

TRANSITION(S) 2050

CHOISIR MAINTENANT
AGIR POUR LE CLIMAT

Feuilleton

Sobriété

Quelle place dans la réduction
des consommations d'énergie
et d'émissions de GES en 2030 et 2050 ?



ADEME
20, avenue du Grésillé
BP 90406 | 49004 Angers Cedex 01

Retrouvez les scénarios ADEME en ligne sur [Les futurs en transition](#)

Crédits photo : ADEME

Conception éditoriale et graphique première page : bearideas

Rédaction : Valentin Devriès avec la collaboration de Paco Bailly, Florent Gauthier et Bruno Lapillonne (Enerdata).

Brochure réf. 012340

ISBN : 979-10-297-2243-1

Dépôt légal : © ADEME Éditions, mars 2024

Toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite selon le Code de la propriété intellectuelle (art. L. 122-4) et constitue une contrefaçon réprimée par le Code pénal. Seules sont autorisées (art. 122-5) les copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé de copiste et non destinées à une utilisation collective, ainsi que les analyses et courtes citations justifiées par le caractère critique, pédagogique ou d'information de l'œuvre à laquelle elles sont incorporées, sous réserve, toutefois, du respect des dispositions des articles L. 122-10 à L. 122-12 du même Code, relatives à la reproduction par reprographie.

Rappel des conclusions des premiers travaux

Ce feuilletton s'inscrit dans le travail de prospective énergie ressources « Transition(s) 2050. Choisir maintenant. Agir pour le climat » présenté le 30 novembre 2021, qui comprend les travaux initiaux et 17 feuillets dont la publication s'étend de février 2022 à mars 2024. L'ensemble des documents publiés est disponible sur <http://www.ademe.fr/les-futurs-en-transition>.

Le Gouvernement a avancé sur la planification écologique, en mettant en consultation une trajectoire climatique et énergétique. Dans ce contexte, les scénarios de l'ADEME restent pertinents pour nourrir les réflexions et contribuer aux débats dans la mesure où ils ont été construits sur la base d'hypothèses volontairement fortes et contrastées qui, de par leur gradation entre sobriété et innovation, illustrent des chemins types. Ils sont donc toujours d'actualité pour faire réfléchir décideurs et citoyens sur le modèle de société qu'ils souhaitent promouvoir pour atteindre la neutralité carbone.

Les quatre scénarios aboutissent tous à la neutralité carbone mais avec des voies différentes. Avant tout, ils ont pour objectifs de faire prendre conscience à tout un chacun, quel que soit son niveau de responsabilité et d'implication dans la construction de ce cheminement, de la nature des transformations et des choix à faire.

Ils sont le résultat de plus de 4 ans de travaux mobilisant plus d'une centaine d'experts de l'ADEME ainsi que des partenaires extérieurs de différents milieux professionnels et académiques, mais également un comité scientifique, constitué de membres du conseil scientifique de l'Agence et complété de personnalités qualifiées.

Pour chaque scénario, l'ADEME a construit un récit cohérent, décliné dans chaque secteur technique, économique et social, au travers de variables structurantes. La description des scénarios couvre les secteurs du bâtiment, de la mobilité des voyageurs et du transport de marchandises, de l'alimentation, de l'agriculture, des forêts, de l'industrie, des déchets et des services énergétiques (fossiles, biocarburants, gaz, hydrogène, chaleur/froid et électricité). Les 4 scénarios et les mots clefs qui les caractérisent sont les suivants :

 <p>S1 GÉNÉRATION FRUGALE</p>	 <p>S2 COOPÉRATIONS TERRITORIALES</p>	 <p>S3 TECHNOLOGIES VERTES</p>	 <p>S4 PARI RÉPARATEUR</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Frugalité contrainte • Villes moyennes et zones rurales • <i>Low-Tech</i> • 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 • Etalement urbain • Technologies incertaines • Economie mondialisée • Intelligence artificielle • Captage du CO₂ dans l'air • Agriculture intensive

Par ailleurs, au-delà des enseignements clés, ce travail a fait émerger six problématiques à mettre en débat :

- La sobriété : jusqu'où ?
- Peut-on s'appuyer uniquement sur les puits naturels de carbone pour atteindre la neutralité ?
- Qu'est-ce qu'un régime alimentaire durable ?
- Artificialisation, précarité, rénovation : une autre économie du bâtiment est-elle possible ?
- Vers un nouveau modèle industriel : la sobriété est-elle dommageable pour l'industrie française ?
- L'eau : enjeu majeur de l'adaptation au changement climatique

Résumé exécutif

Grâce aux quatre scénarios Transition(s) 2050, très contrastés, l'ADEME a déjà montré que la baisse des consommations d'énergie finale est nécessaire pour atteindre la neutralité carbone. Le levier de la décarbonation des énergies est insuffisant à lui seul. Les économies d'énergie sont nécessaires. Elles sont d'au moins 25 % dans les scénarios de Transition(s) 2050 ; la loi fixe même un objectif de réduction de la consommation d'énergie finale de – 50 % en 2050. Mais pour les mettre en œuvre, doit-on recourir uniquement à l'efficacité (par exemple par de meilleurs rendements permis par les technologies ou l'isolation des logements) ou la sobriété a-t-elle un rôle majeur (par exemple par la réduction individuelle de la consommation de viande ou par des changements d'organisation collective permettant d'accroître le recours aux mobilités douces)¹ ?

Nous présentons dans ce chapitre, quelques-uns des enseignements essentiels de cette étude qui porte sur le bâtiment, la mobilité et l'industrie. L'ensemble des enseignements se retrouve dans le [chapitre 3](#).

IMPACT SUR LES CONSOMMATIONS D'ENERGIE (voir [Graphique 1](#)):

- **au global, l'efficacité est, dans tous les scénarios, le principal levier de baisse des consommations d'énergie**, qu'elle permet de réduire d'au moins 40 % d'ici 2050. Toutefois, dans les scénarios où sa mise en œuvre est la plus importante (S3 et S4), elle s'accompagne d'une moindre mobilisation de la sobriété et d'effets rebond qui en limitent l'impact ;
- **la sobriété peut avoir une place très importante, avec un impact allant jusqu'à près de 30 % de baisse des consommations d'énergie finale**. Sa contribution est, au total, du même ordre de grandeur que celle de l'efficacité dans les scénarios 1 et 2. Ce chiffre peut être mis au regard de la baisse de 12 % de la consommation de gaz et d'électricité lors de l'hiver 2022-2023. Une sobriété plus structurelle peut donc permettre de maintenir, voire augmenter cet effet dans la durée ;
- la sobriété est majoritaire dans les baisses de consommations d'énergie du transport de voyageurs dans S1 et dans celles de l'industrie pour S1 et S2 (voir [Graphique 5](#) et [Graphique 8](#)). Pour ces deux secteurs, la sobriété correspond surtout à des baisses de demande et constitue un gisement très important d'économies d'énergie possibles ;
- en ce qui concerne les baisses de consommations d'énergie du secteur du bâtiment, l'enjeu principal est la rénovation. L'efficacité est donc logiquement le levier le plus mobilisé dans chaque scénario pour ce secteur ;
- la sobriété est le levier de baisse des consommations d'énergie dont l'importance fluctue le plus d'un scénario à l'autre (avec un écart de 39 points entre S1 et S4), illustrant l'incertitude liée à l'évolution des comportements et la mise en place de démarches de sobriété structurelle. Variant davantage que les autres leviers, la sobriété est déterminante dans le niveau de consommation d'énergie en 2050. En effet, plus un scénario est sobre, plus la réduction globale de la consommation d'énergie est importante.

IMPACT SUR LES EMISSIONS DE GES (voir [Graphique 2](#) [Graphique 4](#) [Graphique 3](#)):

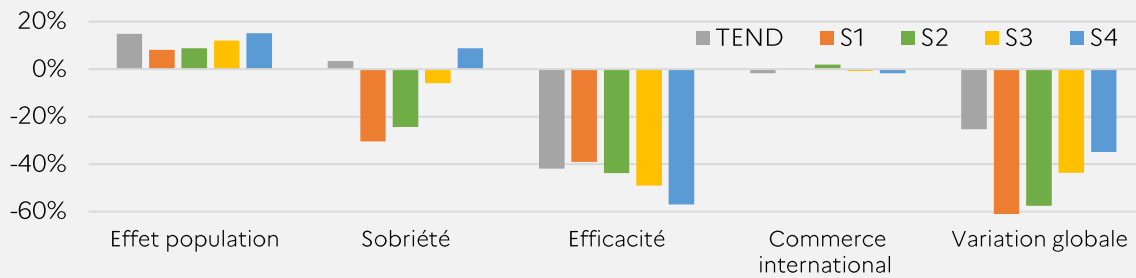
- **la décarbonation de l'énergie et des procédés est le premier facteur explicatif de la baisse des émissions de GES dans tous les scénarios**. Cela vient majoritairement de la décarbonation importante des différents vecteurs énergétiques. Ce levier est toutefois insuffisant (baisse maximale de 60 % des GES) pour abaisser les émissions à un niveau compatible avec les enjeux de neutralité carbone (entre – 78 et – 93 % selon les scénarios) ;
- **la sobriété peut avoir un rôle significatif dans la réduction des émissions**: elle concourt jusqu'à 30 % de cette réduction dans S1 et a un impact significatif dans S2 ;

¹ Voir le chapitre suivant pour des définitions plus précises de la sobriété et de l'efficacité.

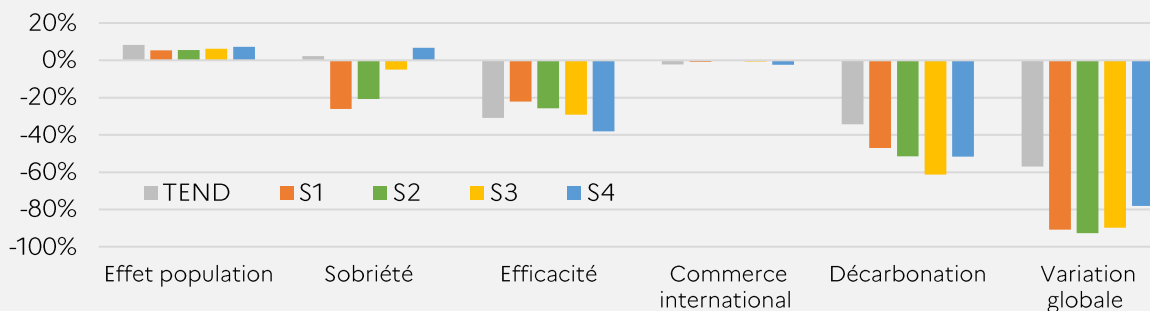
- les scénarios les plus sobres permettent une réduction plus rapide des émissions de GES et donc entraînent un réchauffement climatique global moindre, les émissions se cumulant dans l'atmosphère ;
- la sobriété peut être un levier rapide de décarbonation, dont l'impact CO₂ sera réduit à mesure que l'économie se décarbonera. En général, la sobriété a un impact sur les émissions de GES plus important avant 2030. En effet, après 2030, les usages et production étant davantage efficaces et décarbonés, l'effet de la sobriété est moindre.

Graphique 1 : Effets des différents leviers sur l'évolution de la consommation d'énergie finale de 2015 à 2050 des secteurs du transport (hors soutes), du bâtiment (résidentiel et tertiaire) et de l'industrie (y compris usages non énergétique)

Note de lecture : dans S1, la sobriété permet de réduire de 30 % les consommations d'énergie des secteurs étudiés de 2015 à 2050

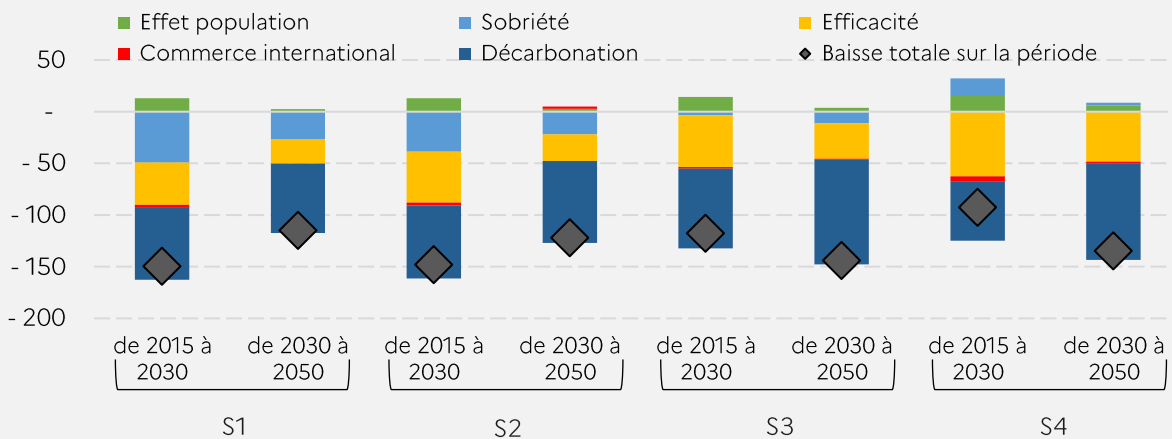


Graphique 2 : Effets des différents leviers sur les émissions de GES de 2015 à 2050 des secteurs du transport (hors soutes), du bâtiment (résidentiel et tertiaire) et de l'industrie (y compris usages non énergétique)



Graphique 3 : Effets des différents leviers sur les émissions de GES de 2015 à 2030 puis de 2030 à 2050 des secteurs du transport, du bâtiment (résidentiel et tertiaire) et de l'industrie (y compris usages non énergétique et hors soutes) (MtCO₂eq.)

