



ELABORATION DE SCENARIOS ENERGETIQUES PROSPECTIFS A L'ECHELLE DE LA REGION BRETAGNE

Rapport final

Table des matières

INTRODUCTION	4
1 DEMARCHE DE SCENARISATION	6
1.1 BUT DE LA SCENARISATION	6
1.2 METHODOLOGIE RETENUE	6
1.3 OUTIL DE SIMULATION	7
2 DESCRIPTION DES TROIS SCENARIOS ETUDIES	8
2.1 PRINCIPE DES SCENARIOS	8
2.2 SYNTHESE DES HYPOTHESES RETENUES	9
3 PRINCIPAUX RESULTATS	11
3.1 CONSOMMATION D'ENERGIE	11
3.1.1 CONSOMMATION D'ENERGIE PAR SECTEUR	11
3.1.2 CONSOMMATION D'ENERGIE PAR VECTEUR	16
3.2 EMISSIONS DE GAZ A EFFET DE SERRE	18
3.2.1 EMISSIONS DE GES ENERGETIQUES	22
3.2.2 EMISSIONS DE GES NON ENERGETIQUES	23
3.3 PRODUCTIONS D'ENERGIE	25
3.3.1 PRODUCTION D'ELECTRICITE	25
3.3.2 PRODUCTION DE CHALEUR URBAINE	26
3.3.3 VALORISATION DE LA BIOMASSE	27
3.4 QUALITE DE L'AIR	29
3.5 FACTURE ENERGETIQUE	30
3.6 COUTS D'INVESTISSEMENTS	33
4 CONCLUSION	37
ANNEXE 1 : COUTS DES ENERGIES	39

Introduction

Au-delà de son engagement dans l'élaboration d'un SRADDET, la Région Bretagne pilote, en lien avec l'Etat, la Conférence Bretonne de la Transition Energétique (CBTE), et porte l'initiative Breizh COP. La Région Bretagne, appuyée par le Groupe d'Analyse et de Contribution « Prospectives 2040 » (GAC 2040), dispose de la capacité à déployer un niveau d'expertise proportionnée aux enjeux techniques et complexes propre à la transition énergétique, qu'elle met au service de l'ensemble de la communauté bretonne. La CBTE a ainsi confié au GAC la **réalisation d'un travail d'élaboration de scénarios énergétiques prospectifs à l'horizon 2040**.

Les deux enjeux clés de la mission ont été les suivants :

- mettre en œuvre une démarche de co-construction, en particulier vis-à-vis des EPCI, qui disposent d'important leviers pour la mise en place de la transition énergétique. Ainsi, les scénarios prospectifs s'appuient sur le retour d'expérience et la connaissance du terrain des acteurs territoriaux.
- appuyer, confronter et enrichir les expertises du GAC pour établir des scénarios prospectifs les plus éclairés possibles.

La mission est décomposée en trois phases. La première phase de diagnostic consiste à faire un **état des lieux** du territoire, aussi bien sur le sujet des consommations et productions énergétiques que sur celui des émissions de gaz à effet de serre (GES) énergétiques et non énergétiques. La seconde a pour objectif l'élaboration des hypothèses de **scénarisation**, en co-construction avec le réseau PCAET ainsi qu'avec les experts bretons. La dernière phase de la mission correspond à l'évaluation des hypothèses de scénarisation via un **outil** de scénarisation et de suivi qui est livré à la Région.

Le présent rapport constitue le rapport final de la mission. Il décrit les trois scénarios d'évolution possibles du territoire qui ont émergé de cette réflexion. Le premier est un scénario dit « **Tendancier** » qui prolonge les effets observés actuellement, sans engagement supplémentaire de la part des acteurs bretons. Le second est un scénario dit « **Sans Rupture** », supposant que des actions volontaristes sont menées en fonction du potentiel et des leviers bretons et nationaux mobilisables sans rupture majeure d'ici 2040. Enfin, le dernier scénario est le scénario « **Transition F4** » qui constitue la transcription à l'échelle bretonne du Facteur 4, en phase avec les objectifs de la SNBC. Les actions permettant d'atteindre les objectifs nationaux par secteur sont menées à l'échelle de la région et résultent ainsi en un objectif de diminution d'environ **65%** des émissions GES en Bretagne entre 2015 et 2050.

La première section de ce rapport présente dans un premier temps la démarche de scénarisation, et introduit les trois scénarios étudiés avec les principales hypothèses retenues. La section 2 présente une synthèse des hypothèses retenues pour chaque scénario. La section 3 présente enfin les résultats obtenus en analysant un certain nombre d'indicateurs (consommation d'énergie, émissions de GES, facture énergétique du consommateur).

