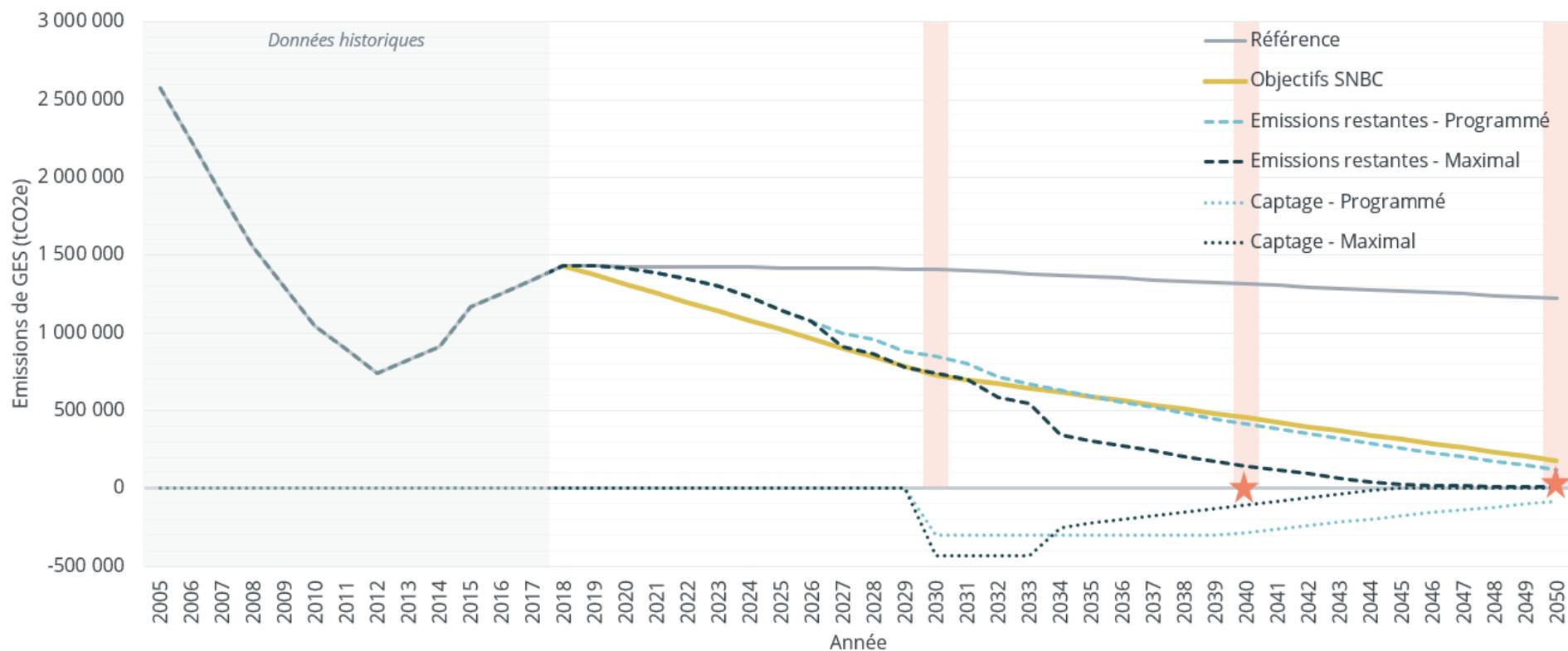


Figure 3 : Trajectoires de décarbonation de l'industrie de la Métropole Rouen Normandie

Note de lecture. Le graphique représente la trajectoire de décarbonation de l'industrie dans trois situations : la trajectoire de référence (évolution tendancielle des émissions) ; le scénario « Gisement Programmé » et le scénario « Gisement Maximal ». Pour ces deux dernières trajectoires, sont tracées les émissions restantes après réduction et les émissions captées sur le territoire. On constate que les émissions captées couvrent les émissions restantes en 2040 dans le scénario « Gisement maximal » uniquement et en 2050 dans les deux scénarios. Par ailleurs, la courbe jaune représente les objectifs SNBC correspondant aux secteurs du territoire. L'industrie du territoire est en retard sur ces objectifs avant 2030, et les rattrape à partir de ce point.

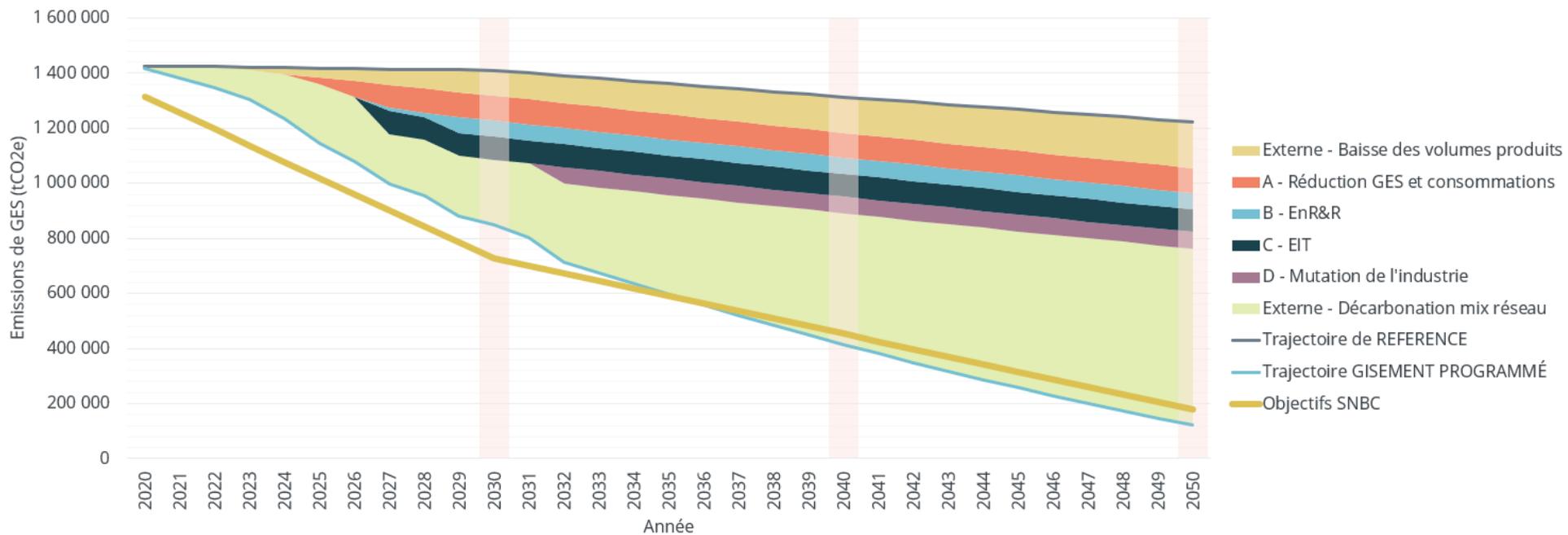


Figure 10 : Réduction des émissions par axe stratégique et levier externe - Gisement programmé