Note de lecture : dans S3, le levier « efficacité » contribue à réduire les émissions de GES annuelles de 35 MtCO₂eq de 2030 à 2050, pour une réduction totale sur la même période de 144 MtCO₂eq.



SOMMAIRE

RAPPEL DES CONCLUSIONS DES PREMIERS TRAVAUX	3
RESUME EXECUTIF.....	4
1. LA SOBRIETE : DE QUOI PARLE-T-ON ?	7
1.1. Une définition	7
1.2. Les différentes temporalités de la sobriété.....	8
2. PRECISIONS METHODOLOGIQUES	9
2.1. Estimation <i>ex-post</i>	9
2.2. La méthode générale de calcul.....	9
2.3. Les différents types de levier	9
2.3.1. Évolution de la population.....	9
2.3.2. Efficacité et sobriété.....	10
2.3.3. Commerce international.....	10
2.3.4. Décarbonation	10
2.4. Périmètre de l'étude.....	10
2.5. Trois grands secteurs.....	11
2.5.1. Le bâtiment.....	11
2.5.2. La mobilité.....	11
2.5.3. L'industrie.....	12
2.6. Pas de temps	12
2.7. Les limites de cette étude	13
3. PRINCIPAUX RESULTATS.....	14
3.1. Evolution de la consommation d'énergie.....	14
3.1.1. Analyse globale.....	14
3.1.2. Mobilité	16
3.1.3. Résidentiel.....	17
3.1.4. Tertiaire.....	18
3.1.5. Industrie.....	19
3.2. Evolution des émissions de GES.....	20
3.2.1. Analyse globale.....	21
3.2.2. Mobilité.....	22
3.2.3. Résidentiel.....	23
3.2.4. Tertiaire.....	24
3.2.5. Industrie.....	25
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	26

1. La sobriété : de quoi parle-t-on ?

1.1. Une définition

Assimilée à la prudence, la modération ou la frugalité, la notion de sobriété trouve ses racines dans des traditions philosophiques et religieuses anciennes. Le sujet suscite un regain d'intérêt au XXe siècle, en lien avec des questionnements sur les modes de vie modernes, les systèmes productifs et consuméristes actuels et leurs conséquences sur l'environnement, le lien social et le « bien vivre ». Depuis le rapport du Club de Rome de 1972 qui expose « les limites à la croissance », de nombreux travaux ont été dédiés à la sobriété.

Depuis l'été 2022, la sobriété est très présente dans le débat public principalement en raison d'un contexte énergétique tendu. Toutefois, un certain flou entoure parfois l'usage de ce terme. L'ADEME en propose cette définition [1] :

Dans un contexte où les ressources naturelles sont limitées, la sobriété consiste à nous questionner sur nos besoins et à les satisfaire en limitant leurs impacts sur l'environnement. Elle doit nous conduire à faire évoluer nos modes de production et de consommation, et plus globalement nos modes de vie, à l'échelle individuelle et collective.

Cette approche est relativement similaire à celles des autres institutions publiant sur le sujet, comme le GIEC [2, p. 31] ou négaWatt [3].

En revanche, la définition de l'ADEME se distingue de deux manières d'une conception courante de la sobriété qui tend à en faire un synonyme d'économie d'énergie.

D'un côté, la définition de l'ADEME est plus circonscrite que l'usage courant du terme sobriété comme équivalent d'économie d'énergie. En effet, dans nombre de cas, les économies d'énergie sont possibles par des actions d'efficacité énergétique, qui est à distinguer de la sobriété. L'efficacité énergétique consiste à réduire les consommations d'énergie pour un service donné final inchangé. Par exemple, si une entreprise possédant des bureaux souhaite réduire la consommation d'énergie de son système de chauffage, elle peut le remplacer par un équipement plus performant. Ce nouveau système de chauffage consommera moins d'énergie pour un même service rendu. Ce sera une logique d'efficacité. Cette même entreprise peut aussi décider de réinterroger les besoins de chauffage de ses locaux et réduire la température de consigne du chauffage. Elle aura alors réduit sa consommation d'énergie par une démarche de sobriété.

D'un autre côté, une définition en termes de réinterrogation des besoins plutôt que simplement d'économie d'énergie permet une approche plus large. En effet, elle embrasse des domaines multiples (sobriété énergétique, sobriété matière, sobriété alimentaire, sobriété foncière...) relevant d'une logique commune. Parfois liées à l'énergie, ces autres dimensions de la sobriété ne s'y limitent pas. Dans l'exemple pris précédemment, une démarche globale de sobriété peut amener l'entreprise à réinterroger son besoin en surface de bureaux et éventuellement la réduire et s'inscrire dans une logique de sobriété foncière, en plus de réduire les consommations énergétiques de chauffage.

Dans la suite, nous nous intéresserons aux différentes dimensions de la sobriété, mais sous l'angle de la réduction des consommations d'énergie et des émissions de GES. Par exemple, la sobriété foncière mise en œuvre dans les scénarios a un impact sur l'énergie et les émissions de GES²; à ce titre elle sera considérée dans cette étude. Par ailleurs, la sobriété foncière peut aussi permettre de diminuer la pression sur les ressources et l'artificialisation des sols. De façon générale, les logiques de sobriété peuvent avoir d'autres objectifs ou co-bénéfices que la réduction des consommations d'énergie et des émissions de GES. Ces aspects n'entrent pas dans le champ de cette étude³.

Par ailleurs, nous utiliserons aussi dans la suite « ébriété », terme moins courant désignant le contraire de la sobriété.

² Pour être schématique : moins de surface de bâtiment implique moins de chauffage et donc moins d'énergie et moins d'émissions de GES

³ Pour autant, ces impacts ne sont pas ignorés puisqu'ils ont été étudiés dans les feuillets *Ressources et matériaux pour la transition énergétique et Sols*

Précisons enfin que ces clarifications conceptuelles permettent une discussion plus précise mais ne visent pas à opposer sobriété et efficacité. Il s'agit de deux leviers à considérer et activer de façon complémentaire.

1.2. Les différentes temporalités de la sobriété

Depuis l'été 2023, la notion de sobriété a été mise en avant dans le débat public comme le constat d'un besoin de réduire rapidement nos consommations d'énergie et ce dans le but de faire face aux prix élevés de l'énergie, aux risques de coupure sur le réseau électrique et à la difficulté d'approvisionnement en gaz depuis le début de la guerre en Ukraine. Dans ce contexte particulier toutes les actions activables rapidement étaient jugées bonnes à prendre. Qu'elles qu'en soient les causes, il est à noter que des réductions des consommations d'énergie ont bien été mises en place (12 % de réduction de la consommation de gaz et d'électricité).

Combinées à un rétablissement du niveau de disponibilité du parc nucléaire et d'une météo favorable, ces baisses de consommation ont permis de maintenir les risques de coupure sur le réseau électrique à un niveau faible et finalement de les éviter.

Il pourrait être tentant d'en tirer certains enseignements erronés sur la sobriété énergétique. En particulier, il ne faudrait pas conclure de cet épisode, que la sobriété se résume à des comportements individuels, qu'elle est toujours facile et rapide à mettre en place, ou encore qu'elle n'est utile qu'en hiver.

Au contraire, il semble primordial de maintenir les économies d'énergie mises en place et les structurer dans une démarche globale dépassant la réaction de court-terme de recherches d'économies d'énergie immédiates, en passant d'une sobriété principalement comportementale à une sobriété plus structurelle et pérenne. D'une part parce que la situation énergétique tendue peut se répéter, d'autre part parce que la réduction de la consommation d'énergie participe à d'autres objectifs. En particulier, l'atteinte de la neutralité carbone nécessite une réduction des consommations d'énergie et comme on le verra, la sobriété est un outil important dans cette optique. Enfin, l'ADEME encourage une démarche de sobriété globale dépassant la sobriété énergétique.

2. Précisions méthodologiques

2.1. Estimation ex-post

Les scénarios ont été construits *a priori* du plus sobre (S1) au moins sobre (S4). Pour autant, lors de la construction des scénarios, la part de la sobriété n'a pas été chiffrée *a priori*, ni estimée au fur et à mesure de la modélisation des scénarios. Pour cette étude, il a donc été nécessaire de retracer les hypothèses et les calculs permettant d'aboutir aux données d'émissions de GES et de consommations d'énergie des différents scénarios, pour estimer *ex-post* la part de la sobriété et des autres leviers.

2.2. La méthode générale de calcul

La méthode générale de calcul peut être résumée en quelques étapes pour les consommations d'énergie :

- la consommation d'énergie finale est exprimée par la somme des consommations de plusieurs sous-secteurs ;
- pour chaque sous-secteur, la consommation d'énergie est exprimée sous forme d'équation de Kaya⁴ ;
- la méthode LMDI permet de passer d'une équation de Kaya multiplicative à une décomposition additive des effets⁵ ;
- chaque facteur de la décomposition additive est affecté à un ou plusieurs types de leviers ;
- disposant de la contribution des différents types de leviers à l'évolution des consommations d'énergie des différents sous-secteurs, par addition, il est possible d'en déduire la contribution globale ou par secteur des différents types de leviers.

La décomposition des émissions de GES est réalisée de la même façon.

2.3. Les différents types de levier

2.3.1. Évolution de la population

Pour déterminer les effets des différents leviers sur les consommations d'énergie et les émissions de GES, il faut fixer un point de référence. Les séries de données utilisées dans le cadre de Transition(s) 2050 ont pour point de départ 2015, mais expliquer l'évolution des consommations d'énergie de 2015 à 2050 uniquement par des changements liés à la sobriété ou à l'efficacité pose un problème. En effet, cela revient à mettre de côté l'effet de l'évolution de la population. On peut dire en première approximation que, sans aucune sobriété ou efficacité, les consommations d'énergie ne seraient pas constantes mais suivraient le taux de croissance de la population.

C'est pourquoi nous avons introduit dans tous les sous-secteurs et tous les scénarios, un facteur « population ». Il permet de prendre en compte l'évolution « normale » des consommations et des émissions du fait de l'évolution de la population. Rappelons que l'évolution de la population est la même dans les 4 scénarios et correspond à une augmentation modérée (scénario médian, INSEE 2017).

Pour l'industrie et les transports, ce paramètre ne prend en compte que l'évolution de la population.

Pour le bâtiment (résidentiel comme tertiaire), un calcul légèrement plus complexe a été fait. Le facteur « population » choisi correspond à l'augmentation tendancielle de la surface des logements et du nombre d'équipements. Cela inclut donc l'effet de l'évolution de la population, mais aussi de l'évolution tendancielle des surfaces et du nombre d'équipements par personne. La logique est, comme dans les

⁴ Par exemple, pour chaque sous-secteur des transports, les consommations d'énergie sont égales à la multiplication des variables suivantes : la demande globale de transport, un indice de report modal, le taux de remplissage, l'efficacité énergétique des véhicules. Pour plus de détails voir [8].

⁵ Le principe est de passer d'une équation de Kaya du type : $E = X_1 \times X_2 \times X_3$ où les X_i sont les paramètres déterminant le niveau de consommation d'énergie à une décomposition additive des effets du type : $\Delta E = x_1 + x_2 + x_3$ où ΔE est la variation de la consommation d'énergie et x_i représente la contribution de l'évolution du paramètre X_i à l'évolution de la consommation d'énergie.

autres secteurs, de considérer une évolution normale (celle qui aurait lieu sans mesure d'efficacité ou sobriété) du niveau de consommation du secteur.