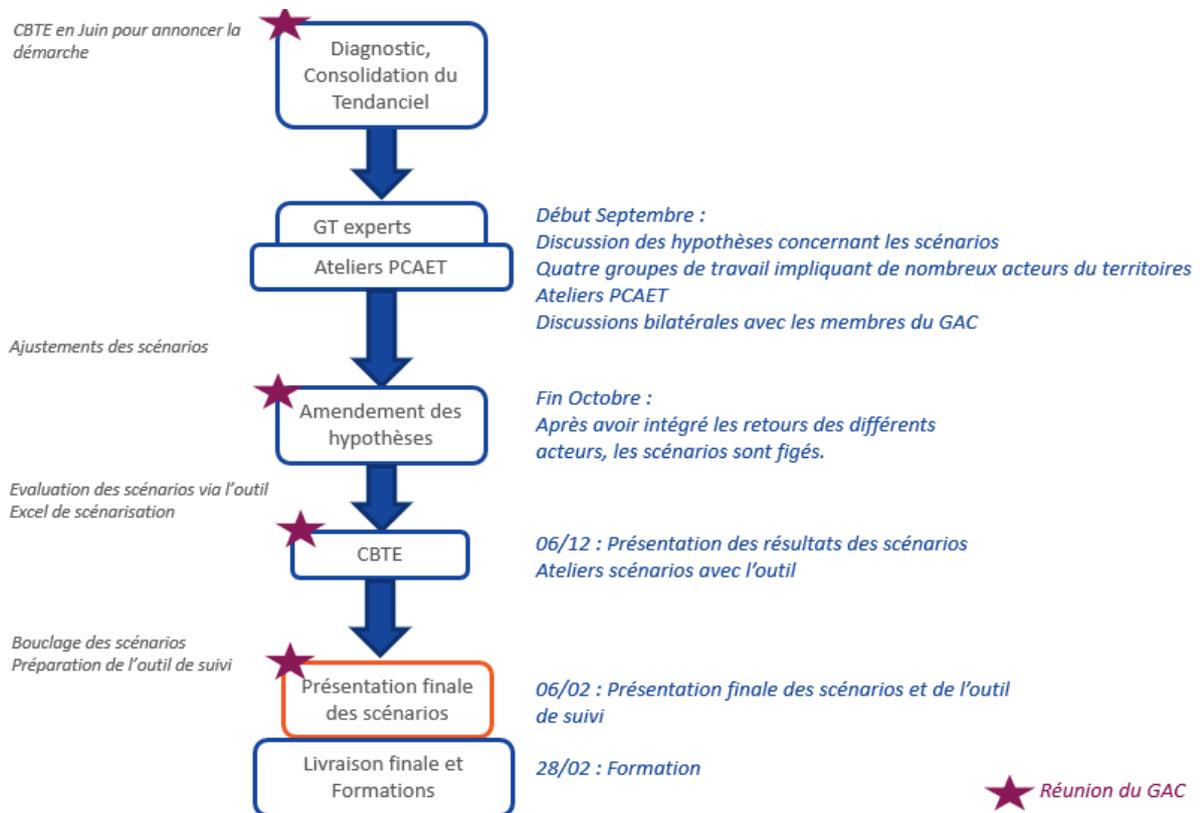


Figure 1 Etapes principales du projet

1 Démarche de scénarisation

1.1 But de la scénarisation

La scénarisation vise à fournir un état projeté de la situation énergétique et climatique de la région Bretagne à horizon 2040 : consommations d'énergie, production d'énergie, émissions de gaz à effet de serre. Le but est d'estimer, en faisant varier des paramètres clés, quels sont les objectifs que le territoire peut raisonnablement se fixer. Les scénarios construits doivent aussi permettre d'apprécier l'impact de l'évolution programmée sur des facteurs tels que la facture énergétique ou la qualité de l'air.

1.2 Méthodologie retenue

Le graphique ci-dessous résume la méthodologie suivie pour la construction d'un scénario.

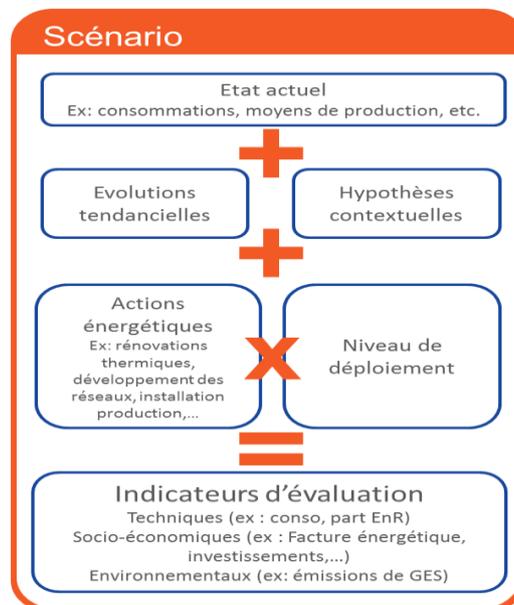


Figure 2 Méthode de construction d'un scénario

Afin de déterminer l'évolution énergétique du territoire, un ensemble « d'actions » a été défini, actions qui correspondent à des transformations subies par le territoire. Chaque action est définie par des caractéristiques techniques, un coût et un niveau d'ambition. La rénovation énergétique du bâtiment résidentiel est un exemple d'action ; ses caractéristiques techniques correspondent alors au type de rénovation en jeu et au gain que l'on peut en attendre, tandis que le niveau d'ambition correspond au nombre de logements qui seront rénovés entre l'instant présent et l'année 2040.

Afin de préciser les hypothèses associées à chaque type d'actions, quatre groupes de travail ont été mis en place :

- Un groupe « Production EnR », s'intéressant aux questions de production d'énergie -que ce soit des actifs de production comme les ENR ou bien des équipements de chauffage dans les bâtiments.
- Un groupe « Maitrise de la Demande », s'intéressant principalement aux questions de la demande en énergie (et donc aux actions de maitrise de la demande)
- Un groupe « Mobilité », s'intéressant aux questions du transports de voyageurs et de marchandises.
- Un groupe « Agriculture, forêt et industrie agro-alimentaire », s'intéressant au large secteur de l'agriculture.

Les conclusions de ces groupes de travail – groupes composés d'acteurs de l'énergie et du territoire ainsi que des services de la région – ont été partagées avec un panel d'acteurs plus vaste -réseau PCAET, CBTE - et des élus, afin de confronter les avis et d'assurer un consensus large. Les différentes actions énergétiques, ainsi que les hypothèses qui leur sont associées, sont présentées en section 2.

1.3 Outil de simulation

Une fois les hypothèses établies, l'outil Excel Artelys livré à la Région a permis de simuler le système énergétique du territoire breton l'horizon 2040, pour chacun des scénarios. L'outil permet de représenter l'effet des actions définies dans la phase amont. A l'issue de cette simulation, un certain nombre d'indicateurs ont été calculés, permettant notamment de dégager les grandes conclusions et objectifs présentés en section **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**

2 Description des trois scénarios étudiés

2.1 Principe des scénarios

La réflexion menée avec le GAC a permis d'étudier trois futurs possibles pour la région Bretagne, l'année 2040 ayant été choisie comme jalon de référence, en cohérence avec l'exercice de planification du SRADDET :

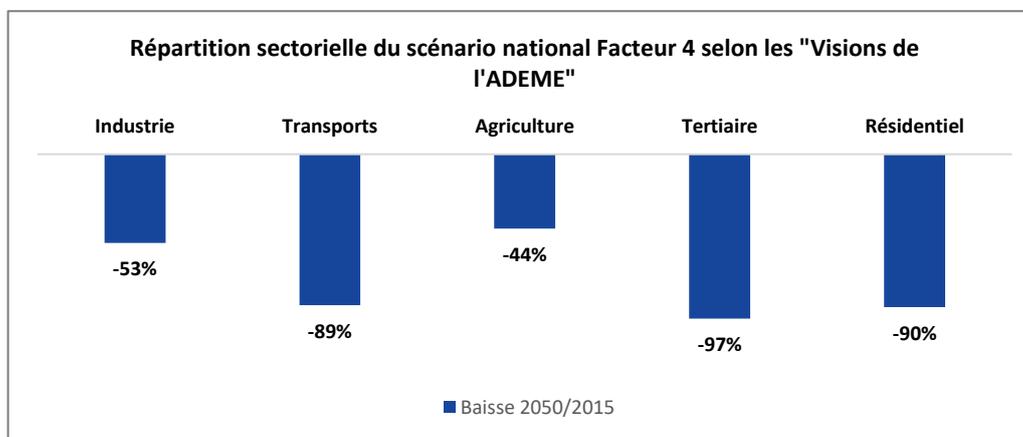
- Un scénario **Tendanciel**, dans lequel les effets observés actuellement ont été prolongés, sans engagement fort de la part des acteurs de la région. Les ambitions de la région ou d'autres acteurs qui n'ont pas encore été formellement actées ne sont pas prises en compte.
- Un scénario **Sans Rupture**, où les ambitions de la région et des acteurs du territoire – afin d'aller au-delà du scénario tendanciel – ont été prises en compte, sans rupture majeure d'ici 2040.
- Un scénario **Transition F4**, qui vise en particulier l'atteinte de l'objectif « Facteur 4 » à l'horizon 2050, soit une réduction de 65% des émissions GES entre 2015 et 2050.