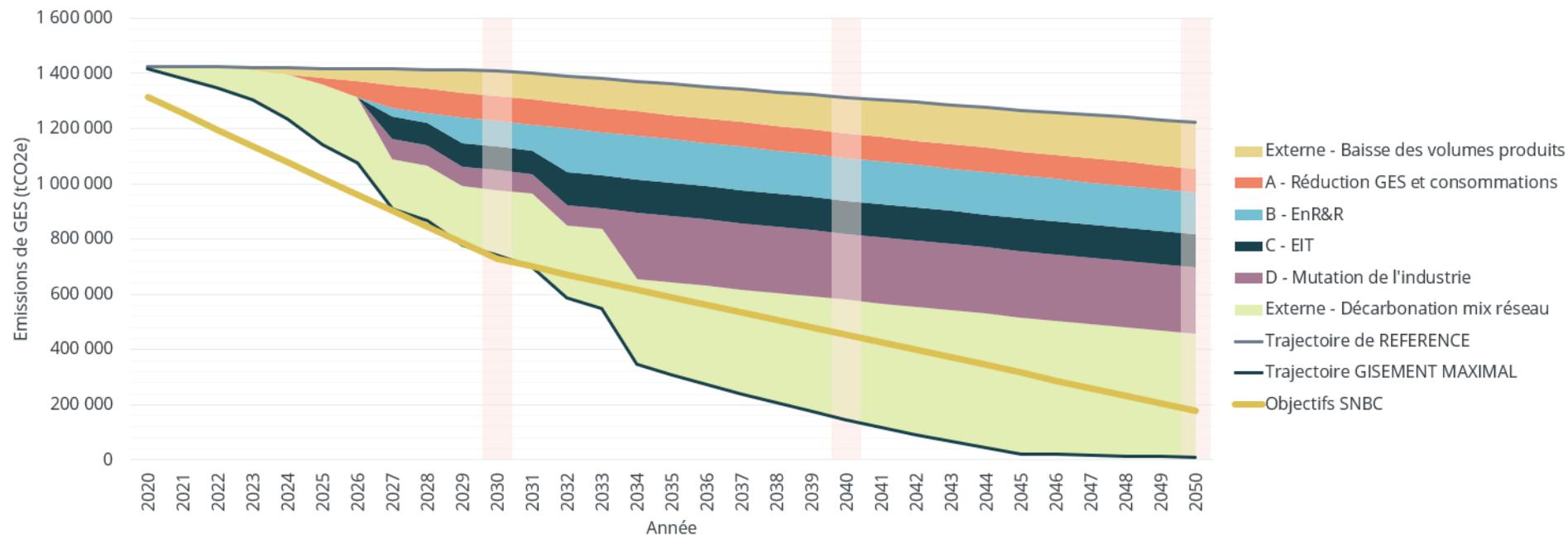


Figure 11 : Réduction des émissions par axe stratégique et levier externe – Gisement maximal

Note de lecture. Les graphiques représentent l'impact de chaque type de levier dans la réduction des émissions dans chacun des scénarios « Gisement programmé » et « Gisement maximal ». Ces leviers sont déduits de la trajectoire de référence. On distingue les leviers « bottom-up » issus des visites de site (catégories A, B, C et D) et « top-down » issus d'hypothèses du scénario S2 de Transition(s) 2050. Ces derniers ont un impact significatif dans la décarbonation, mais sont loin d'être suffisants si des actions ne sont pas mises en place sur les sites du territoire. Les efforts des industriels représentent une part importante dans « Gisement maximal » (plus de 50% des réductions contre à peine 30% dans « Gisement programmé »).

b. Les leviers de baisse des volumes produits et de décarbonation des mix réseaux contribuent pour une part importante à la transition du territoire

Si l'on regarde plus précisément le poids des différents leviers mis en place pour la décarbonation, on constate que les leviers « externes » jouent un rôle important :

- La baisse des volumes produits, correspondant à une adaptation du niveau d'activité à la demande nationale à l'image du scénario S2 de Transition(s) 2050 (voir Annexe), implique de fait une réduction des consommations énergétiques.
- La décarbonation des mix réseaux (gaz et électricité) contribue également largement à l'atteinte des objectifs placés sur les Scopes 1 et 2 et bénéficie aux industriels. Pour autant, si cette décarbonation est à l'image des objectifs nationaux, elle est loin d'être acquise, et nécessite que chaque territoire contribue à l'approvisionnement en énergie décarbonée. La disponibilité de cette énergie n'étant pas assurée sans efforts importants de chaque site, les leviers de réduction des consommations sont primordiaux tant pour la décarbonation que pour la sécurisation de l'approvisionnement. De ce fait, la Métropole doit promouvoir la production de biogaz sur son territoire et dans les zones voisines. La question est bien de savoir, au-delà des politiques nationales et des actions portées par les acteurs hors métropole, ce qui peut être fait sur le territoire.

c. L'atteinte de l'objectif 100% EnR&R dépendra de coopérations territoriales sur l'approvisionnement en biogaz