Les données sous-jacentes au calcul de cet effet « population » sont communes à tous les scénarios. Néanmoins, l'effet calculé varie d'un scénario à l'autre (voir par exemple le **Graphique 4**). En effet, l'augmentation de la population a un impact d'autant plus important que la consommation globale est élevée.

2.3.2. Efficacité et sobriété

En cohérence avec les définitions mentionnées dans le **chapitre 1**, certains facteurs d'évolution des consommations d'énergie ou d'émissions de GES sont classés complètement ou partiellement comme relevant de la sobriété ou de l'efficacité.

2.3.3. Commerce international

Pour l'industrie, le niveau de production est un facteur déterminant des niveaux de consommation et des émissions. Il est lui-même déterminé par le niveau de demande et la balance commerciale.

En effet, toute chose égale par ailleurs, une balance commerciale en augmentation correspondant globalement à une relocalisation de la production aura pour effet une augmentation de la production et donc de la consommation d'énergie.

Le facteur « commerce international » représente l'effet de l'évolution de la balance commerciale et donc des dynamiques de relocalisation ou délocalisation. Pour l'analyse d'un exemple concret, voir le **chapitre 3.1.5**.

2.3.4. Décarbonation

Les émissions peuvent se diviser en deux types :

- les émissions de GES liées à l'énergie qui dépendent de la consommation d'énergie et de l'intensité carbone de l'énergie. Le facteur « décarbonation » intègre la baisse de cette dernière, qui peut être due à deux dynamiques différentes : la décarbonation d'un vecteur énergétique donné (par exemple l'électricité ou le gaz de réseau) ou le changement de vecteur énergétique ;
- les émissions non énergétiques ou émissions de procédés. Le facteur « décarbonation » intègre aussi l'évolution des niveaux des émissions non énergétiques due aux changements de procédés (en vue de leur décarbonation).

Sauf mention explicite du contraire, les émissions considérées ici sont les émissions territoriales et non l'empreinte carbone [4].

2.4. Périmètre de l'étude

L'étude porte sur les consommations finales et émissions de GES (avant captage éventuel de CO₂) des transports, des bâtiments (résidentiels et tertiaires) et de l'industrie. L'agriculture, quatrième secteur consommateur d'énergie après les trois précédemment cités, n'a pas été incluse pour des contraintes méthodologiques liées à la forme des données et des outils utilisés ainsi que des contraintes de temps. L'agriculture est tout de même indirectement incluse dans l'analyse via ses besoins en biens industriels modélisés dans les filières industrielles considérées (par exemple la filière ammoniac pour les engrais). Les consommations d'énergie des technologies de captage et stockage de carbone (CCS) sont aussi exclues. Les soutes internationales ne sont pas non plus incluses dans les chiffres présentés.

La modélisation des secteurs industriels a été faite au périmètre CEREN, qui inclut certains usages non énergétiques (par exemple l'usage du charbon comme réducteur dans les hauts-fourneaux). D'autres ne le sont pas. En effet, certains intrants matière sont hors périmètre CEREN mais comptabilisés dans certains bilans de consommation énergétique (notamment le bois comme intrant de l'industrie du bois).

La méthode générale indiquée précédemment est déclinée différemment dans ces trois secteurs. Dans la suite, nous donnons quelques informations sur cette déclinaison, utiles à la bonne compréhension des résultats.

2.5. Trois grands secteurs

2.5.1. Le bâtiment

La méthode et les résultats pour le bâtiment sont adaptés d'une étude de l'ADEME et d'Enerdata [5].

Les consommations et émissions du tertiaire et du résidentiel sont décomposées en différents usages. Pour chaque usage une équation de Kaya est établie puis convertie en décomposition additive, faisant apparaître les facteurs suivants :

- l'effet de l'augmentation de l'activité : comme décrit ci-dessus, cet effet est principalement celui de l'évolution de la population. Bien qu'il ne s'y limite pas dans le cas du bâtiment (voir **chapitre 2.3.1**), par soucis de lisibilité des résultats, on nomme cet effet « population » dans tous les secteurs, y compris le bâtiment ;
- la sobriété/l'ébriété. Elles se décomposent en :
 - la sobriété/l'ébriété d'activité qui correspond à la réduction/l'augmentation de l'activité (*i.e.* du nombre d'équipements et des surfaces) par rapport au scénario tendanciel
 - la sobriété/l'ébriété d'usage : la réduction de l'intensité d'utilisation des équipements
- les gains d'efficacité énergétique, *i.e.* la réduction de la consommation d'énergie pour un usage donné ;
- la décarbonation de l'énergie : la réduction des émissions de GES pour une consommation d'énergie donnée.

On retrouve facilement la décomposition générale décrite précédemment (population, sobriété, efficacité, décarbonation). Pour le bâtiment, il n'y a pas d'effet du commerce international.

2.5.2. La mobilité

La consommation et les émissions pour la mobilité sont séparées en transport de marchandises et mobilité des personnes. Dans les deux cas, elles sont ensuite détaillées en consommations et émissions par mode de transport.

Pour chaque sous-secteur ainsi obtenu (par exemple, le transport de marchandises par camion), la consommation et les émissions sont exprimées sous forme d'équation de Kaya faisant intervenir les facteurs suivants :

- la population
- la demande de transport globale par habitant
- le taux de remplissage : taux d'occupation en passagers par véhicule pour la mobilité des personnes et taux de chargement en tonnes par véhicule pour le transport de marchandises
- le report modal
- la consommation d'énergie par km
- le contenu carbone de l'énergie

Ensuite, chaque équation de Kaya multiplicative est transformée en une décomposition additive faisant apparaître la contribution de l'évolution de chacun des facteurs ci-dessus. Puis l'évolution de chacun de ces facteurs est attribuée aux différents leviers. Cette attribution dépendant du scénario, elle peut différer de 2030 à 2050 ainsi qu'entre le transport de marchandises et la mobilité des personnes, en fonction de la logique des scénarios :

- l'effet de l'évolution de la population correspond naturellement au levier « population »
- l'effet de l'évolution de la demande par habitant relève de la sobriété ou de l'ébriété.
- l'effet de l'évolution du taux de remplissage relève principalement de la sobriété. Toutefois, une partie de l'amélioration du taux de remplissage peut se faire par la mise en place de nouveaux outils techniques qui en diminuent le coût et la complexité, s'inscrivant aussi dans une logique d'efficacité.

- pour les mêmes raisons, **l'effet du report modal** relève majoritairement de la sobriété et parfois en partie de l'efficacité.
- **l'évolution de la consommation énergétique unitaire** correspond surtout à des gains d'efficacité énergétique des véhicules (levier efficacité), mais peut aussi venir de la limitation des vitesses de circulation ou de la taille des véhicules achetés (levier sobriété).
- **l'évolution de l'intensité carbone** correspond au levier décarbonation.

2.5.3. L'industrie

La consommation et les émissions de l'industrie sont décomposées en quelques dizaines de sous-secteurs industriels. Pour chacun d'entre eux, les émissions et consommations d'énergie sont exprimées sous forme d'une équation de Kaya, transformée par la méthode LMDI en une décomposition additive permettant de faire apparaître les effets de :

- **l'évolution de la population** (correspond au levier « population »)
- **l'évolution de la demande.** L'effet global de l'évolution des niveaux de demande est considéré comme étant intégralement un effet de la sobriété ou de l'ébriété. Deux remarques s'imposent :
 - premièrement, le niveau de demande vient des contraintes et choix des secteurs consommateurs des biens industriels. La sobriété en question apparaît dans les chiffres et graphiques comme la sobriété de l'industrie. En réalité, il s'agit de l'effet de logiques de sobriété mises en place dans d'autres secteurs. Par exemple, la baisse du niveau construction de logements neufs du fait de la sobriété foncière se traduira (notamment) par la baisse du niveau de demande de certains matériaux et apparaîtra donc dans nos chiffres dans la sobriété de l'industrie.
 - deuxièmement, l'effet global de sobriété ainsi mesuré prend en compte les effets de baisse de consommation de produits finaux engendrant une baisse de demande. Il prend aussi en compte des substitutions de matériaux ou de produits finis. Par exemple, si l'on remplace une partie des nouvelles constructions en béton par des constructions en bois, les secteurs industriels liés au béton (en premier lieu le ciment) vont voir leur demande diminuer et ceux du bois augmenter. L'effet global de cette substitution sur les consommations et émissions sera considéré comme de la sobriété dans les calculs. La production de bois demandant moins d'énergie que celle de béton, le passage d'un matériau à l'autre sera bien comptabilisé comme un effet d'une logique de sobriété.
- **l'évolution du commerce international** (correspond au levier « commerce international », voir [chapitre 2.3.3](#))
- **l'augmentation du taux de recyclage.** Cela permet de réduire la demande en matériaux vierges d'une partie de la chaîne de production (ou de solliciter une partie de la chaîne de production au détriment d'une autre plus énergivore) et *in fine*, de consommer moins d'énergie. Par exemple dans la filière papier/carton, l'augmentation du taux de recyclage entraîne une plus grande disponibilité de matière première recyclée, une augmentation des volumes de production de pulpe recyclée et une baisse des volumes de production de pulpe vierge. Cela se traduit globalement par une baisse de la consommation d'énergie et des émissions de GES, baisse imputable au levier « efficacité ».
- **l'évolution de l'efficacité énergétique**, attribuée au levier « efficacité ».
- **la décarbonation de l'énergie et des procédés**, correspondant au levier « décarbonation ». Une partie des émissions de GES de l'industrie provient des procédés sans lien direct avec des usages énergétiques. Ces procédés peuvent être susceptibles d'être transformés pour réduire ces émissions : c'est la décarbonation des procédés. Par exemple, l'introduction de la technologie de l'anode inerte permet de réduire les émissions des procédés de la production d'aluminium [6].

2.6. Pas de temps

La méthode décrite jusqu'à maintenant est appliquée à plusieurs périodes, avec un pas de temps différents selon les secteurs. Dans tous les cas, un point de passage à 2030 est calculé.

La décomposition en plusieurs périodes a un impact non négligeable sur les résultats (*i.e.* sur la contribution calculée des différents facteurs). Pour prendre un exemple extrême, supposons que tout le monde réduise ses besoins de chauffage de 90 % puis dans un second temps que l'énergie utilisée pour le chauffage soit décarbonée à 100 %. Si l'on applique la méthode décrite ci-dessus directement à la période totale, on ne tiendra pas compte de l'ordre chronologique de la réduction de la demande et de la décarbonation⁶ et l'on trouvera que la réduction des émissions de GES est due à 100 % à la décarbonation de l'énergie. Si au contraire on utilise un pas de temps permettant de calculer plusieurs décompositions puis de les sommer, on trouvera que la réduction globale des émissions est permise à 90 % par la réduction de la demande et à 10 % par la décarbonation de l'énergie.

L'introduction d'un pas de temps permet d'utiliser au mieux les hypothèses des différents scénarios et d'obtenir des résultats plus précis.

2.7. Les limites de cette étude

- seuls les trois secteurs les plus consommateurs d'énergie sont considérés (voir [chapitre 2.4](#)) ;
- l'affectation des facteurs déterminant la consommation d'énergie et les émissions de GES aux différents types de leviers (sobriété, efficacité...) est faite « à dire d'expert » et donc contient fatalement une part de subjectivité (toutefois, notre approche rejoint les analyses disponibles sur le sujet pour les différents secteurs, voir par exemple [\[7\]](#)). En particulier, les baisses de la demande adressées aux différents secteurs industriels, ne relèvent en réalité probablement pas uniquement de logiques de sobriété ;
- les calculs de cette étude ont été effectués à partir des données de Transition(s) 2050. Ils ne tiennent pas en compte ce qui s'est passé depuis les phases de modélisation de ce projet (terminées en 2021). De plus, toutes les approximations ou simplifications qui ont dû être faites dans les modélisations de Transition(s) 2050 se répercutent dans cette étude ;
- il n'y a pas de méthode s'imposant *a priori* pour gérer la chronologie des différents changements entraînant des évolutions de consommation d'énergie. La méthode LMDI modélise une application simultanée des différents changements (voir [chapitre 2.2](#)). La chronologie se fait uniquement par le pas de temps des calculs (voir [chapitre 2.6](#)). Pour l'industrie, nous n'avons utilisé que deux périodes (2015 – 2030 et 2030 – 2050) ;
- la manière de définir un facteur « population », représentant l'évolution normale de l'activité a une part d'arbitraire. Les choix faits pour l'industrie et les transports d'un côté et pour le bâtiment de l'autre, diffèrent dans le détail (voir [chapitre 2.3.1](#)).