Le scénario Transition F4 permet notamment de comparer les effets d'une politique forte en faveur de l'énergie et de la réduction des émissions de gaz à effet de serre (GES) par rapport :

- à une situation moins ambitieuse qui serait représentée par le scénario Tendanciel,
- à une situation moins ambitieuse mais sans rupture qui correspond au scénario Sans Rupture.

Focus méthodologique sur le scénario Transition F4

Le scénario Transition F4 est le seul des trois scénarios qui s'inscrit dans l'objectif réglementaire fixé par les lois de Grenelle, visant une réduction de 75% des émissions de gaz à effet de serre entre 1990 et 2050 au niveau national. Afin de « régionaliser » cet objectif national, le scénario a été calculé à partir des hypothèses de baisses sectorielles des Visions de l'Ademe présentées ci-dessous ont été appliquées à la situation bretonne en 2015, résultant en un objectif de baisse de 65% des émissions entre 2015 et 2050.



Focus méthodologique sur le scénario Transition F4 (Suite)

La différence d'environ 10% entre les objectifs régionaux et nationaux s'explique notamment par la prépondérance du secteur agricole en Bretagne contrairement à la moyenne nationale. En effet, les émissions provenant de l'agriculture représentent 48% des émissions bretonnes totales en 2015 contre 18% au niveau national. Le poids du secteur dans les émissions bretonnes est donc environ 2,5 fois plus important qu'au niveau national. Lorsqu'on applique la baisse nationale du secteur de l'Agriculture qui est de 44% entre 2015 et 2050, la baisse totale de 75% est réduite à une baisse de 65%.

2.2 Synthèse des hypothèses retenues

Pour les trois scénarios, des évolutions transverses – c'est-à-dire indépendantes du scénario – ont été prises en compte (ex : l'évolution de la population est la même quel que soit le scénario considéré, et on ne suppose pas que la population évolue plus ou moins vite dans tel ou tel scénario).

Pour chacun des scénarios, un ensemble d'actions ayant un impact énergétique et/ou climatique a été défini, l'ambition de ces actions variant selon le scénario considéré.

- Pour le scénario tendanciel, les hypothèses ont été obtenues en prolongeant les tendances observées ces dernières années sur le territoire. Par exemple, le nombre de véhicules électriques en 2040 correspond au prolongement du rythme observé ces dernières années du parc de véhicules électriques donné par ENEDIS.
- Le scénario Transition F4 est un scénario normatif, visant le facteur 4 breton à l'horizon 2040. Les hypothèses de ce scénario doivent donc correspondre à celles qui aboutissent au Facteur 4 telles qu'elles sont énoncées dans le scénario des Visions de l'ADEME. Lorsque les Visions de l'ADEME ne fournissaient pas certains niveaux de détails, d'autres scénarios nationaux ont été exploités comme le scénario Négawatt ou le scénario 100% gaz renouvelable (ADEME-GRDF). Par ailleurs, les scénarios bretons comme le schéma régional biomasse ainsi que l'ensemble des données qui ont pu être collectées pendant la phase de diagnostic, ont permis de régionaliser les objectifs nationaux.
- Le scénario Sans Rupture a été construit après les deux scénarios Tendanciel et Transition F4. Certaines actions du scénario Transition F4 ont été considérées par les experts régionaux et le réseau PCAET comme difficilement tenables par la région s'il n'y a pas de rupture majeure d'ici 2040. En conséquence, les niveaux de ces actions ont été revues à la baisse pour le scénario Sans Rupture.

Les hypothèses détaillées retenues pour chaque secteur ainsi que les sources des données sont regroupées dans le document « Hypothèses et origine des données » livré à la Région.

Le tableau ci-dessous récapitule les principales hypothèses retenues par secteur ainsi que les niveaux d'ambition choisis.

Volet	Actions	Tendanciel	Sans Rupture	Transition F4
Résidentiel/Tertiaire	Rénovations			
	Performance du neuf			
	Part de marché des vecteurs d'énergie			
	Part de marché des moyens de chauffage et d'ECS			
	Sobriété énergétique			
Transport	Evolution du nombre de déplacements			
	Part modales			
	Covoiturage			
	Evolution des motorisations			
Agriculture	Evolution de la SAU et fertilisation des sols			
	Evolution du Cheptel			
	Valorisation de la biomasse			
	Consommation des engins			
Production	Eolien terrestre			
	Autres ENR			

Figure 3 Synthèse des hypothèses retenues par scénario.

Lecture : Les rectangles bleu clair représentent les actions d'un niveau d'ambition correspondant à une évolution tendancielle. Les rectangles bleu foncé représentent les actions d'un niveau d'ambition correspondant au facteur 4. Les rectangles en bleu roi correspondent aux d'hypothèses d'ambition « Sans Rupture ». Les rectangles de la colonne « Sans Rupture » qui sont en bleu clair (comme l'évolution du cheptel) ou en bleu roi (comme les actions liées à la mobilité) correspondent donc à des actions pour lesquelles une rupture serait nécessaire afin d'atteindre le facteur 4 réglementaire

3 Principaux résultats

3.1 Consommation d'énergie

En 2016, la consommation totale en Bretagne était de 78,7 TWh (corrigés du climat). Le premier poste de consommation est le bâtiment (44% des consommations) suivi par les transports (35% des consommations).

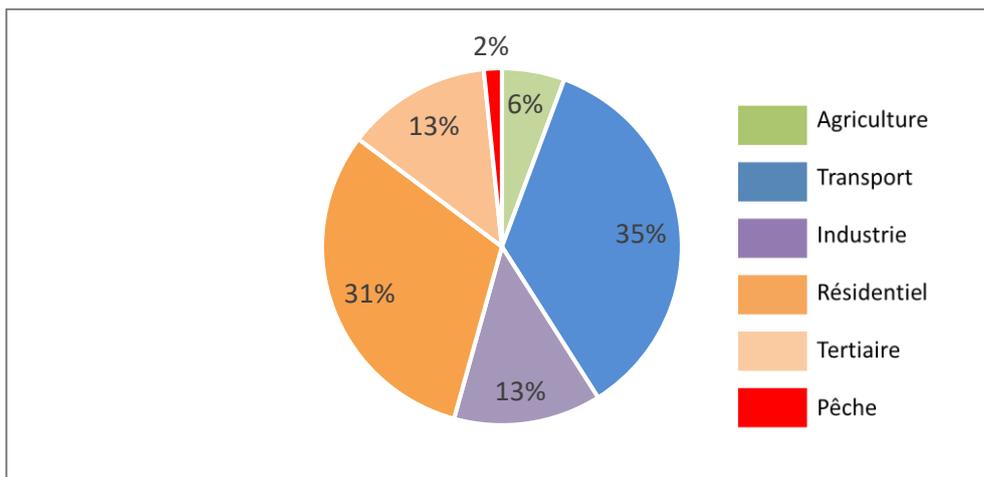


Figure 4 Détail de la consommation énergétique en 2016 par secteur d'après l'OEB

Les scénarios permettent de faire diminuer la consommation d'énergie du territoire. La baisse de la consommation totale du territoire à l'horizon 2040 et par rapport à 2016 est la suivante, selon les scénarios :

- Scénario Tendanciel : baisse de 14% (- 11 TWh par rapport à l'état initial)
- Scénario Sans Rupture : baisse de 29% (- 22 TWh par rapport à l'état initial)
- Scénario Transition F4 : baisse de 36% (- 28 TWh par rapport à l'état initial)

3.1.1 Consommation d'énergie par secteur

Les graphes ci-dessous donnent l'évolution de la consommation du territoire **par secteurs** selon les scénarios, en comparant avec l'état initial.