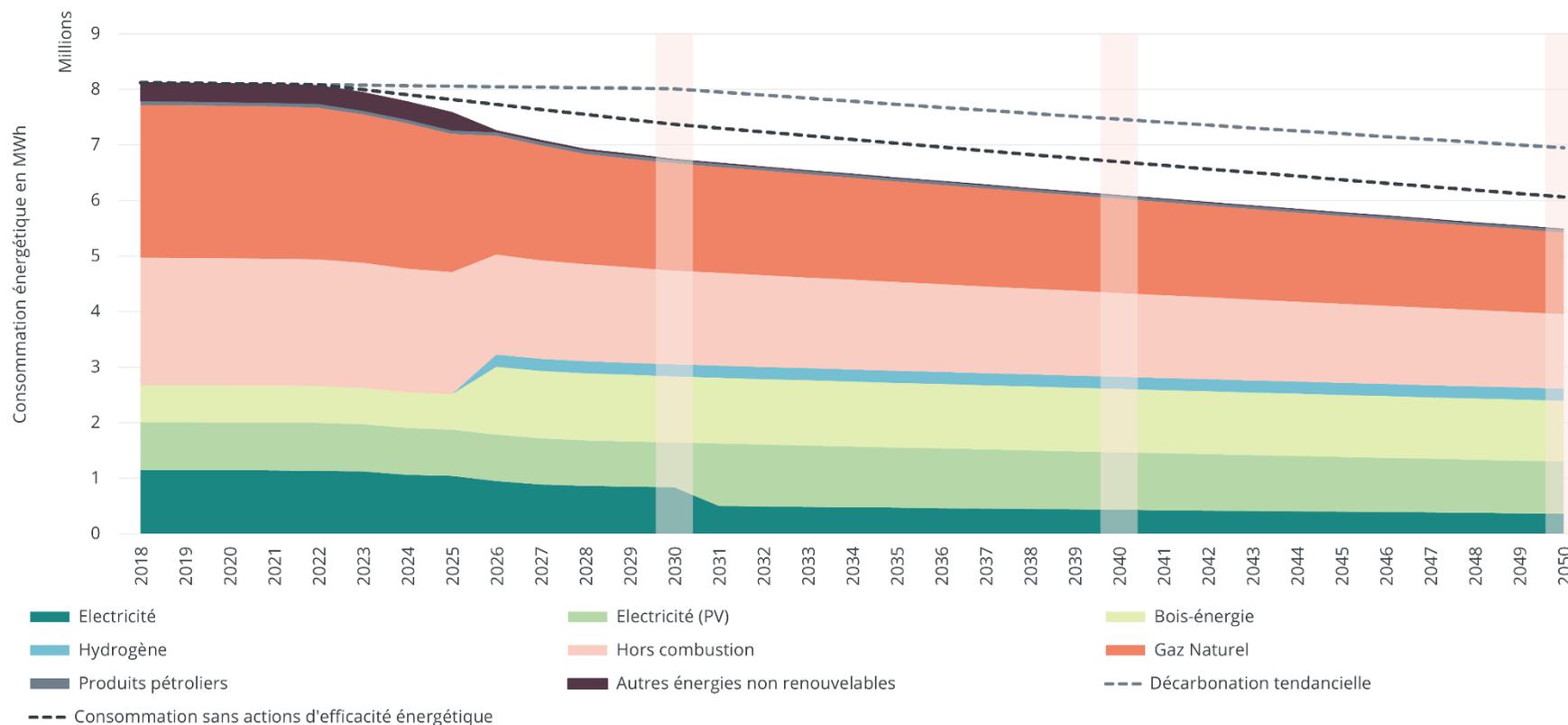
Par ailleurs, on constate sur la Figure 12 et sur la Figure 13 que la consommation énergétique finale globale évolue relativement peu jusqu'en 2050, mais que le mix énergétique se décarbone progressivement. Le bois-énergie remplace une partie de la consommation de gaz naturel, le solaire photovoltaïque une large partie de la consommation d'électricité. Dans la trajectoire « Gisement maximal », on constate que l'hydrogène permet de substituer une part importante du gaz naturel (sur les consommations en matière première dans les procédés « hors combustion »).

Si la décarbonation des mix réseaux joue une part importante dans l'atteinte des objectifs de décarbonation, le développement du vecteur hydrogène peut également contribuer de manière significative à réduire la part de gaz fossile dans les consommations restantes. Il en va de même pour le biométhane, dont le territoire peut contribuer à l'approvisionnement en participant à la décarbonation des productions nationales au même titre que pour l'électricité, à travers des systèmes de certification notamment.

Il est important de remarquer que les valeurs présentées ici sont en énergie finale : il s'agit de l'énergie qui est réellement utilisée par les industriels à l'entrée de leurs process. Ces valeurs ne tiennent donc pas compte de l'énergie primaire, c'est-à-dire de l'énergie totale qui est nécessaire pour obtenir ces quantités d'énergie à l'entrée des processus industriels. En particulier, il faut noter que la production d'hydrogène par électrolyse nécessite une forte consommation d'électricité, qui n'est pas comptabilisée ici. Une analyse plus poussée de