⁶ La méthode LMDI ne prend en compte aucune chronologie, c'est justement l'un de ses intérêts. L'ordre d'application des différents changements affectant les consommations et émissions n'est pris en compte que par l'application d'un pas de temps.

3. Principaux résultats

3.1. Evolution de la consommation d'énergie

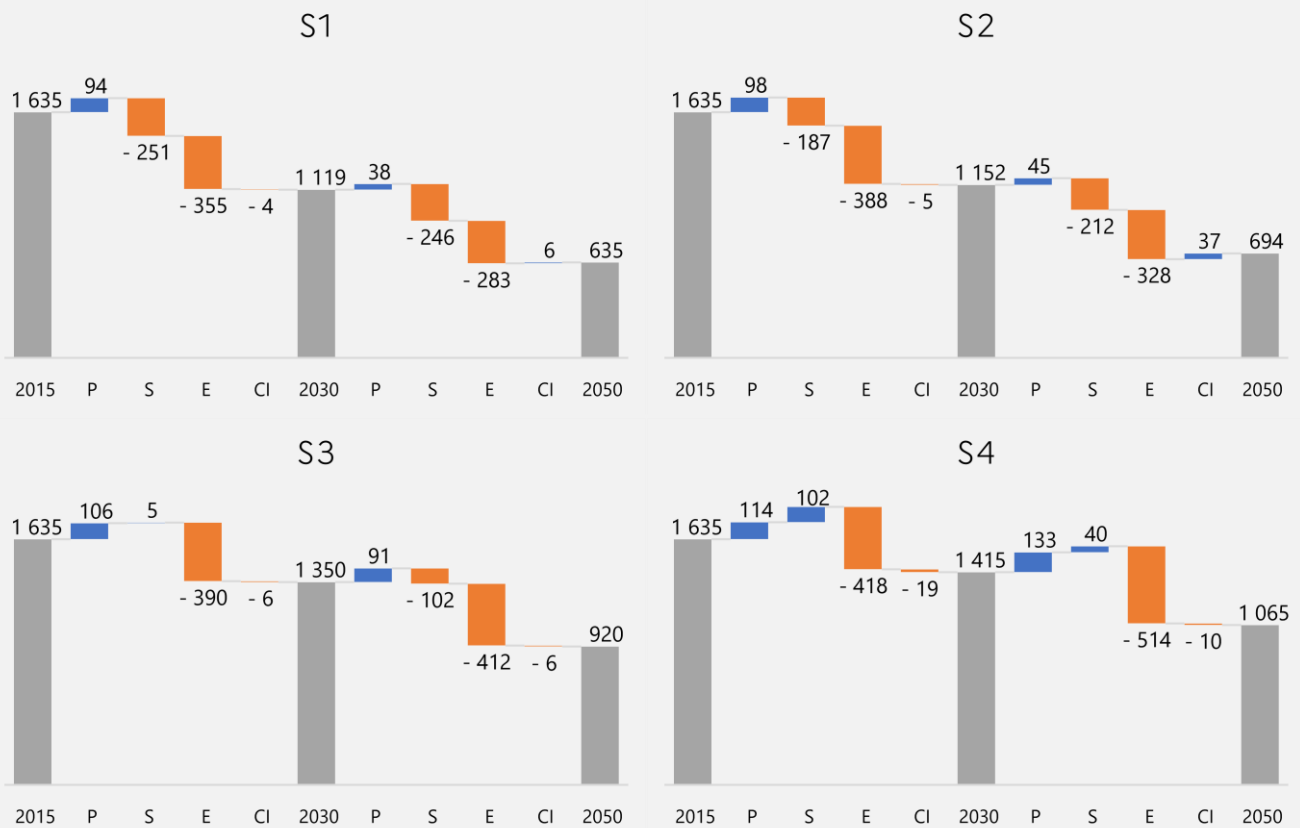
3.1.1. Analyse globale

Le *Graphique 4* ci-dessous permet de voir l'évolution des consommations d'énergie finales totales pour les secteurs étudiés entre 2015 et 2050 avec un point de passage à 2030, ainsi que les contributions des différents types de levier sur chacune des deux périodes.

Graphique 4 : Effets des différents leviers sur l'évolution de la consommation d'énergie finale des secteurs du transport, du bâtiment et de l'industrie de 2015 à 2030 et de 2030 à 2050, dans chaque scénario (TWh)

Lecture : dans S1, la consommation d'énergie des secteurs étudiés était de 1635 TWh en 2015. Elle passe à 1119 TWh en 2030. Cette baisse est permise notamment par des logiques de sobriété qui contribuent pour 251 TWh à cette baisse. Au contraire l'augmentation de la population a pour effet une augmentation de 94 TWh sur la même période.

Lecture de l'axe des abscisses : P pour « effet population », S pour « sobriété », E pour « efficacité » CI pour « commerce international »,



Le premier enseignement est que l'analyse quantitative *ex-post* confirme les critères qualitatifs *ex-ante* de construction des scénarios à savoir qu'ils sont bien classés du plus sobre (S1) au moins sobre (S4). C'est également le cas pour chaque secteur pris séparément.

On observe également que plus le scénario est sobre, plus la baisse globale de consommation d'énergie est importante. C'est directement lié au fait que le recours à la sobriété varie plus largement d'un scénario à l'autre que l'efficacité. Dans les scénarios moins sobres, le fait de se priver de certaines actions de sobriété possibles n'est pas complètement compensé par le recours plus important à des mesures d'efficacité.

Dans tous les scénarios, l'efficacité est le levier le plus important pour réduire les consommations d'énergie principalement en raison de la forte mobilisation de la rénovation des bâtiments.

Toutefois, l'importance du recours à la sobriété varie grandement d'un scénario à l'autre. Dans les deux scénarios les plus sobres, elle est du même ordre de grandeur que celle de l'efficacité (30 % contre 39 %

dans S1, 24 % contre 44 % dans S2). Au contraire, le scénario 4 présente au global une légère ébriété, compensée par d'avantage d'efficacité. En cumulé, on peut voir que la mobilisation des différents facteurs de réduction de la consommation d'énergie est assez proche sur les périodes avant 2030 et de 2030 à 2050. Comme on le verra plus tard, des différences peuvent s'observer dans certains sous-secteurs.

En route vers un scénario encore plus sobre ?

Durant l'hiver 2022-2023, il a beaucoup été question de sobriété. Comme expliqué auparavant (voir [chapitre 1.2](#)), cela a permis de réduire les consommations d'énergie. Au total, les consommations de gaz et électricité ont baissé de 12 %, alors que dans nos scénarios, les baisses permises par la sobriété d'ici 2030 sont « seulement » de 15 et 11 % pour les scénarios les plus sobres. Est-on sur le chemin d'un scénario encore plus sobre ? Ce n'est pas si simple, pour de nombreuses raisons :

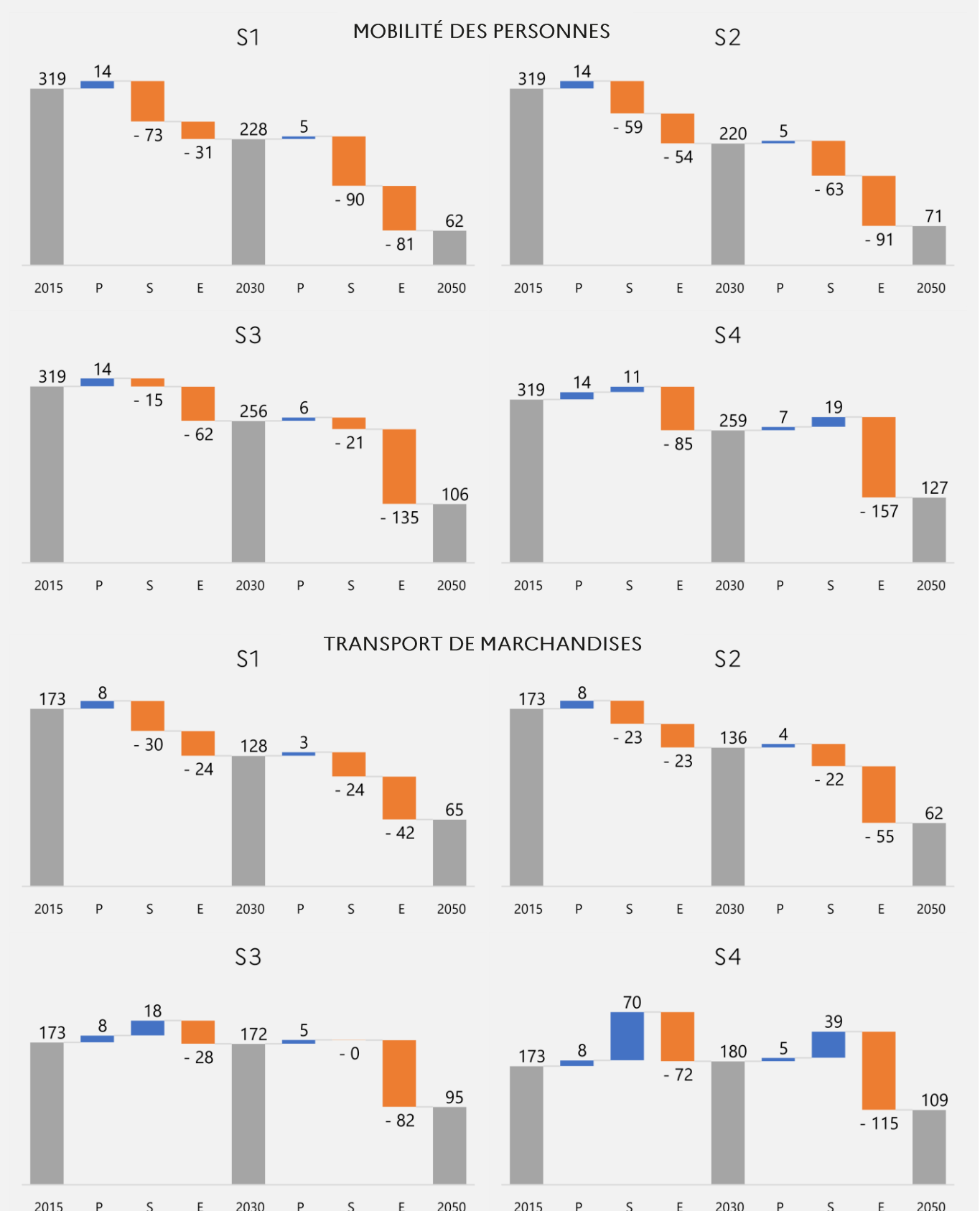
- cette baisse de 12 % ne correspondent qu'aux consommations de gaz et d'électricité. En particulier, elle n'inclut pas la consommation de carburants ;
- les premiers pourcents de réduction de consommation sont souvent les plus simples à atteindre. Par exemple, la chasse aux gaspillages qui pouvaient exister en période de faible coût de l'énergie est plus simple à mettre en œuvre que des changements structurels permettant les économies ultérieures.
- de plus, un effort donné produit des économies d'énergie d'autant plus grandes que l'on est peu efficace. Donc les efforts consentis durant l'hiver 2022/2023, s'ils sont maintenus dans le temps, permettront au global moins d'économies d'énergie à l'avenir. C'est en particulier le cas pour le chauffage des logements à 19 °C. En se projetant à 2050 avec un parc entièrement performant énergétiquement, l'enjeu associé à la température de consigne sera bien moindre qu'aujourd'hui.
- bien qu'elle puisse sembler majoritaire, on ne peut affirmer que la sobriété seule a permis cette baisse.
- une part de la réduction a été possible grâce à des économies de chauffage, qui mécaniquement ne seront pas maintenues hors hiver. Réduire les consommations de 12 % en hiver n'implique pas de pouvoir les réduire de 12 % sur l'ensemble de l'année. Toutefois, les données sur les mois de 2023 depuis la sortie de l'hiver semblent indiquer que les réductions de consommation d'énergie sont maintenues.
- les baisses de consommation (et notamment de chauffage) ont pu, pour certaines, être consenties en tant que privation de court-terme et contribution à un effort important pour répondre à une situation de crise. Il n'est pas certain que ce niveau d'effort individuel puisse être reproduit ne serait-ce que l'hiver 2023/2024.

3.1.2. Mobilité

Graphique 5 : Effets des différents leviers sur l'évolution de la consommation d'énergie du transport de voyageurs et de marchandises de 2015 à 2030 et de 2030 à 2050, dans chaque scénario (TWh)

Lecture : dans S2, les mesures d'efficacité permettent de réduire de 91 TWh la consommation d'énergie annuelle du transport de voyageurs entre 2030 et 2050.