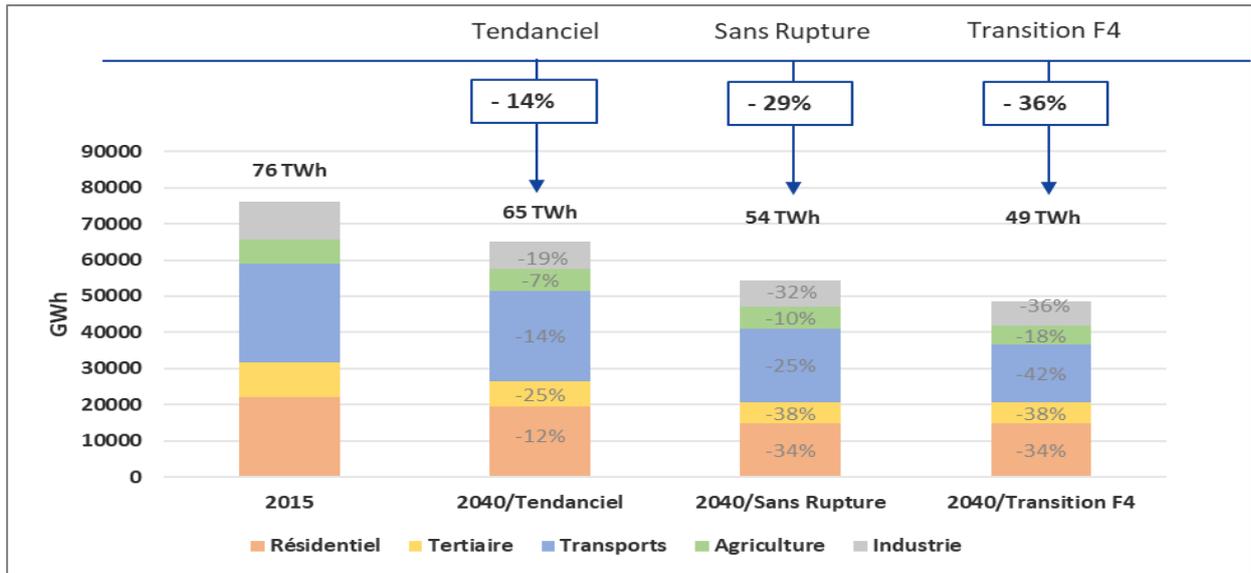


Figure 5 Consommations sectorielles à l'horizon 2040 et comparaison avec l'état actuel (2015)

Les baisses les plus importantes sont constatées dans le secteur du bâtiment, suivi par le secteur de la mobilité et de l'industrie. Les baisses des consommations énergétiques de l'agriculture sont un peu moins marquées puisque les actions menées dans ce secteur ont surtout un effet sur les émissions non énergétiques. Les paragraphes qui suivent explicitent pour chacun de ces quatre secteurs les actions les plus dimensionnantes dans la baisse de leurs consommations respectives.

3.1.1.1 Consommations des bâtiments

Les baisses les plus importantes sont constatées dans le secteur du bâtiment, avec une baisse de **37%** des consommations pour le scénario Tendanciel, et de **72%** des consommations pour les scénarios Sans Rupture et Transition F4. Ces baisses sont considérables relativement à la situation initiale mais ce sont aussi les plus importantes en volumes d'énergie, le secteur du bâtiment étant celui qui pèse le plus dans les consommations totales du territoire en 2015.

Les actions énergétiques permettant de réaliser des baisses les plus importantes dans le bâtiment sont :

- **Les rénovations thermiques :**

Les scénarios Sans Rupture et Transition F4 fixent un rythme de rénovations dans le résidentiel de **33000** logements par an. En moyenne sur l'ensemble des âges de logements, l'impact des rénovations est une réduction de 30% des consommations dans les logements collectifs et de 40% des consommations dans les maisons individuelles. Cela se traduit en pratique par **16500** rénovations légères par an (isolation des combles, double vitrage, ventilation) et **16500** rénovations lourdes (isolation des combles, isolation thermique extérieure, isolations des planchers, double vitrage, VMC).

Dans le secteur tertiaire, la rénovation des surfaces de plus de **2000 m²** par application du décret tertiaire permet une réduction de **40%** des consommations d'énergie pour ces bâtiments.

Les actions de rénovations thermiques sont donc les plus impactantes en volume d'énergie économisé. Il est à noter l'impact marginal faible des actions de rénovations dans les scénarios Sans Rupture et Transition F4 par rapport au scénario tendanciel (2% seulement). En effet, les hypothèses de rénovations considérées pour le scénario tendanciel sont déjà relativement ambitieuses (16500 rénovations par an dans le secteur résidentiel, et l'application du décret tertiaire avec un taux de chute de 75%).

- **L'efficacité des équipements :**

L'amélioration de l'efficacité des équipements de chauffage et d'eau chaude sanitaire permet de réduire les consommations en énergie finale. Le remplacement des équipements anciens par des équipements plus performants supposés dans les scénarios « Sans Rupture » et « Transition F4 » se traduit par le remplacement d'une partie du chauffage à l'électricité Joule par des pompes à chaleur, pour un rendement passant de 98% (Panneaux Rayonnants) à 325% (pour une pompe à chaleur aérothermique) et par le remplacement de chaudières standard par des chaudières à condensation, pour un rendement passant de 85% à 92%.

Ces remplacements d'équipements sont possibles grâce :

- ⇒ Aux transferts d'énergie du fait de la sortie du Fioul/GPL/Charbon dans le parc existant
- ⇒ Au remplacement systématique des chaudières en fin de vie par des chaudières haute performance dans le parc existant
- ⇒ Aux pénétrations importantes d'équipements performants dans le neuf (50% de pompes à chaleurs pour le vecteur électrique, 65% de chaudières à condensation pour le vecteur gaz)

- **Les actions de sobriété énergétique.**

Les actions de sobriété énergétique par la sensibilisation et l'accompagnement sont moins impactantes que les actions précédentes. Elles entraînent une baisse des consommations de 2% en 2040 par rapport à 2015 dans le secteur du résidentiel et de 1% en 2040 par rapport à 2015 dans le secteur du tertiaire pour les scénarios Sans Rupture et Transition F4. Elles ne sont cependant pas à négliger du fait de leurs coûts moindres par rapport aux rénovations et aux achats d'équipements.