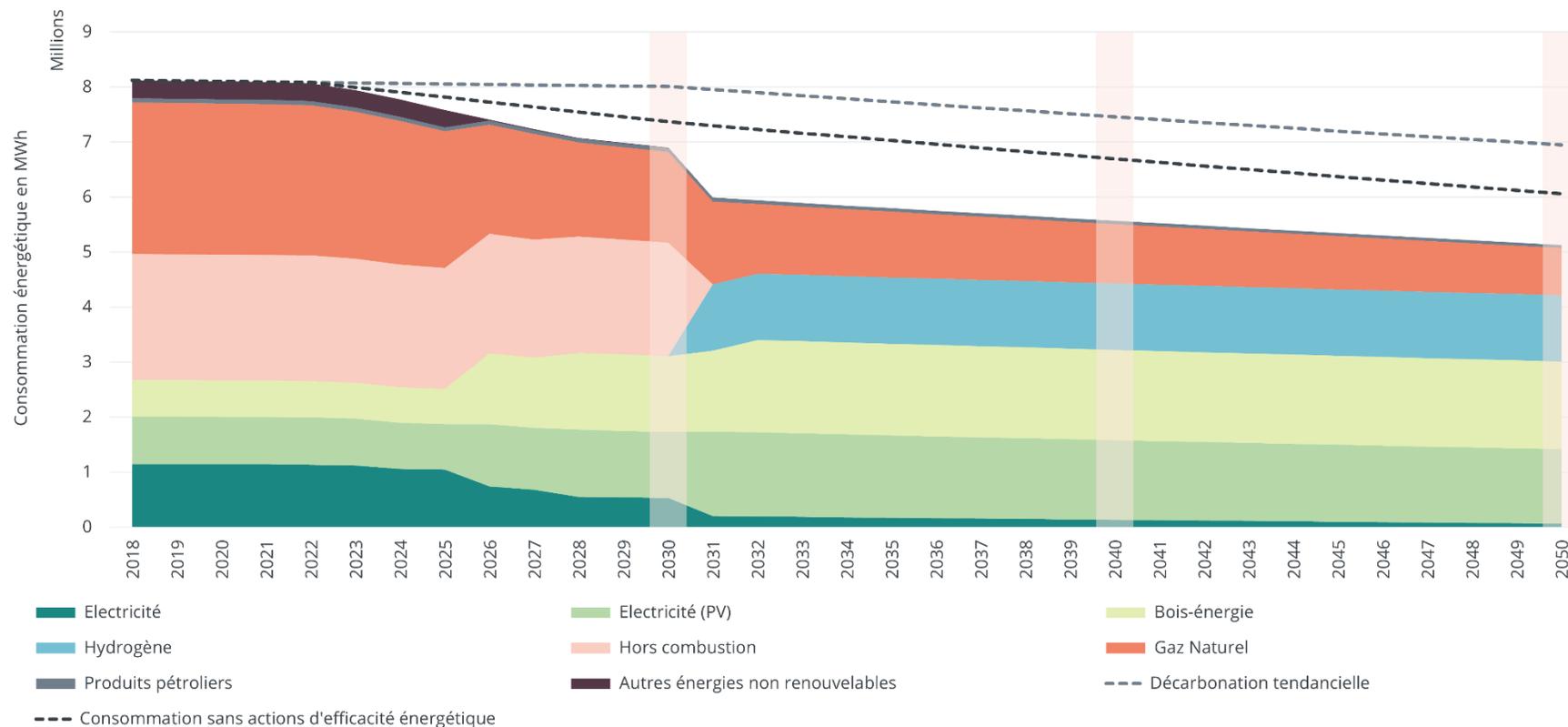
l'énergie primaire sera donc nécessaire à l'avenir pour préciser les impacts de la décarbonation de l'industrie sur le bilan énergétique de la MRN.

Figure 12 : Evolution des consommations énergétiques finales – Gisement programmé



Note de lecture. Le graphique représente l'évolution des consommations énergétiques finales dans le scénario « Gisement programmé » et la baisse tendancielle des consommations énergétiques due à la diminution de l'activité. On constate qu'il y a une évolution importante des consommations énergétiques sur le territoire. En effet, l'hydrogène remplace une partie du gaz naturel utilisé « Hors combustion », c'est-à-dire dans les procédés industriels. Le bois énergie émerge également à partir de 2025. Une partie de l'électricité réseau est remplacée par de l'électricité produite sur site par des panneaux photovoltaïques. Les consommations fossiles et réseau d'électricité sont encore majoritaires en 2050 (67%).

Figure 13 : Evolution des consommations énergétiques finales – Gisement maximal



Note de lecture. Le graphique représente l'évolution des consommations énergétiques finales dans le scénario « Gisement maximal » et la baisse tendancielle des consommations énergétiques due à la diminution de l'activité. On constate qu'il y a une évolution significative des consommations énergétiques sur le territoire. En effet, l'hydrogène remplace la totalité du gaz naturel utilisé « Hors combustion », c'est-à-dire dans les procédés industriels, déploiement plus ambitieux que dans la trajectoire « Gisement programmé ». Le bois énergie émerge également à partir de 2025. Une partie encore plus importante de l'électricité réseau est remplacée par de l'électricité produite sur site par des panneaux photovoltaïques. Les consommations fossiles et réseau d'électricité sont minoritaires en 2050 (22%) : elles peuvent être soumises à un système de garanties d'origine ou green PPA par exemple, pour atteindre l'objectif de 100% EnR&R, qui devient bien plus accessible.

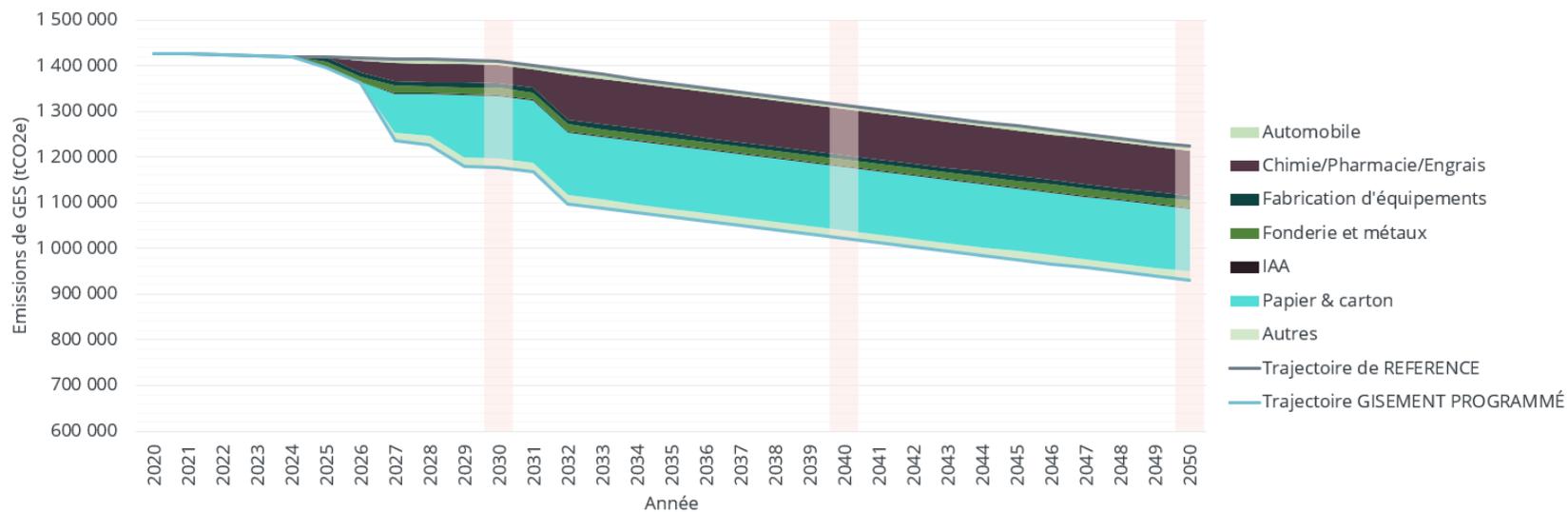


Figure 4 : Part des secteurs industriels dans la réduction des émissions – Gisement programmé