Lecture de l'axe des abscisses : P pour « effet population », S pour « sobriété », E pour « efficacité »



On peut observer dans le **Graphique 5** que la baisse de consommation d'énergie due à la sobriété peut être très importante : jusqu'à 51% de la consommation de 2015 dans S1 pour le transport de voyageurs. La sobriété est le premier facteur de baisse de la consommation d'énergie des transports dans le scénario 1, devant l'efficacité. La sobriété vient majoritairement de la baisse de la demande de transport globale (pour les marchandises comme pour les voyageurs), devant le report modal.

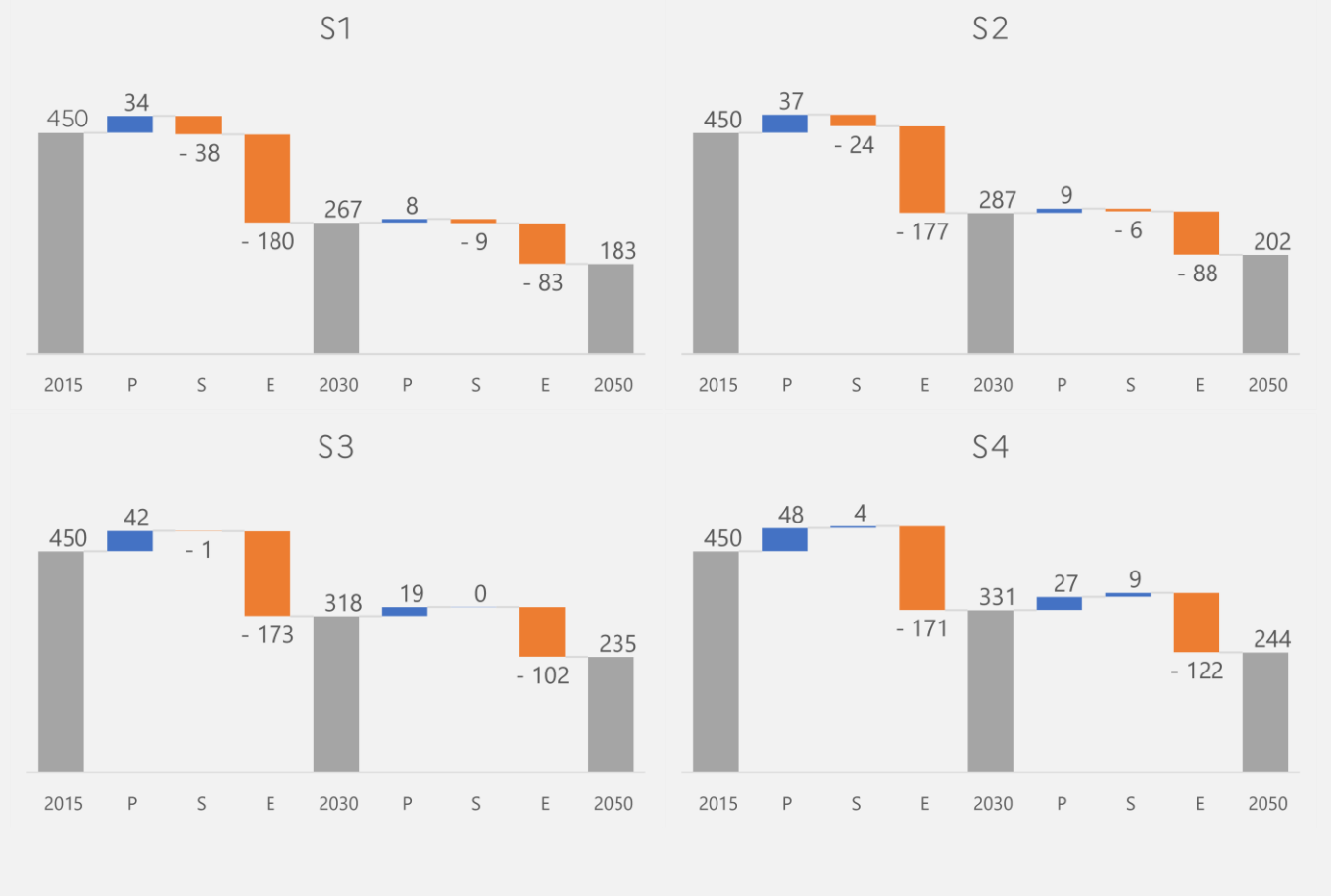
Ce résultat est intéressant à deux titres au moins. D'une part, il montre l'importance capitale que peut avoir la sobriété pour les transports. D'autre part, il met en évidence un gisement d'économies d'énergie possibles grâce à la sobriété dans un domaine qui a été peut-être moins évoqué dans la couverture médiatique récente de la sobriété.

Pour ce qui est des autres scénarios, l'effet de la sobriété est du même ordre de grandeur que celui de l'efficacité dans S2. Le scénario 3 présente une ébriété non négligeable pour le transport de marchandises alors que S4 présente une légère ébriété pour le transport de voyageurs et une forte ébriété pour le transport de marchandises. Dans les deux cas, la demande de transport augmente. En supplément pour le transport de marchandises, le taux de remplissage se dégrade fortement à cause de la poursuite de la tendance à la désagrégation des flux⁷. Ces deux effets sont compensés par un recours accru à des mesures d'efficacité, en particulier des gains d'efficacité énergétique des véhicules.

3.1.3. Résidentiel

Graphique 6 : Effets des différents leviers sur l'évolution de la consommation d'énergie du secteur résidentiel de 2015 à 2030 et de 2030 à 2050, dans chaque scénario (TWh)

Lecture : dans S4, l'ébriété cause une augmentation de la consommation annuelle du secteur résidentiel de 9 TWh entre 2030 et 2050.
Lecture de l'axe des abscisses : P pour « effet population », S pour « sobriété », E pour « efficacité »



⁷ On observe, en particulier pour la livraison de l'e-commerce, une recherche de réduction des délais de livraison se traduisant par une conversion d'une partie du transport par des poids-lourds vers le transport par VUL moins remplis, détériorant le niveau de remplissage. Cette tendance ralentit faiblement dans S4.

Dans les quatre scénarios, la consommation d'énergie du secteur résidentiel baisse de moitié environ. Plus le scénario est sobre, plus cette baisse est importante, avec des différences d'un scénario à l'autre toutefois moindres que pour les autres secteurs.

L'enjeu principal pour le secteur résidentiel est la baisse des consommations d'énergie et des émissions de GES liées au chauffage des logements (69 % de la consommation énergétique des bâtiments résidentiels en 2015). Pour ce faire, le principal moyen employé dans tous les scénarios est la rénovation thermique des bâtiments existants. La rénovation relevant d'une logique d'efficacité, on peut voir que le principal levier de baisse des consommations d'énergie est l'efficacité dans tous les scénarios.

La sobriété est tout de même mobilisée de façon non négligeable dans les scénarios 1 et 2 où elle représente respectivement 17 % et 12 % de la baisse globale des consommations.

La majeure partie des économies d'énergie liées à la sobriété sont effectuées avant 2030. Par exemple, entre 2015 et 2030, la sobriété permet un gain de 35 TWh dans S1, quand le gain total sur l'ensemble de la période 2015-2050 est de 39 TWh. Cela s'explique à la fois par le fait que les actions de sobriété dans le résidentiel se mettent en place dès 2020 dans les scénarios, mais également que les gains associés à la sobriété se réduisent mécaniquement en seconde période grâce à la progression de l'efficacité (le fait de moins utiliser un appareil performant permet moins d'économies que de moins utiliser un appareil non performant).

La sobriété d'activité, c'est-à-dire celle liée en particulier à une plus grande cohabitation dans les logements permettant de ralentir la baisse du nombre de personnes par ménage et à une intensification d'usage des bâtiments *via* notamment le ré-investissement des logements vacants et des résidences secondaires permettant de limiter la croissance de ce parc, est celle qui joue en premier sur les économies d'énergie en phase d'usage des bâtiments, devant la sobriété d'usage, consistant à limiter l'usage des équipements.

Les efforts de sobriété portent principalement sur les équipements ménagers et électroniques (« produits blancs et bruns »), devant le chauffage. Au contraire, et compte tenu de l'importance de la rénovation, l'efficacité permet surtout des économies de chauffage (environ 80 % de l'impact de l'efficacité dans tous les scénarios).

Les logiques de sobriété sont majoritaires (devant l'efficacité) dans S1 pour certains sous-secteurs (consommation des équipements ménagers et électroniques, consommation des résidences secondaires). Toutefois ces sous-secteurs sont minoritaires dans les consommations globales du secteur, dominées par celles du chauffage.

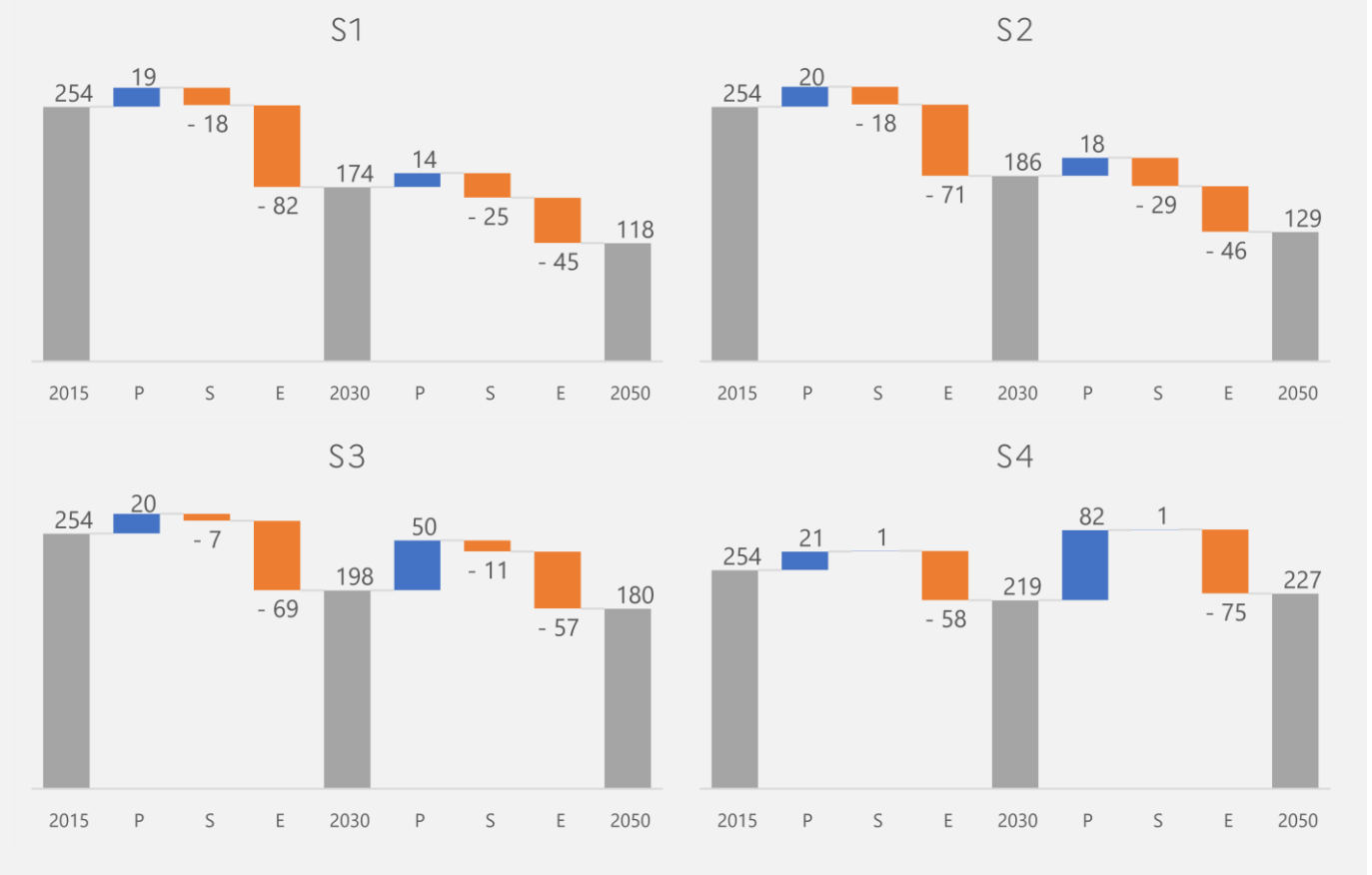
3.1.4. Tertiaire

Les chiffres pour le secteur tertiaire présentent un certain nombre de dynamiques communes avec le secteur résidentiel.