3.1.1.2 Consommations dues à la mobilité

En 2040, les consommations relatives à la mobilité de personnes et aux transports de marchandises baissent de **14%** dans le scénario Tendanciel par rapport à 2015, **de 25%** dans le scénario Sans Rupture et **42%** dans le scénario Transition F4.

Dans le secteur des Transports de voyageurs, la baisse notable des consommations par rapport à 2015 (45% pour le scénario Transition F4) est portée par deux axes majeurs :

- **Le changement des habitudes liées à la mobilité**

Le changement des habitudes liées à la mobilité regroupe l'ensemble des actions liées la mobilité quotidienne et caractérisant le nombre de déplacements, les distances parcourues et les modes de déplacements des bretons.

o *Evolution du nombre de déplacements et des distances parcourues*

Le scénario Tendanciel prolonge les tendances observées ces dernières années et suppose une augmentation de la mobilité par personne (soit le nombre de km parcourus par personne) de 20% à 2040. Le scénario Transition F4 fixe un objectif de réduction de la mobilité par personne de 18% à 2040, qui est rendu possible par une baisse du nombre de déplacements quotidiens (grâce au télétravail par exemple) et par une baisse des distances parcourues (grâce à une meilleure organisation urbaine par exemple). Enfin, le scénario Sans Rupture fixe un objectif de stabilité de la mobilité.

o *Evolution du taux de remplissage des voitures particulières*

Le scénario Tendanciel suppose une stabilité du taux de remplissage des voitures particulières alors que la scénario Transition F4 suppose une augmentation de 50% de ce taux, ce qui nécessite un effort soutenu pour le développement du covoiturage. Le scénario Sans Rupture fixe un objectif médian, à mi-chemin entre les deux autres scénarios.

o *Evolution des parts modales*

Le scénario Tendanciel suppose une stabilité de la part des déplacements effectuée en transports en commun alors que les scénarios Sans Rupture et Transition F4 supposent un doublement de cette part modale. Concernant les modes doux, le scénario Tendanciel suppose une augmentation de 50% de part des déplacements effectués à vélo alors que les scénarios Sans Rupture et Transition F4 supposent une multiplication par 4. L'ensemble des scénarios supposent une stabilité de la part des déplacements effectuée à la marche.

L'effet additif des actions liées aux habitudes de mobilité entraîne l'augmentation des véhicules kilomètres (v.km) parcourus dans le scénario Tendanciel et leur baisse dans les scénarios Sans Rupture et Transition F4, produisant de fait le même effet sur les consommations. Le graphique ci-dessous synthétise l'ensemble des hypothèses à travers l'évolution des v-km parcourus par mode de transport.

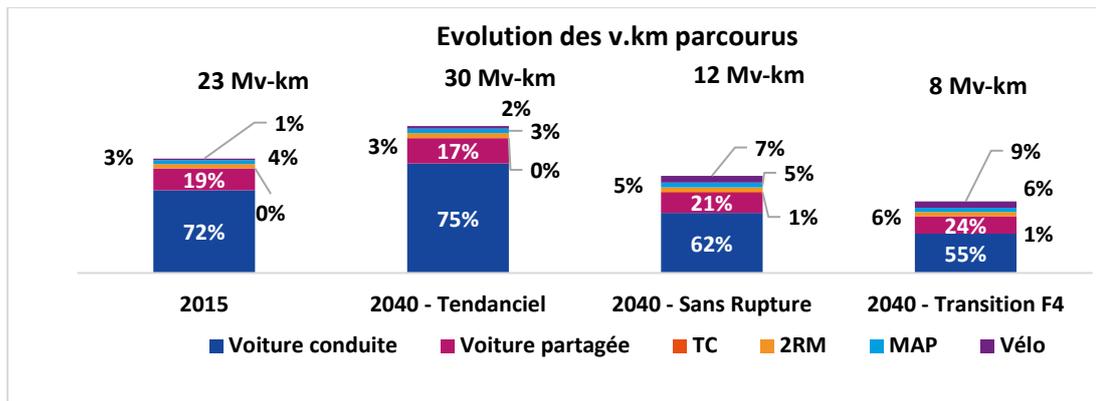


Figure 6 Evolution de la mobilité de personnes entre 2015 et 2040

- **La pénétration des véhicules à motorisations dites alternatives :**

Le remplacement des véhicules thermiques classiques par des véhicules à motorisations dites alternatives moins consommateurs permet la baisse des consommations liées à la mobilité. L'évolution du parc de véhicules particuliers est supposée quasi-stable dans le scénario Tendanciel, avec une pénétration des véhicules thermiques classiques à plus de 99%. Les scénarios Sans Rupture et Transition F4 supposent un transfert des véhicules à carburation aux produits pétroliers vers les véhicules hybrides, électriques, GNV et hydrogène. Les graphiques ci-dessous synthétisent l'ensemble des hypothèses à travers l'évolution des v.km parcourus par type de carburation.

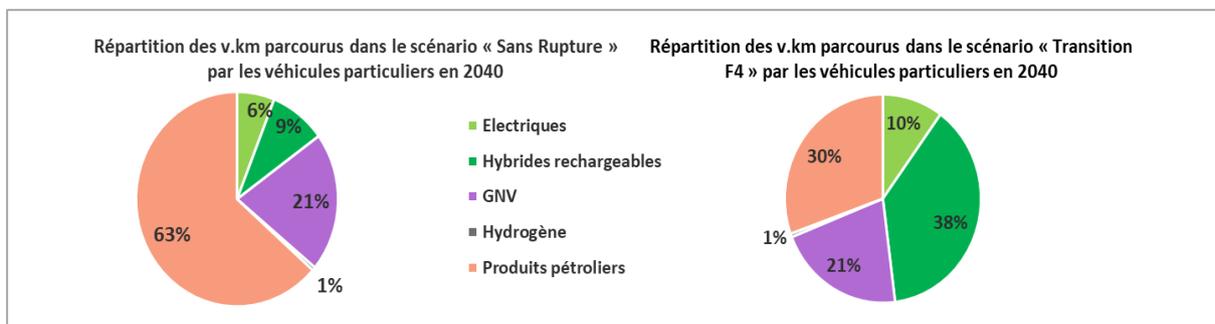


Figure 7 Evolution du parc de véhicules particuliers dans les scénarios « Sans Rupture » et « Transition F4 ». Le scénario Tendanciel, qui prolonge les ventes actuelles suppose une pénétration de 99% des véhicules à carburation aux produits pétroliers.