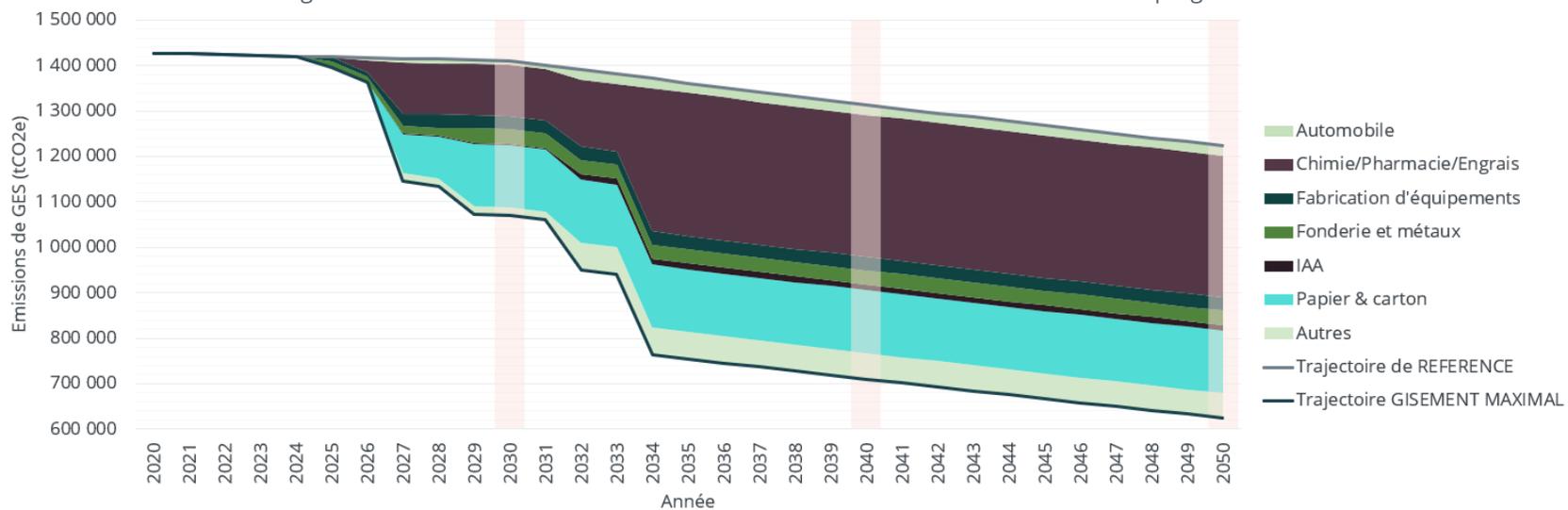


Figure 5 : Part des secteurs industriels dans la réduction des émissions – Gisement maximal

Note de lecture. Les graphiques représentent la part des réductions d'émissions portée par chaque filière industrielle dans chacun des scénarios « Gisement programmé » et « Gisement maximal ». Les secteurs de la chimie/pharmacie/engrais et du papier & carton, aujourd'hui très présents sur le territoire, montrent des réductions importantes. Dans le scénario « Gisement maximal », la part du secteur de la chimie/pharmacie/engrais est d'autant plus importante que des leviers technologiques tels que l'hydrogène sont activés.

d. Les secteurs des engrais et du papier-carton sont les principaux acteurs de la réduction des émissions restantes

Enfin, on constate que les différents secteurs ont des parts très variées dans la décarbonation de l'industrie du territoire. Dans les deux trajectoires, les secteurs des engrais et du papier-carton appliquent les leviers les plus importants en émissions absolues. On remarque toutefois que la part accomplie par le secteur des engrais est d'autant plus importante dans la trajectoire « Gisement maximal » que les efforts sont accentués sur le développement de l'hydrogène. De plus, ce secteur représente la majeure partie du potentiel de captage et stockage du carbone sur le territoire. Le secteur reste donc structurant pour l'industrie du territoire et sa décarbonation doit être un objectif de premier plan incontournable pour la stratégie de la Métropole.

2 Atteindre les objectifs de la Métropole pour l'industrie

Les trajectoires d'émissions de GES et de consommation d'énergie de l'industrie montrent donc que l'atteinte des objectifs passera par une ambition poussée sur les sites industriels de la Métropole Rouen Normandie. Seul le scénario « Gisement maximal » permet en effet d'atteindre l'objectif de contribution à la neutralité carbone dès 2040, et de réduire significativement la dépendance à d'autres territoires pour la production d'EnR&R permettant de couvrir l'ensemble des consommations énergétiques des industriels du territoire.

Le tableau suivant présente la déclinaison possible des objectifs du territoire à l'échelle de l'industrie, selon la trajectoire de décarbonation construite :

A l'horizon...	2030	2040	2050	
Réduction des émissions de GES	-71%	-94%	-100%	par rapport à 2005
Captage et stockage de carbone	430 000	100 000	0	tCO _{2eq} captées par an
Réduction et séquestration en dehors du tissu industriel métropolitain	315 000	40 000	10 000	tCO _{2eq} résiduelles sur le territoire
Atteindre 100% des besoins énergétiques des industriels couverts par EnR&R d'ici 2040	37%	77%	81%	de la consommation industrielle couverte par des EnR&R locales
	-	23%	19%	de la consommation industrielle devant être couverte par des EnR&R extra-territoriales
	Actions au sein des sites industriels de la MRN		Actions de coopération et de solidarité entre territoires	

Les deux grandes orientations de la Métropole pour son industrie passent ainsi par un plan d'actions à décliner sur les sites industriels du territoire et en partenariat avec les acteurs locaux, mais aussi sur une coopération forte avec les territoires voisins pour la compensation des émissions résiduelles et l'approvisionnement en énergie renouvelable.