On peut toutefois noter qu'à l'inverse du résidentiel, la sobriété dans le tertiaire est davantage mobilisée après 2030. Cela s'explique par le fait que la sobriété est principalement due à la limitation des surfaces utilisées (par rapport à 2015 dans S1 et S2 et par rapport au scénario tendanciel dans S3). Or cette sobriété immobilière est plus longue à mettre en œuvre.

Graphique 7 : Effets des différents leviers sur l'évolution de la consommation d'énergie du secteur tertiaire de 2015 à 2030 et de 2030 à 2050, dans chaque scénario (TWh)

Lecture : dans S2, l'efficacité permet de réduire de 71 TWh la consommation annuelle du secteur tertiaire entre 2015 et 2030.
Lecture de l'axe des abscisses : P pour « effet population », S pour « sobriété », E pour « efficacité »



3.1.5. Industrie

La sobriété (ici la baisse de la demande) est le levier majoritaire de réduction des consommations d'énergie dans les deux premiers scénarios. Elle contribue jusqu'à 83 % (S1) de la baisse globale.

L'efficacité est le principal levier dans les scénarios 3 et 4.

La part de la sobriété est du même ordre de grandeur que celle de l'efficacité dans S3. La sobriété y est mobilisée après 2030. Dans S3, l'industrie la plus contributrice à cet effet est la chimie organique, notamment la production d'oléfines dont la demande baisse drastiquement après 2030, en particulier pour les emballages et la construction. Dans S1 et S2, aux côtés de la chimie organique, l'effet sobriété est fortement porté par la baisse de la demande en acier.

Le dernier scénario quant à lui présente d'abord une légère ébriété puis une légère sobriété.

On observe que les contributions des autres leviers varient nettement moins d'un scénario à l'autre. En conséquence, le niveau de consommation d'énergie de l'industrie en 2050 dépend en premier lieu de l'ampleur du recours à la sobriété. Ainsi, plus le scénario est sobre, plus la consommation d'énergie baisse, la moindre mobilisation de la sobriété n'étant que faiblement compensée par les autres leviers dans les scénarios les moins sobres.

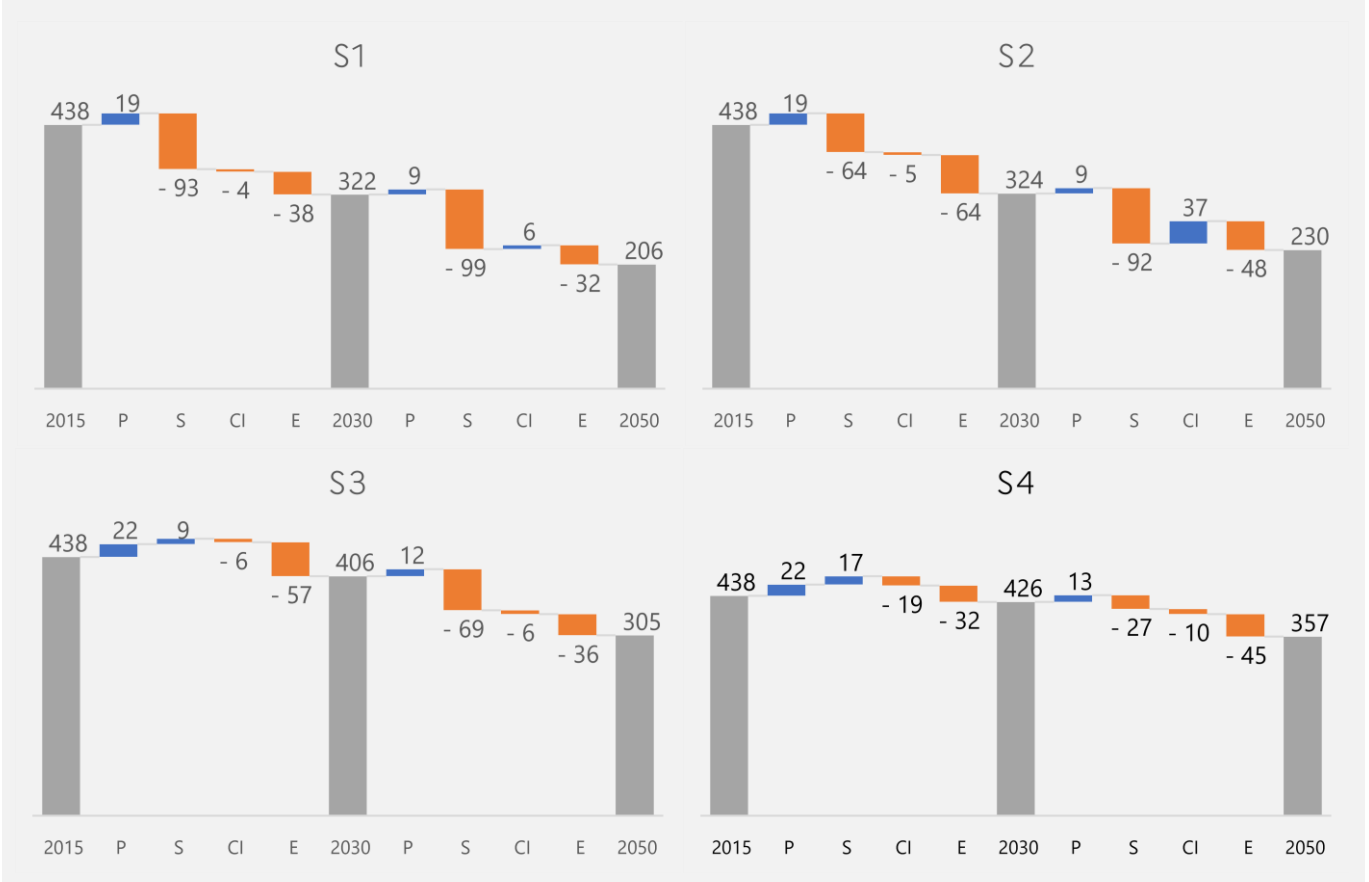
La contribution de l'efficacité vient principalement de l'efficacité énergétique largement devant l'efficacité matière (i.e. augmentation des taux d'incorporation de matière première recyclée). Si son effet est limité en matière de réduction de consommation d'énergie, l'efficacité matière permet surtout de réduire l'empreinte matière.

Enfin, le commerce international a un effet surtout dans S2 dans lequel une part de la production est relocalisée contribuant ainsi à augmenter les consommations d'énergie de l'industrie française.

Graphique 8 : Effets des différents leviers sur l'évolution de la consommation d'énergie de l'industrie de 2015 à 2030 et de 2030 à 2050, dans chaque scénario (TWh)

Lecture : dans S1, la sobriété permet de réduire de 93 TWh la consommation annuelle de l'industrie entre 2015 et 2050.

Lecture de l'axe des abscisses : P pour « effet population », S pour « sobriété », CI pour « commerce international », E pour « efficacité »



3.2. Evolution des émissions de GES

Les émissions de GES suivent des dynamiques globalement semblables à celles des consommations d'énergie. En effet, la majorité des émissions de GES proviennent de la consommation d'énergie et les émissions non énergétiques sont déterminées par les mêmes causes (volumes de biens industriels produits en particulier). Dans cette partie, nous analyserons surtout les évolutions propres aux émissions de GES, que nous n'avions pas relevées dans la partie précédente.

La principale différence entre la décomposition de l'évolution des émissions de GES et celle de l'évolution des consommations d'énergie est l'introduction d'un nouveau facteur « décarbonation », correspondant à l'évolution (*i.e.* la baisse dans tous les scénarios, au global) du contenu carbone de l'énergie, ou de la production pour ce qui est des émissions de procédés.

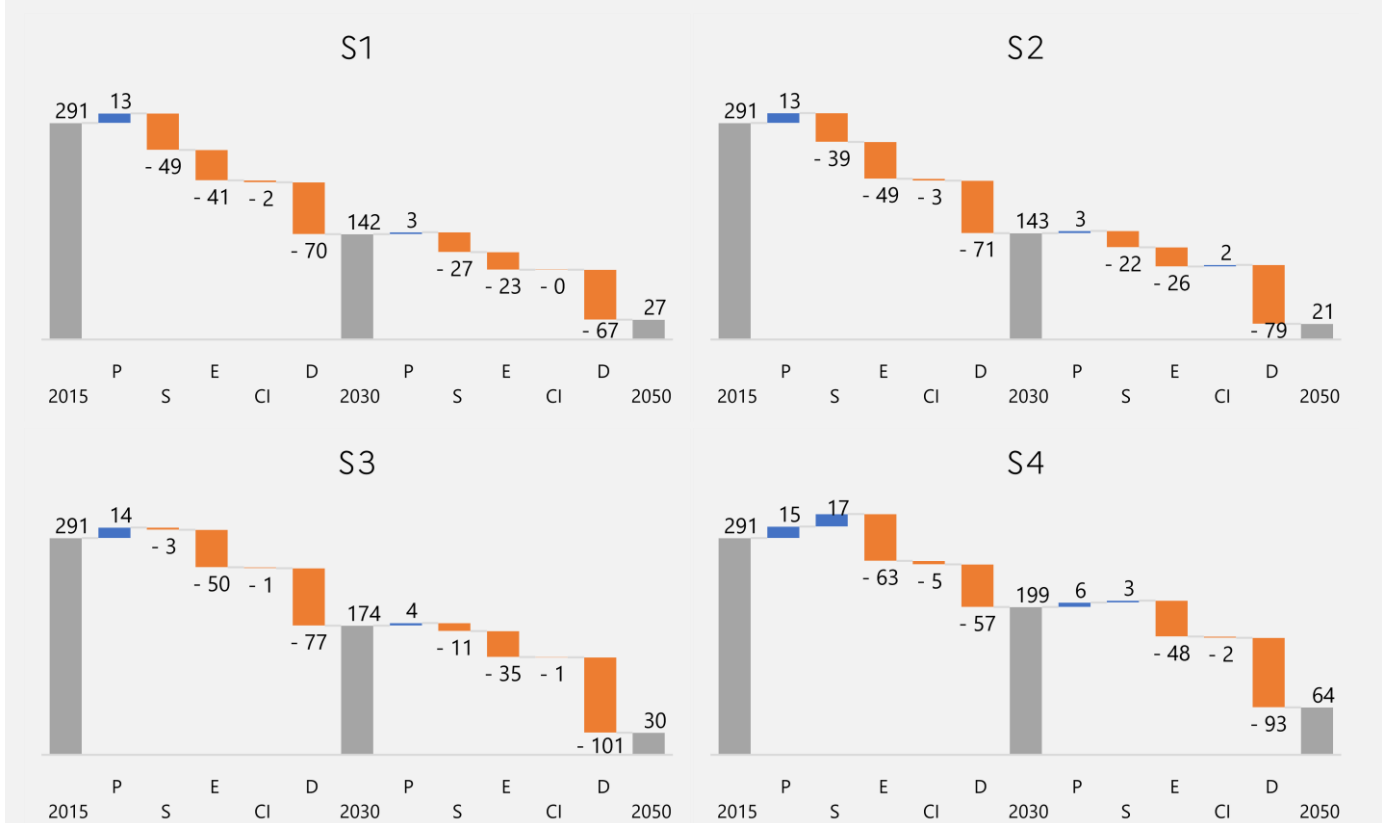
Comme dans tous les scénarios et tous les secteurs, ce facteur « décarbonation » contribue à réduire les émissions de GES (il n'y a pas dynamique de « recarbonation », dans aucun scénario), les effets des logiques de sobriété et d'efficacité sont automatiquement minorés. En effet, réduire des consommations d'énergie – ou des niveaux de demande et donc de production – a moins d'effet lorsque ces consommations ou productions ont une intensité carbone moindre. Cela ne signifie pas pour autant que ces deux premiers leviers (sobriété et efficacité) sont moins importants : c'est la baisse des consommations d'énergie qui permet de déployer un système énergétique décarboné. Sobriété, efficacité et décarbonation vont ainsi de pair, la baisse de la consommation permettant de déployer plus facilement des énergies moins carbonées pour répondre à la demande.

3.2.1. Analyse globale

Graphique 9 : Effets des différents leviers sur l'évolution des émissions de GES des secteurs étudiés de 2015 à 2030 et de 2030 à 2050, dans chaque scénario (MtCO₂eq.).

Lecture : dans S3, l'efficacité permet de réduire de 2 MtCO₂eq. les émissions annuelles de GES des secteurs étudiés entre 2030 et 2050.

Lecture de l'axe des abscisses : P pour « effet population », S pour « sobriété », E pour « efficacité », CI pour « commerce international », D pour « décarbonation »



Dans tous les scénarios, la décarbonation est le principal facteur de baisse des émissions de GES, largement dominée par la décarbonation de l'énergie devant celle des procédés.