Le secteur du **transport de marchandises** voit ses consommations augmenter de 2% entre 2015 et 2040 pour les scénarios Sans Rupture et Transition F4. L'augmentation des t-km transportées supposées dans les Visions de l'ADEME a un effet direct sur les consommations et ne permet pas de compenser l'évolution des parts modales allant vers une augmentation du transport ferroviaire. Cet effet entraîne aussi l'augmentation de la consommation de gaz, du fait de la pénétration importante des poids lourds au GNV

3.1.1.3 Consommations industrielles

En 2040, les consommations industrielles baissent de **19%** dans le scénario Tendanciel par rapport à 2015, **de 32%** dans le scénario Sans Rupture et **36%** dans le scénario Transition F4. Cette baisse est portée par l'action suivante :

- **Les gains d'efficacité énergétique dans l'industrie :**

Le secteur industriel bénéficie de gains possibles d'efficacité énergétique grâce à plusieurs leviers. Pour le scénario Tendanciel, on suppose l'activation des leviers technologiques éprouvés correspondant à la mise en place de solutions technologiques existantes aujourd'hui et dont le temps de retour sur investissement est bien connu. Pour le scénario Sans Rupture, on suppose l'activation des leviers technologiques éprouvés ainsi que de mesures organisationnelles. Pour le scénario transition F4, on suppose l'activation de leviers technologiques éprouvés, de mesures organisationnelles ainsi que d'innovations technologiques. Les trois scénarios ne considèrent pas d'hypothèses de changement de vecteur, les baisses des consommations se font donc de manière homogène sur l'ensemble des vecteurs énergétiques.

3.1.1.4 Consommations dues à l'agriculture

En 2040, les consommations énergétiques agricoles baissent de **7%** dans le scénario Tendanciel par rapport à 2015, **de 10%** dans le scénario Sans Rupture et **18%** dans le scénario Transition F4. Ces baisses sont portées par les actions suivantes :

- **Les gains d'efficacité énergétique des bâtiments d'élevage, engins agricoles et serres :**

La réduction des consommations des bâtiments d'élevage via l'efficacité énergétique est supposée nulle pour le scénario Tendanciel et à 19% pour les scénarios Sans Rupture et Transition F4.

L'efficacité énergétique des engins agricoles est supposée nulle dans le scénario Tendanciel, à 23% dans le scénario Sans Rupture et 30% dans le scénario Transition F4, via une simplification du travail.

Le potentiel de rénovation des serres agricoles ayant déjà été atteint, aucune action spécifique n'a été considérée.

- **Les changements de vecteur énergétiques :**

Les scénarios Sans rupture et Transition F4 supposent une sortie du fioul et du gaz des bâtiments d'élevage d'ici 2040. Ils supposent également une pénétration de 42% de biocarburants dans la consommation des engins agricoles.

3.1.2 Consommation d'énergie par vecteur

Les graphes ci-dessous donnent l'évolution de la consommation du territoire **par vecteurs énergétiques** selon les scénarios, en comparant avec l'état initial.

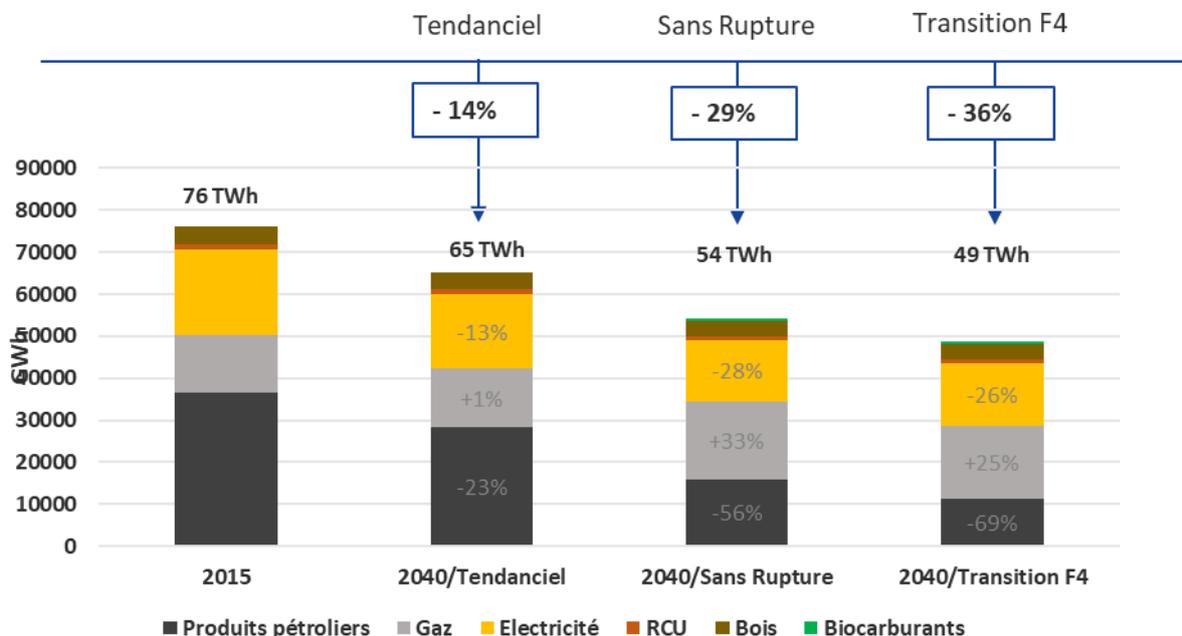


Figure 8 Consommations par vecteur énergétique à l'horizon 2040 et comparaison avec l'état actuel

La consommation de **produits pétroliers** baisse de **56%** en 2040 par rapport à 2015 dans le scénario Sans Rupture et de **69%** dans le scénario Transition F4, contre une baisse de **23%** dans le scénario Tendanciel. Cette baisse est d'abord portée par la sortie du fioul à 2040 du secteur du bâtiment qui est commune aux trois scénarios. Pour les scénarios Sans Rupture et Transition F4, la baisse est plus marquée, portée par une pénétration importante des véhicules décarbonés, ce qui entraîne la diminution de la dépendance aux produits pétroliers dans le secteur des transports.

La pénétration du GNV dans les secteurs des transports et de l'agriculture balance la diminution de consommation de gaz entraînée par l'efficacité énergétique de l'ensemble des secteurs et les rénovations dans le bâtiment. Ceci résulte en une augmentation de la **consommation** de gaz de 1% pour scénario Tendanciel, de **33%** dans le scénario Sans Rupture et une augmentation de **25%** dans le scénario Transition F4.

La consommation électrique diminue grâce aux rénovations dans le secteur du bâtiment et à l'efficacité énergétique de l'ensemble des secteurs. Cela se traduit en une baisse de 13% dans le scénario Tendanciel, de **28%** dans le scénario Sans Rupture et une baisse de **26%** dans le scénario Transition F4.

Pour conclure, les baisses de consommations observées dans les trois scénarios sont portées par les baisses dans les secteurs du bâtiment et des transports puis par le secteur de l'industrie et enfin par le

secteur agricole. Cependant, lorsque l'on compare le scénario Tendanciel aux scénarios Sans Rupture et Transition F4, les actions liées à la **mobilité** sont les plus impactantes, au regard des actions déjà mises en place dans le secteur du bâtiment dans le scénario Tendanciel. A titre illustratif, le graphique ci-dessous montre l'impact marginal de chaque action menée dans le scénario Transition F4 par rapport au scénario Tendanciel pour l'année 2040.