3 Traduction opérationnelle de la stratégie

Les actions identifiées dans la partie « Axes stratégiques pour la contribution à la neutralité carbone et l'atteinte de l'objectif 100% EnR&R » ainsi que les conclusions de la construction de la trajectoire appellent à la mise en place d'un plan d'action opérationnel. Celui-ci a été co-construit avec les industriels et les acteurs proches de l'industrie du territoire lors d'ateliers

ayant permis de cibler les actions prioritaires puis de les adapter aux besoins locaux. Les fiches actions découlant de ce travail se trouvent en annexe de ce rapport.

Cette annexe détaille la méthodologie, les données et les hypothèses utilisées pour la construction de la trajectoire de décarbonation de la Métropole Rouen Normandie.

1 Données utilisées

Les données utilisées pour la modélisation de la trajectoire proviennent de deux sources principales :

- Observatoire régional Energie Climat Air de Normandie (ORECAN) : données de consommations énergétiques et d'émissions de GES par secteur industriel (codes NCE), pour les années 2005, 2008, 2010, 2012, 2014, 2015 et 2018. Les données sont basées sur les contours des EPCI arrêtés au 1^{er} janvier 2021. *Référence : Atmo Normandie – Inventaire 3.2.7 – Format de rapportage PCAET_ORECAN*
On note que certaines données de consommations d'énergie sont concernées par un secret statistique.
- Industriels du territoire rencontrés lors des visites de site : potentiel d'abattement des émissions par levier de décarbonation. Ces données **confidentielles** ont été utilisées pour la construction de la trajectoire mais ne seront cependant bien évidemment pas publiées.

La trajectoire concerne les émissions du Scope 1 et du Scope 2 de l'industrie. Il n'était pas prévu dans la présente étude de quantifier précisément le Scope 3 mais de le faire apparaître dans les fiches actions. Ce n'est d'ailleurs possible ni au niveau de l'ORECAN qui ne dispose pas de ces données, ni au niveau des industriels qui ne les mesurent pas encore systématiquement.

Les données fournies par l'ORECAN donnent les consommations et émissions par secteur NCE. Pour cette étude, les sept secteurs prépondérants en consommations et émissions identifiées lors de l'état des lieux sont étudiés individuellement (*Automobile, Chimie et pharmacie, Engrais, Fabrication d'équipements, Fonderie et métaux, Industries agro-alimentaires, Papier & carton*), les autres secteurs sont regroupés dans la catégorie *Autres*¹⁵. Un site industriel de chacun de ces secteurs a fait partie du panel de sites visités.

¹⁵ La catégorie *Autres* regroupe : les administrations et services non marchands, l'assainissement, la gestion des déchets et la dépollution, l'industrie du caoutchouc, la production de matériaux de construction et de céramique, la production de minéraux divers, la construction navale et aéronautique et l'armement, la fabrication de plâtres, chaux et ciments, les services marchands divers, l'industrie du textile, du cuir et de l'habillement et l'industrie du verre.

2 Méthodologie de construction des trajectoires

Deux trajectoires sont tracées : une trajectoire de réduction des émissions du Scope 1 et du Scope 2 de l'industrie par secteur industriel, et une trajectoire de consommation d'énergie de l'énergie par source d'approvisionnement énergétique. La méthodologie est comme suit :

- Sur chaque site industriel visité, les gisements de réduction d'émissions de GES et de développement des EnR sont identifiés avec l'entreprise. Des gisements additionnels (non identifiés par les entreprises) sont également listés et quantifiés (passage biomasse, mise en place de pompes à chaleur, utilisation d'hydrogène, raccordement au réseau de chaleur vapeur).
- A ces gisements sont attribués des potentiels de répliquabilité¹⁶ sur le reste du secteur en fonction de la maturité des acteurs et de la spécificité de l'action.
- Les gisements d'abattement, extrapolés sur le reste des secteurs, sont regroupés en leviers de décarbonation. On construit deux scénarios dans lesquels les leviers seront activés ou non et qui seront comparés à une trajectoire tendancielle d'évolution des émissions :
 - (i) *Gisement programmé : illustre le potentiel de réduction d'émissions de GES déjà planifié par les industriels ou accessible sans incitations fortes à actionner plus de leviers.*
 - (ii) *Gisement maximal : illustre le résultat théorique de la mise en œuvre de l'ensemble des leviers d'actions d'efficacité énergétique et de limitation des émissions de CO₂ portés à leur niveau maximal. L'écart entre le scénario tendanciel et ce scénario représente la marge de manœuvre de la Métropole.*
- A ces leviers dits « internes », on vient ajouter des leviers externes de décarbonation, issus des hypothèses d'évolution nationale du scénario « S2 – Coopération territoriale » de l'ADEME (voir section 3.b de l'annexe méthodologique). Ces leviers sont l'évolution de la demande en produits manufacturés et la décarbonation des mix réseaux, électricité et gaz.
- Pour déterminer les trajectoires finales, on applique pour chaque scénario la méthode suivante :
 - (i) Calcul de la trajectoire tendancielle (voir section 3.a de l'annexe méthodologique)
 - (ii) Soustraction des émissions réduites par le levier externe « évolution de la demande »
 - (iii) Soustraction des émissions réduites par les leviers bottom-up internes, selon chaque scénario
 - (iv) Pour les émissions restantes, application du levier externe « décarbonation des mix réseaux »

¹⁶ Les facteurs de répliquabilité sont explicités dans l'onglet « gisement » de la trajectoire excel (en colonne commentaires)

- La trajectoire de consommation énergétique est obtenue à partir de la transcription des leviers ainsi quantifiés en consommation énergétique à partir des facteurs d'émission utilisés par l'ORECAN (les gisements ayant été fournis directement en tCO_{2e}).