Néanmoins la sobriété a une place importante dans les deux premiers scénarios. Son effet sur les émissions de GES est du même ordre de grandeur que celui de l'efficacité ou de la décarbonation (jusqu'à 30 % de réduction des émissions dans S1). Dans S3, l'impact des dynamiques de sobriété est assez faible, alors que S4 est caractérisé par une légère ébriété globale.

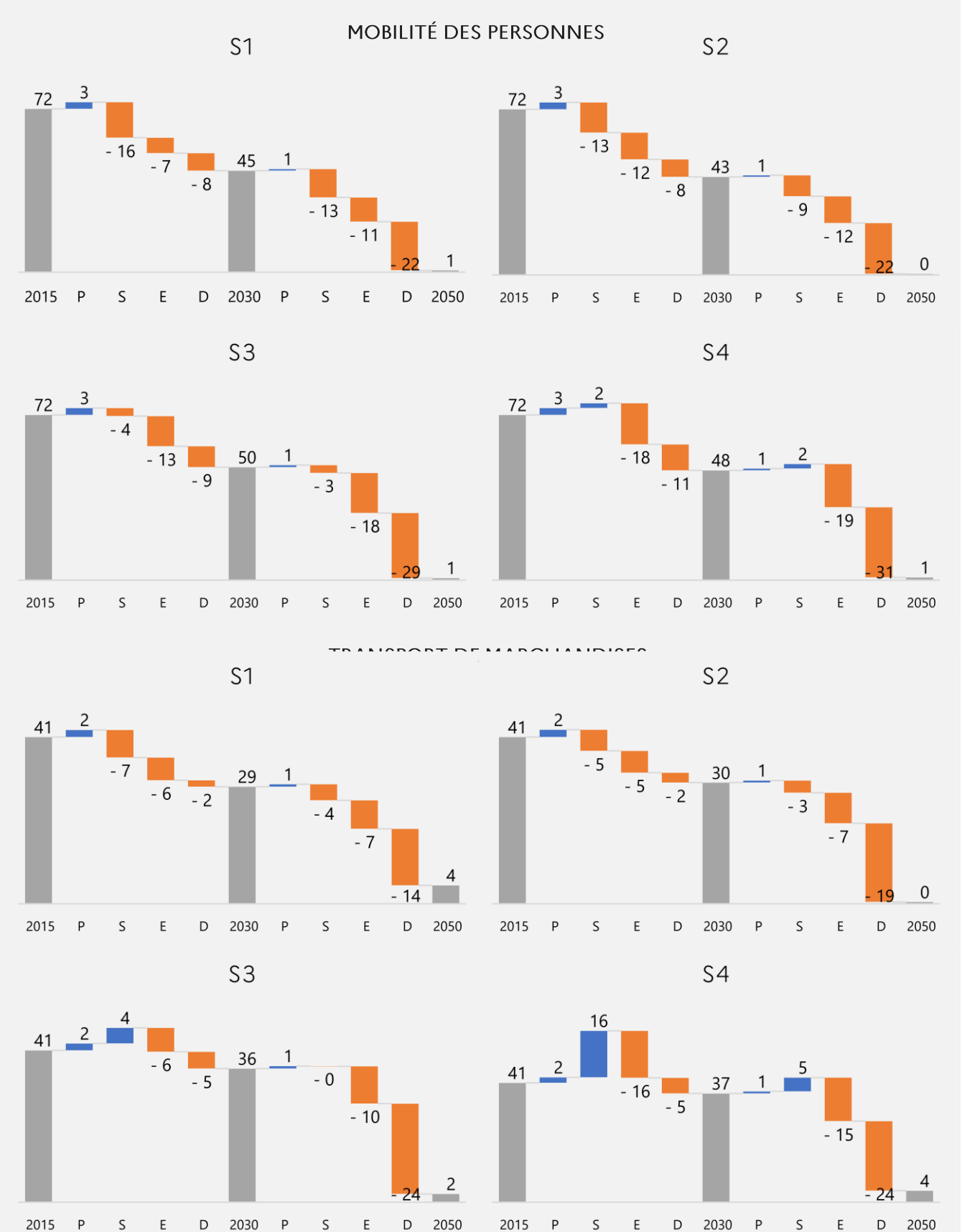
Contrairement à la consommation d'énergie, les émissions de GES totales ne sont pas strictement croissantes de S1 à S4. Plus précisément, le premier scénario présente des émissions légèrement plus élevées que le deuxième. Cependant, si l'on regarde les émissions nettes [8, p. 666] ou les empreintes carbone et matière [4], l'ordre est rétabli (les impacts sont strictement croissants de S1 à S4). On peut aussi remarquer que les deux scénarios les plus sobres permettent une réduction plus rapide des émissions de GES et donc entraînent un réchauffement climatique global moindre.

Notons enfin que tous les scénarios atteignant la neutralité carbone (voire des émissions territoriales nettes négatives), les émissions résiduelles sont compensées par des puits de carbone naturels ou technologiques.

3.2.2. Mobilité

Graphique 10 : Effets des différents leviers sur l'évolution des émissions de GES du transport de voyageurs et de marchandises de 2015 à 2030 et de 2030 à 2050, dans chaque scénario (MtCO₂eq.)

Lecture : dans S1, la sobriété permet de réduire de 16 MtCO₂eq. les émissions de GES annuelles du transport de voyageurs entre 2015 et 2030.
Lecture de l'axe des abscisses : P pour « effet population », S pour « sobriété », E pour « efficacité », D pour « décarbonation »



La décarbonation est le premier levier de réduction des émissions de GES des transports, à part pour le transport de marchandises dans S4 où la décarbonation a un impact légèrement inférieur à celui de l'efficacité.

On observe que l'essentiel de la baisse des émissions de GES a lieu après 2030 car la décarbonation se met en place surtout dans la deuxième période considérée. Cela est dû principalement au temps nécessaire de conversion vers les modes moins carbonés (mobilité électrique, biocarburants, biogaz, hydrogène...), plus long encore pour les marchandises que pour les voyageurs.

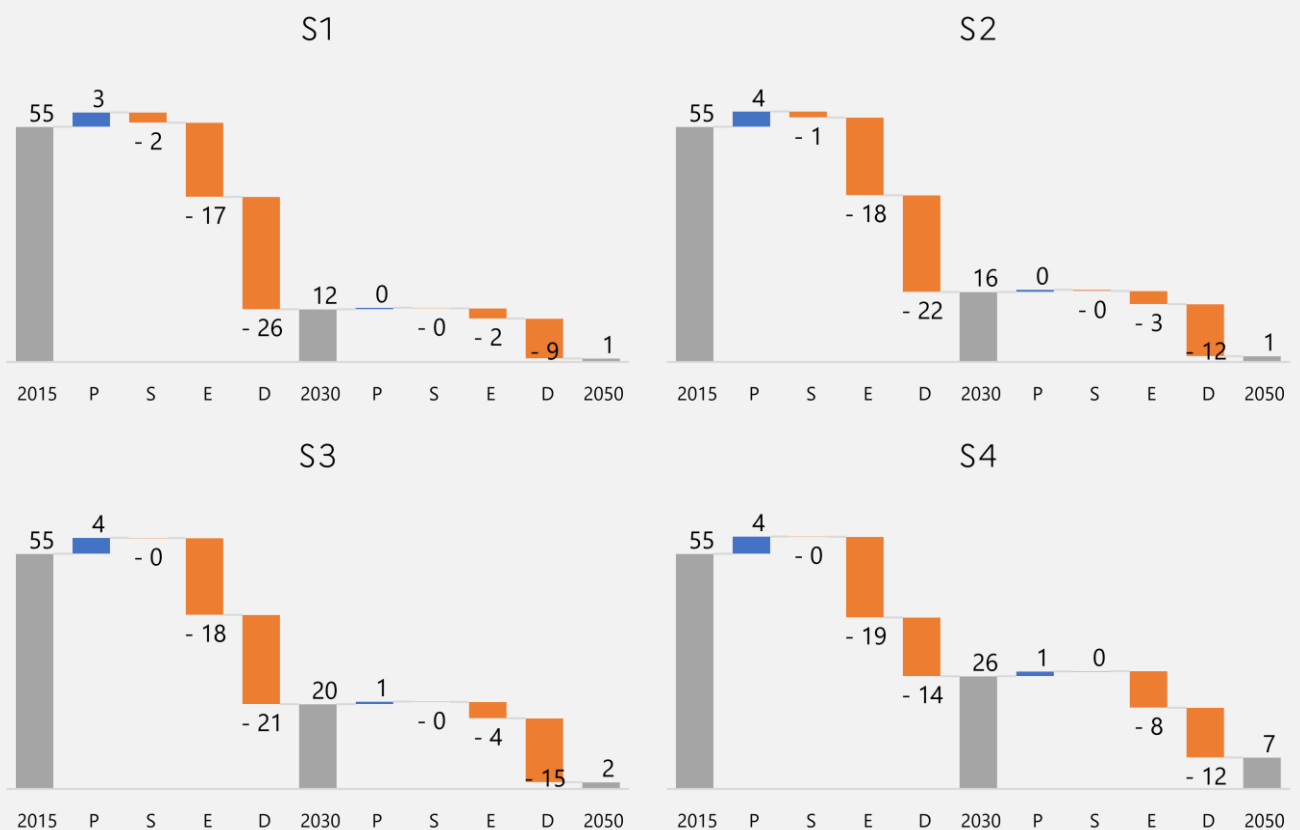
La contribution de la sobriété est plus faible (en valeur absolue) que pour l'énergie du fait de la décarbonation mais elle varie encore fortement d'un scénario à l'autre (d'une sobriété assez importante à une grande ébriété). Elle permet une réduction de près de 40 % des émissions de GES dans S1 (niveau très similaire à celui de la décarbonation).

3.2.3. Résidentiel

Graphique 11 : Effets des différents leviers sur l'évolution des émissions de GES du secteur résidentiel de 2015 à 2030 et de 2030 à 2050, dans chaque scénario (MtCO₂eq.)

Lecture : dans le S, l'augmentation de la population cause une augmentation des émissions de GES annuelles du secteur résidentiel de 4 MtCO₂eq. entre 2015 et 2030.

Lecture de l'axe des abscisses : P pour « effet population », S pour « sobriété », E pour « efficacité », D pour « décarbonation »



Les réductions globales d'émission de GES sont très fortes dans tous les scénarios (dans une moindre mesure pour S4). Elles sont permises principalement par la décarbonation (en particulier la décarbonation de l'énergie pour le chauffage) et l'efficacité (via la rénovation avant tout). L'efficacité est le premier facteur uniquement dans S4. Dans ce quatrième scénario, une stratégie de rénovation très performante d'une partie du parc⁸ permet de maximiser l'effet de la rénovation. Toutefois cela ne suffit pas à compenser la moindre contribution de la décarbonation, la part du parc non rénovée de manière

⁸ Un tiers du parc environ est rénové selon des méthodes de préfabrication hors site permettant d'atteindre des performances énergétiques et carbone très ambitieuses, sur le modèle des démarches EnergieSprong.

performante évoluant en effet selon le scénario tendanciel, ce qui laisse dans le parc des logements chauffés au fioul en 2050. Les émissions résiduelles sont donc nettement plus importantes et nécessitent un recours aux technologies de captage de CO₂.

On observe que l'efficacité a une contribution bien plus importante avant 2030. En effet, dans les quatre scénarios, la rénovation est mobilisée à haut rythme dès le début de la période.