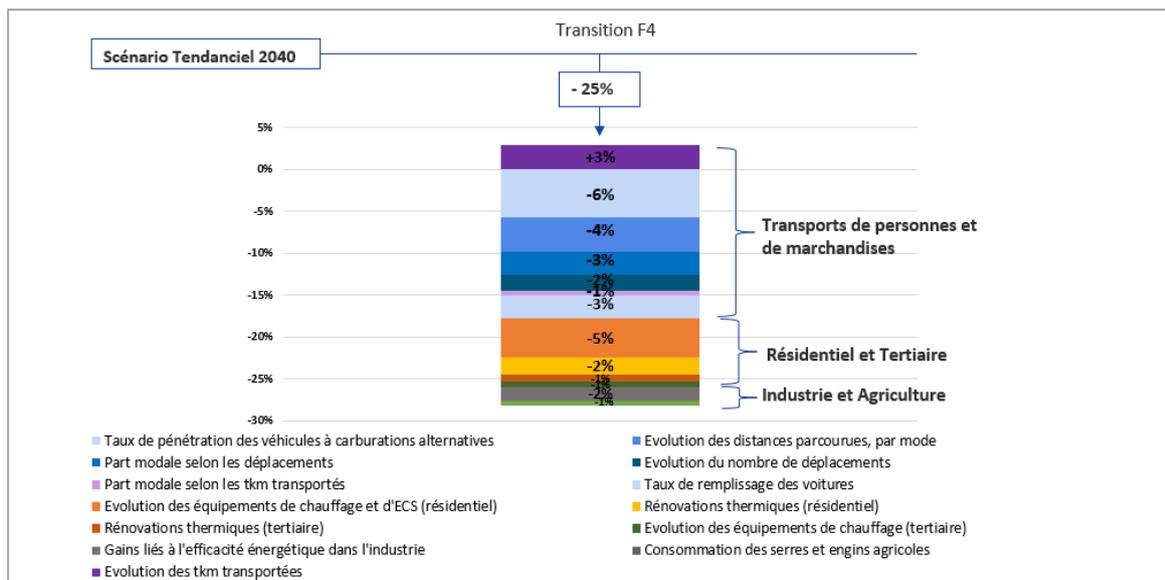


Figure 9 Impact marginal des actions énergétiques sur les consommations en 2040 (scénario Transition F4 par rapport au scénario Tendanciel)

Au niveau des vecteurs énergétiques, les baisses des consommations observées dans les trois scénarios sont portées par la **baisse de la dépendance aux produits pétroliers** (48% en 2015), et par l'augmentation de l'efficacité énergétique qui se traduit par une **baisse de la consommation d'électricité**. La consommation de **gaz augmente** quant à elle, portée par la pénétration des véhicules GNV qui n'est pas compensée par les économies d'énergies induite par l'augmentation de l'efficacité énergétique des différents secteurs.

3.2 Emissions de Gaz à Effet de Serre

Au total, la Bretagne a émis en 2016, **26,8** millions de tonnes équivalent CO2. Le graphique ci-dessous présente la répartition des émissions totale par secteur et par type (énergétique ou non énergétique).

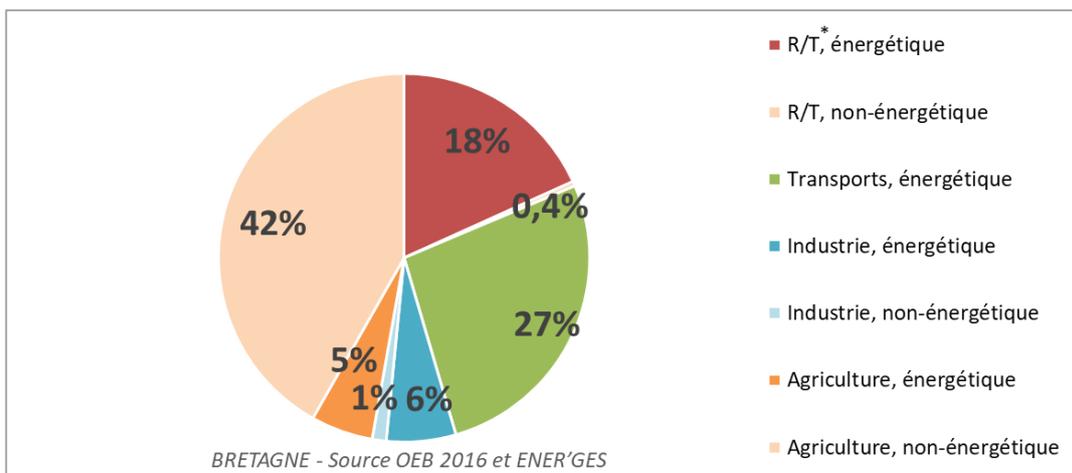


Figure 10 Détail des émissions en 2016 par secteur d'après l'OEB

*R/T : Résidentiel/Tertiaire

NB : les portions foncées correspondent aux émissions énergétiques, les portions claires correspondent aux émissions non énergétiques

L'agriculture est le premier poste d'émissions, puisqu'il représente 47% des émissions totales contre 18% au niveau national. Le secteur du transport est à l'origine de 27% des émissions et le secteur du bâtiment est à l'origine de 18% des émissions. L'industrie comptabilise 7% des émissions.

Les scénarios permettent de faire diminuer les émissions de gaz à effets de serre (GES) du territoire.

- Scénario Tendancier : baisse de 22% à l'horizon 2040 (-5,7 millions teq CO2 par rapport à l'état initial)
- Scénario Sans Rupture : baisse de 35% à l'horizon 2040 (-9 millions teq CO2 par rapport à l'état initial)
- Scénario Transition F4 : baisse de 49% à l'horizon 2040 (-13 millions teq CO2 par rapport à l'état initial) et une baisse de 64% à l'horizon 2050.

Il est à noter que le scénario Transition F4 permet bien d'atteindre l'objectif réglementaire à 2050, puisqu'il aboutit à une baisse d'environ 64% des émissions.

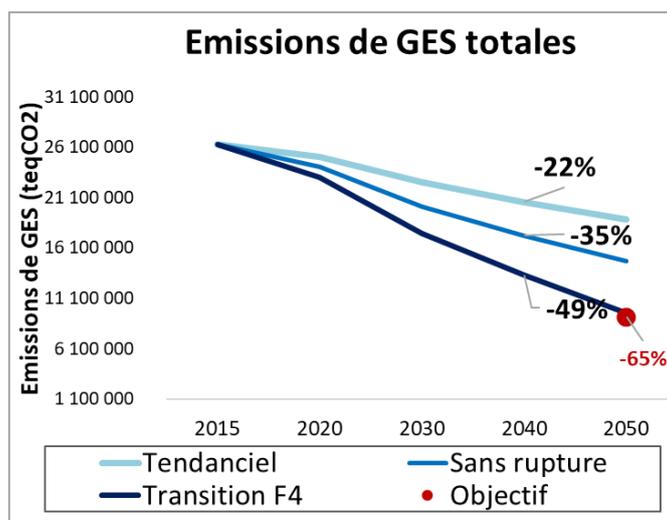


Figure 11 Evolution des émissions GES totales du territoire

Le graphique ci-dessous donne l'évolution des émissions GES du territoire **par secteurs** selon les scénarios, en comparant avec l'état initial. Les baisses les plus importantes **en volume** sont celles du secteur de **l'agriculture** dans le scénario Transition F4 (baisse de 33%) suivies par celles du secteur des **transports** (baisse de 66%). Par ailleurs, ces deux secteurs affichent les différences les plus marquées par rapport au scénario Tendanciel.