3 Hypothèses structurantes

a. Construction de la trajectoire tendancielle

On définit des taux annuels d'évolution des émissions de l'industrie (prise dans son ensemble) pour les périodes 2018-2030 et 2030-2050 pour tenir compte des réductions d'émissions qui auraient eu lieu dans tous les cas, par efficacité énergétique. Ces taux sont issus du scénario tendanciel pour l'industrie de l'exercice *Transition(s) 2050* réalisé par l'ADEME¹⁷. Ils sont révélateurs d'une évolution du tissu industriel à l'échelle nationale. Plus précisément, ce scénario considère une poursuite des tendances engagées (Graphique 5 de la page 341/687 du rapport *Transition(s) 2050*). Il est structuré, en particulier, par les évolutions tendanciennes des secteurs de la demande industrielle (bâtiment et transports notamment), constituant un prolongement des niveaux et modes de consommation. Les dispositifs de soutien public existants et les mesures prenant effet sur la période de l'exercice, telles que la réglementation RE2020 ou l'interdiction de l'utilisation des plastiques à usage unique, y sont pris en compte afin de soutenir les évolutions de la demande ainsi que la modernisation des sites industriels. Les échanges commerciaux poursuivent la tendance en cours de mondialisation et de désindustrialisation.

2018 - 2030	2030 - 2050
-0.12%	-0.71%

Tableau 1 : Hypothèses d'évolution des émissions de GES dans l'industrie dans le scénario tendanciel

A l'échelle locale, les ouvertures et fermetures de sites peuvent avoir un fort impact sur le scénario tendanciel. A titre de comparaison, la moyenne annuelle de l'évolution des émissions des secteurs entre 2005 et 2018 était de -0,3%. Une hypothèse similaire est adoptée pour la trajectoire de consommations énergétiques, correspondant au fait qu'on suppose que la baisse tendancielle soit principalement liée à l'amélioration de l'efficacité énergétique.

b. Evaluation du potentiel d'abattement par des leviers *top-down*

Aux leviers *bottom-up* identifiés lors des visites de site sont ajoutés des leviers *top-down* ou externes correspondant à des réductions d'émissions activés à une échelle plus large que les sites industriels. Les hypothèses de baisse des volumes produits et de décarbonation du mix réseau pour l'approvisionnement en gaz et en électricité sont repris du scénario S2 de

¹⁷ ADEME. « Transition(s) 2050 ». Horizons. Agence de la transition écologique, 2022. <https://bibliothèque.ademe.fr/cadic/6531/transitions2050-rapport-compresse.pdf?modal=false>.

Transition(s) 2050 : Coopérations territoriales. En effet, dans ce scénario, la transition est planifiée par les pouvoirs publics, et en particulier à l'échelle territoriale, à l'instar de l'initiative de la Métropole Rouen Normandie. Ce scénario est empreint d'une logique de coopérations entre territoires à l'image de la construction d'initiatives de décarbonation communes à l'Axe Seine. Il narre une transition orientée vers une industrie à forte valeur ajoutée plutôt que fortement productrice, dynamique sur les marchés locaux et inscrite dans une logique d'écologie industrielle et territoriale, comme le décrit le rapport *Transition(s) 2050* :

« Elle permet de réorganiser le paysage productif en accompagnant et finançant notamment les modernisations, reconversions et éventuelles fermetures de sites. Ces transformations suivent une logique poussée d'efficacité (énergétique, matière) et d'optimisation du maillage du territoire. Ainsi, les chaînes de valeur industrielles sont repensées au prisme de spécialisations régionales, porteuses de synergies locales et d'une attention forte portée aux filières d'économie circulaire. Enfin, cette transition s'accompagne d'une réindustrialisation dans certains secteurs ciblés pour développer l'industrie bas carbone française. Ce positionnement sur ces marchés bas carbone stimule la production correspondante par une amélioration des soldes commerciaux et de nouvelles exportations. »

	2014-2030	2030 - 2050	2014-2050
Automobile	-20%	-19%	
Chimie et pharmacie	-20%	-19%	
Engrais			-24%
Fabrication d'équipements	-20%	-19%	
Fonderie et métaux	-20%	-19%	
IAA	-20%	-19%	
Papier & carton			16%
Autres	-20%	-19%	

Tableau 2 : Baisse totale des volumes produits (demande et efficacité matière). Source : Transition(s) 2050, ADEME

	2023-2030	2030-2050
Gaz	-15%	-79%

Tableau 3 : Baisse de l'intensité du mix gaz (tCO_{2e}/MWh PCI). Source : Transition(s) 2050, ADEME

	2018-2025	2025-2040	2040-2050
Electricité	-85%	-100%	Mix décarboné

Tableau 4 : Baisse de l'intensité du mix électrique (tCO_{2e}/MWh). Source : Transition(s) 2050, ADEME

Dans la logique des exercices prospectifs de décarbonation, les leviers sont présentés dans l'ordre suivant : baisse des volumes produits, leviers *bottom-up* identifiés sur les sites, décarbonation du mix réseau. Par soucis de simplification, ces leviers sont appliqués sur le mix énergétique initial dans la trajectoire de consommations énergétiques, plutôt que sur les nouveaux vecteurs.

4 Limites de l'étude et pistes d'amélioration

Malgré certaines limites, l'exercice prospectif de construction de la trajectoire de décarbonation de l'industrie de la Métropole Rouen Normandie a permis d'identifier un certain nombre de conditions de réalisation communes à tous les industriels. Trois enseignements listés ci-dessous ressortent particulièrement.

a. Un renforcement des dispositifs de suivi des émissions et des consommations énergétiques par site et/ou secteur industriel

Les trajectoires de réduction des émissions de GES et de consommations énergétiques ont été construites sur la base de données fournies par 10 sites industriels importants du territoire, dont les leviers ont été extrapolés aux autres industriels. Si l'exercice est innovant, il présente quelques limites qu'il convient de soulever :

- Il aurait été plus rigoureux de partir des données de consommations d'énergie pour en déduire les émissions de GES ; cela n'a pu être fait par manque de données.
- Compte-tenu du secret statistique auquel est soumis l'ORECAN, les données de consommations énergétiques sectorielles n'étaient pas toutes disponibles.
- Les changements de vecteurs énergétiques impliquent des variations de rendements, qui sont significativement différents par site industriel. A défaut de pouvoir évaluer les variations par site et de les extrapoler à la Métropole, une fourchette d'incertitude a été estimée. L'impact des rendements lors de substitution entre différents vecteurs énergétiques est différent sur les trajectoires CO₂ et énergie, pour lesquelles deux méthodes distinctes ont été utilisées. L'impact sur le CO₂ est faible voire nul dans la majorité des cas (car pris en compte dans les données communiquées). Pour l'énergie, l'impact est **une consommation supplémentaire en énergie finale entrée chaudières variant entre 0% et environ +11%**. Ce taux dépend néanmoins de beaucoup de paramètres. La variation n'ayant pas pu être estimée pour certains sites, elle n'est pas extrapolée à l'ensemble des industriels de la Métropole Rouen Normandie et n'est donc pas prise en compte dans les calculs.
- L'approche a été réalisée en ne considérant que l'énergie finale, qui permet de bien comprendre la manière dont les industries utilisent l'énergie, mais qui occulte certaines problématiques importantes sur la provenance de cette énergie. Une analyse complémentaire de l'énergie primaire paraît donc indispensable pour préciser cette étude, au moyen d'un diagramme de Sankey qui permettra de visualiser les flux et les pertes aux différentes étapes que suit l'énergie entre sa production et son utilisation sur site.