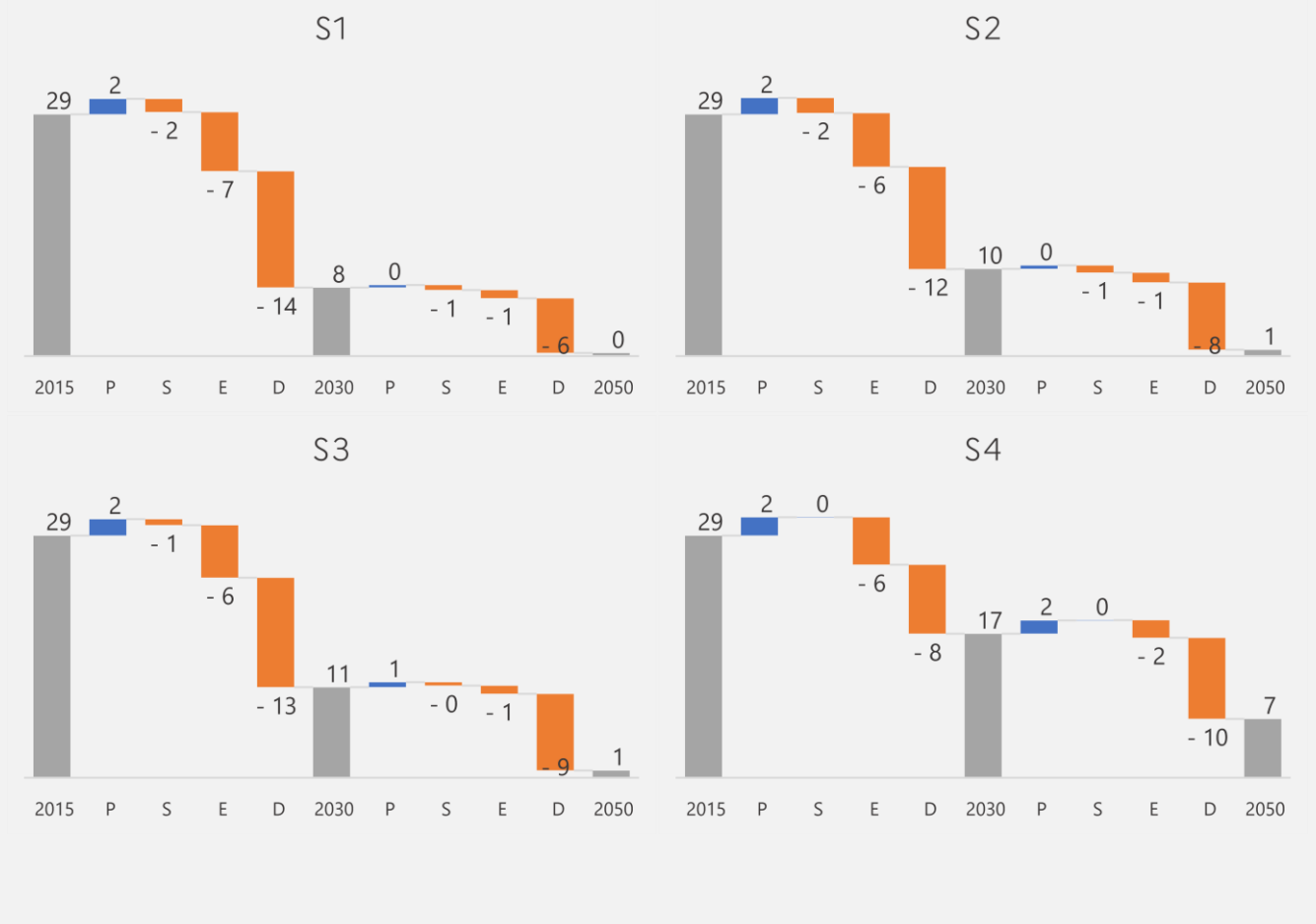
De même, la décarbonation de l'énergie joue très fortement avant 2030 pour les scénarios 1 et 2. Sa contribution est plus linéaire dans le temps pour les deux autres scénarios. Ces dynamiques suivent celles de la décarbonation de l'électricité dans les différents scénarios⁹.

La part de la sobriété est relativement faible. L'effet important de la décarbonation diminue l'impact de la sobriété sur les émissions de GES. En effet, les scénarios intégrant de la sobriété (S1 et S2) font également l'objet d'un déploiement des énergies renouvelables rapide et profond dès 2030 qui se reflète dans les facteurs d'émission de l'électricité, du chauffage urbain et du gaz réseau.

3.2.4. Tertiaire

Graphique 12 : Effets des différents leviers sur les émissions de GES du secteur tertiaire de 2015 à 2030 et de 2030 à 2050, dans chaque scénario (MtCO₂eq.)

Lecture : dans S1, la décarbonation de l'énergie permet de réduire de 13 MtCO₂eq. les émissions de GES du secteur tertiaire entre 2015 et 2030.
Lecture de l'axe des abscisses : P pour « effet population », S pour « sobriété », E pour « efficacité », D pour « décarbonation »



⁹ C'est la décarbonation de l'électricité qui explique les différences de rythme de décarbonation. Cependant, ce n'est bien sûr pas la seule cause de la réduction globale du contenu carbone de l'énergie, qui est aussi due à la décarbonation du gaz et aux évolutions du mix énergétique.

Comme pour le résidentiel, l'essentiel des émissions du tertiaire sont éliminées d'ici 2050 dans les trois premiers scénarios, alors que les émissions résiduelles dans S4 sont faibles mais non négligeables par rapport aux émissions actuelles.

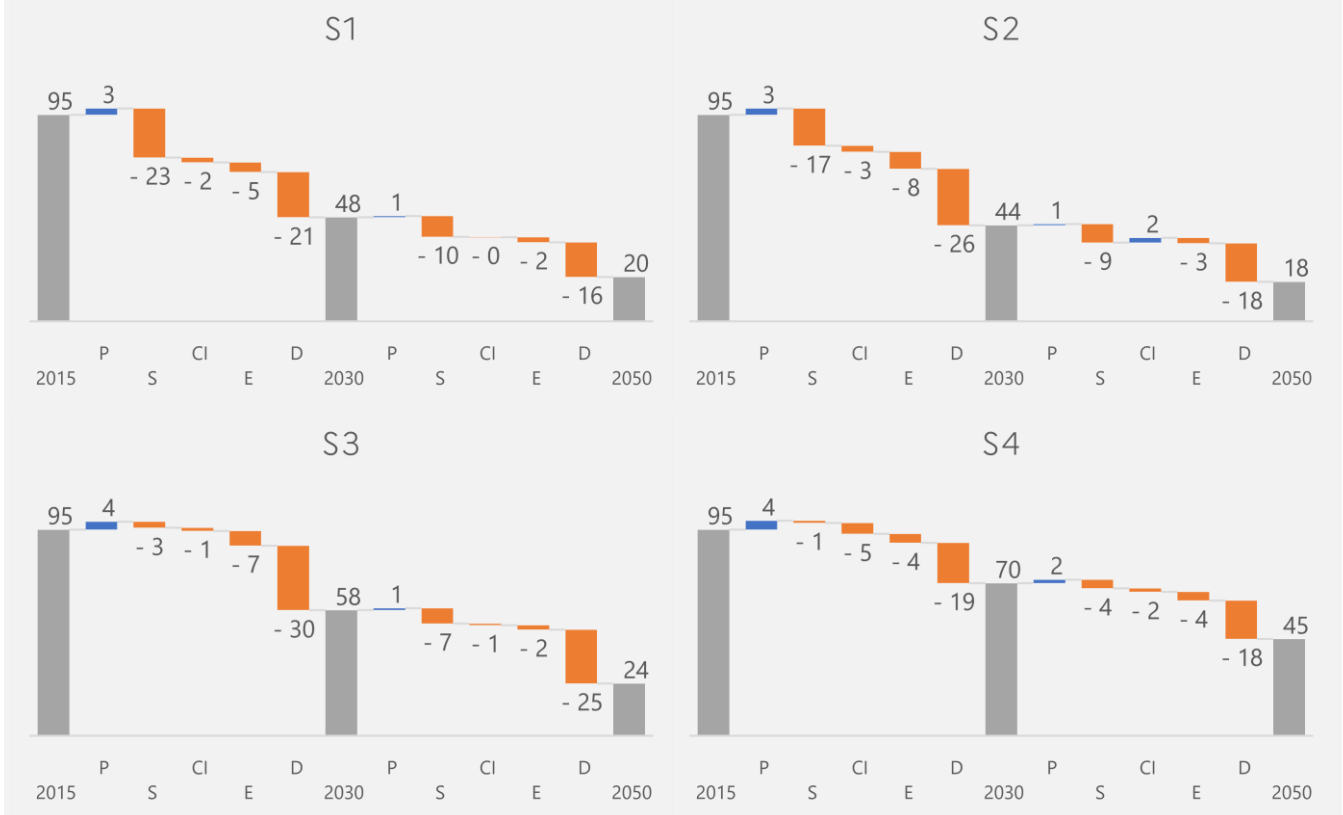
Dans tous les scénarios la décarbonation est le premier levier mobilisé largement devant l'efficacité puis la sobriété. Cette dernière a une contribution faible mais perceptible dans les trois premiers scénarios, principalement due à une réduction des surfaces. Le scénario 4 présente une légère ébriété.

3.2.5. Industrie

Graphique 13 : Effets des différents leviers sur l'évolution des émissions de GES d'énergie du secteur industriel de 2015 à 2030 et de 2030 à 2050, dans chaque scénario (MtCO₂eq.)

Lecture : dans S2, la sobriété permet de réduire de 9 MtCO₂eq les émissions annuelles de l'industrie entre 2030 et 2050.

Lecture de l'axe des abscisses : P pour « effet population », S pour « sobriété », CI pour « commerce international », E pour « efficacité », D pour « décarbonation »



Dans tous les scénarios, le principal levier déterminant l'évolution des émissions de GES est la décarbonation, celle de l'énergie majoritairement, mais également des procédés.

Les émissions de procédés sont plus difficiles à réduire. Alors qu'actuellement les émissions énergétiques sont environ deux fois plus importantes que celles des procédés, ces dernières deviennent majoritaires en 2050 dans tous les scénarios.

La sobriété est toutefois largement mobilisée dans les deux premiers scénarios. Sa contribution est assez proche de celle de la décarbonation dans les scénarios 1 et 2.

L'effet du commerce international est faible dans tous les scénarios. En particulier, on n'observe pas sur les émissions l'effet qu'il avait sur les consommations d'énergie dans S2 après 2030¹⁰. Cela s'explique par le fait que les productions relocalisées sont très consommatrices d'énergie mais largement décarbonées à partir de 2030 (en particulier les productions d'acier et d'ammoniac, reposant, dans S2, sur de l'hydrogène largement décarboné [6] [9]).

¹⁰ Pour rappel, la relocalisation causait une augmentation de la consommation d'énergie, voir [chapitre 3.1.5](#).

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] ADEME, [Lettre ADEME stratégie n°59](#), 2021
- [2] GIEC, [Contribution du Groupe de travail III au sixième Rapport d'évaluation](#), 2022
- [3] Negawatt, [Qu'est-ce que la sobriété ?](#)
- [4] ADEME, Transition(s) 2050 Feuilleton Évaluation des empreinte carbone et matières, 2023.
- [5] Enerdata, ADEME, [Analyse en composante du volet bâtiment des scénarios Transition\(s\) 2050. Décomposition LMDI par périodes appliquée au Résidentiel-Tertiaire](#), 2023.
- [6] ADEME, [Plan de Transition Sectoriel de l'industrie aluminium en France](#).
- [7] France Stratégie, [Les incidences économiques de l'action pour le climat – Sobriété](#), 2023
- [8] ADEME, [Transition\(s\) 2050. Choisir maintenant. Agir pour le climat](#), 2021.
- [9] ADEME, [Plan de Transition Sectoriel de l'industrie de l'ammoniac en France](#), 2023.
- [10] Florian Cézard, ADEME, [Panorama sur la notion de sobriété – définitions, mises en œuvre, enjeux \(rapport final\)](#), 2019.



Les effets distributifs entre différents types de ménages

« Transition(s) 2050. Choisir maintenant. Agir pour le climat » est une prospective qui peint quatre chemins cohérents et contrastés pour atteindre la neutralité carbone en France en 2050. Ils visent à articuler les dimensions technico-économiques avec des réflexions sur les transformations de la société qu'elles supposent ou qu'elles suscitent. Le rapport Transition(s) 2050, première étape de cet exercice, a été publié le 30 novembre 2021. Chaque secteur y est détaillé, à savoir ceux qui relèvent de la consommation, du système productif, de l'offre d'énergie, des ressources et des puits de carbone. Il est progressivement complété par des « feuillets » qui apportent un éclairage supplémentaire en particulier sur les impacts induits.

C'est l'objet du présent ouvrage qui évalue les impacts de la sobriété, de l'efficacité énergétique, du commerce international et de la décarbonation de l'énergie et des procédés sur la consommation d'énergie et les émissions de GES dans la mobilité, le résidentiel, le tertiaire et l'industrie.

L'ensemble des publications du projet d'analyse prospective Transition(s) 2050 est le résultat d'un travail de quatre ans conduit par l'ADEME en interaction avec des partenaires extérieurs afin d'éclairer les décisions à prendre dans les années à venir pour atteindre l'objectif de neutralité carbone en 2050. Car le but n'est pas de proposer un projet politique, ni « la » bonne trajectoire mais de rassembler des éléments de connaissances techniques, économiques et environnementales afin de faire prendre conscience des implications des choix sociétaux et techniques qu'entraîneront les chemins qui seront choisis.