Pistes d'amélioration. Une collaboration plus étroite avec l'ORECAN permettrait d'actualiser la trajectoire au fil des années et d'observer la progression des efforts de réduction de GES et de consommations sur les secteurs émetteurs de l'industrie rouennaise. Une bonne connaissance des bilans carbone déclarés par site industriels améliorerait également le suivi des actions prises et les efforts à fournir pour une mesure plus poussée sur les sites moins

émetteurs. Enfin, une réflexion plus large sur les consommations énergétiques de la Métropole Rouen Normandie permettrait d'approfondir les réflexions sur l'évolution des capacités de production et des efforts de réduction nécessaires.

b. Un fort besoin de visibilité à moyen et long terme pour les industriels

Le déploiement des solutions technologiques est conditionné par un certain niveau de confiance des industriels et des investisseurs quant à la durabilité de leurs actifs et à la rentabilité de leurs investissements. En effet, les investissements sont capitalistiques et la durée de vie des équipements se compte parfois en plusieurs dizaines d'années. Le besoin de visibilité est donc indispensable pour déclencher des investissements importants, d'autant plus dans un contexte de forte augmentation des prix de l'énergie. La mise en place des leviers identifiés lors de l'étude dépendra largement de la maîtrise de ces incertitudes, et de la capacité des industriels à identifier les gains associés aux investissements. Ce point est d'autant plus important que l'exercice a extrapolé les projections de certaines entreprises à d'autres sites industriels qu'il faudra accompagner dans la transition.

Par ailleurs, les leviers technologiques identifiés aujourd'hui par les sites industriels évolueront certainement dans la décennie à venir, améliorant la perspective moyen et long-terme de la décarbonation du territoire.

Pistes d'amélioration. La dynamique lancée sur le territoire par les réunions UrbanPact et la réponse à l'appel à projets ZIBAC doit être maintenue dans les prochaines années afin de favoriser le dialogue entre les industries, notamment sur les incertitudes de la transition. La concertation continuera également de permettre aux acteurs de se saisir d'une ou plusieurs actions qu'ils essaieraient de mettre en œuvre à leur échelle. Les leviers identifiés à l'avenir par les industriels pourront également être intégrés à la trajectoire de décarbonation afin de la piloter au mieux.

c. Construction évolutive d'une vision 2050 de l'industrie et des dynamiques territoriales

Enfin, l'étude a révélé la nécessité d'ouvrir la discussion quant au point d'arrivée souhaité pour l'industrie en matière de type d'activités industrielles présentes sur le territoire, d'intensification de l'activité ou de transformation vers un modèle d'industrie à forte valeur ajoutée.

Pistes d'amélioration. Il sera essentiel d'intégrer la trajectoire construite aux précédents travaux du PCAET et du SDE et plus globalement à la vision de la transition de la Métropole Rouen Normandie, afin de communiquer sur l'importance des objectifs de décarbonation et sur le plan d'actions associé. Cette vision 2050 se veut dynamique, issue de concertations avec les acteurs du territoire, et bien communiquée pour rassembler l'ensemble des parties prenantes.

Qu'est-ce que la neutralité carbone ?

Définition

- L'Accord de Paris définit en 2015 la neutralité carbone comme un « équilibre entre les émissions anthropiques par les sources et les absorptions anthropiques par les puits de gaz à effet de serre ».¹⁸
- De la même manière, le GIEC (Groupement Intergouvernemental d'Experts sur l'évolution du Climat) définit en 2018 la neutralité carbone comme « l'état dans lequel toute émission anthropique résiduelle de CO₂ est contrebalancée par des éliminations anthropiques de CO₂ à l'échelle mondiale ».¹⁹
- Par convention, il est généralement admis que le terme « carbone » ne se réduit pas au dioxyde de carbone (CO₂) mais englobe également les autres gaz à effet de serre (méthane, gaz fluorés, protoxyde d'azote), mesurés en CO₂ équivalent (CO₂e).

Implications

- Toutefois, de simples mesures de séquestration ne sauraient permettre d'atteindre la neutralité carbone, les émissions planétaires de CO₂e étant très amplement supérieures aux capacités mondiales d'absorption. Ainsi, la définition d'un objectif de neutralité carbone doit impérativement être accompagné d'un objectif significatif de réduction des émissions de gaz à effet de serre.²⁰
- De ce fait, l'ADEME souligne dans un avis publié en 2021 le fait que la neutralité carbone n'a de sens, scientifiquement, qu'à l'échelle planétaire, tandis que toutes autres revendications de « neutralité carbone » ne correspondent en réalité qu'à des contributions à la neutralité carbone planétaire.²¹

¹⁸ https://unfccc.int/files/essential_background/convention/application/pdf/french_paris_agreement.pdf

¹⁹ <https://www.ipcc.ch/sr15/>

²⁰ <https://theshiftproject.org/article/renforcement-politique-climatique/>

²¹ <https://www.ademe.fr/avis-lademe-neutralite-carbone>

A PROPOS DE L'AGENCE DE CONSEIL I CARE

Cabinet de conseil en stratégie dans le domaine de l'environnement, nous accompagnons depuis 2008 les entreprises, les institutions financières et les organisations publiques dans leur transition vers une société à faible impact environnemental.

De la réflexion stratégique aux solutions opérationnelles, **I Care propose des solutions innovantes sur une large gamme d'enjeux environnementaux** avec pour objectif d'aider la société à évoluer vers une économie durable.

Siège : 28, rue du 4 septembre, 75002 PARIS