Le secteur du bâtiment observe une baisse d'environ 60% dans le scénario Tendanciel et de 70% dans les scénarios Sans Rupture et Transition F4. Enfin, le secteur industriel connaît une baisse allant de 46% pour le scénario Tendanciel à 52% pour le scénario Transition F4. Pour ces trois derniers secteurs, les différences par rapport au scénario tendanciel sont relativement faibles.

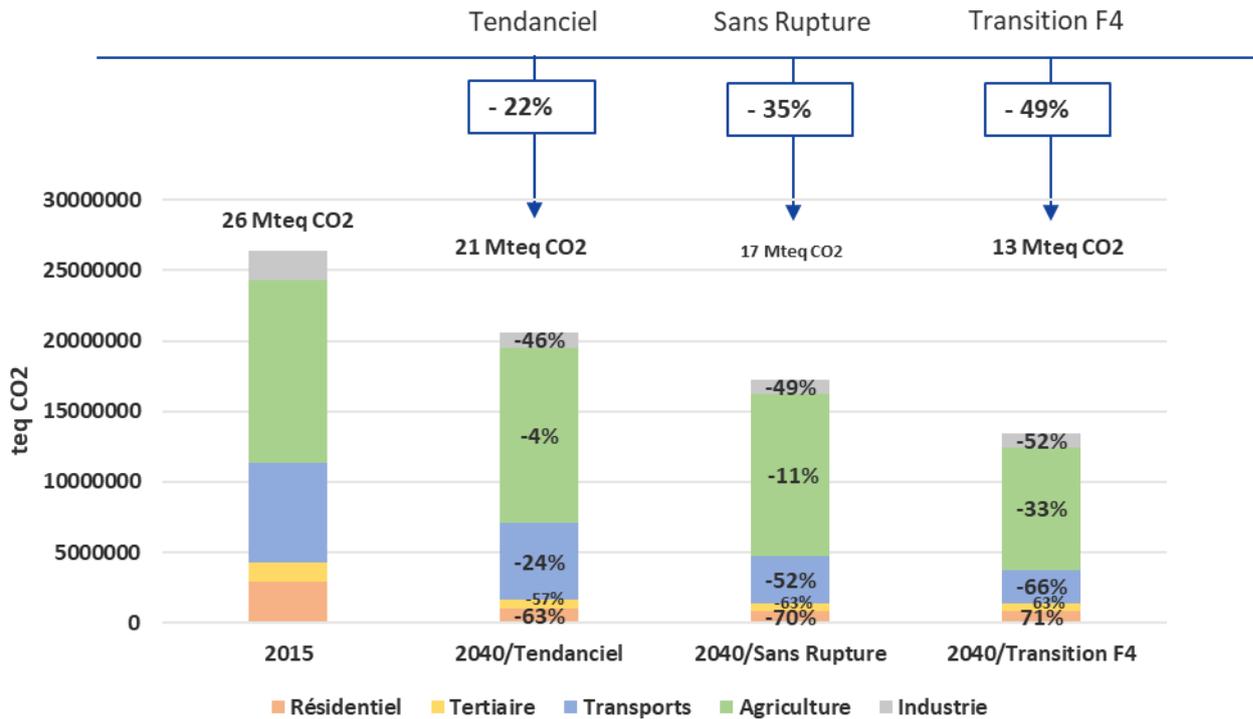


Figure 12 Evolution des émissions GES par secteur du territoire

Le graphique ci-dessous montre l'impact marginal de chaque action menée dans le scénario Transition F4 par rapport au scénario Tendanciel. Les actions les plus impactantes sont celles liées à la mobilité et à l'agriculture. Les actions portant sur le bâtiment et l'industrie n'ont qu'un faible impact marginal sur les émissions.

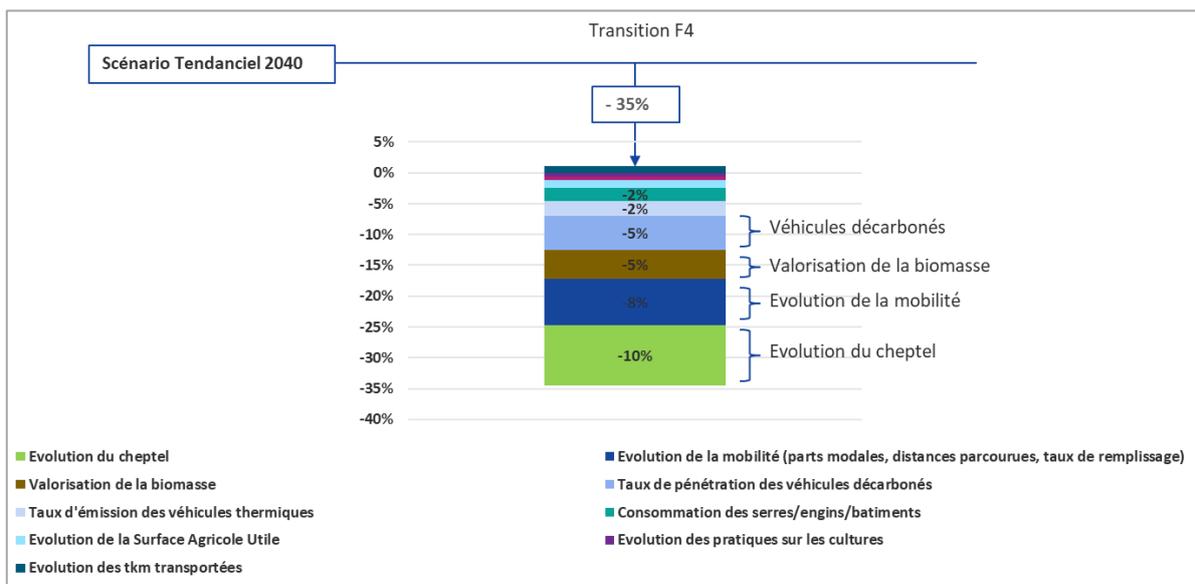


Figure 13 Impact marginal sur les émissions GES des actions du scénario Transition F4 par rapport au scénario Tendanciel

Le graphique ci-dessous montre l'évolution des émissions énergétiques et non énergétiques entre 2015 et 2040. Les émissions énergétiques baissent de 38% dans le scénario Tendanciel, de 57% dans le scénario Sans Rupture et de 49% dans le scénario Transition F4. Les émissions non énergétiques baissent de 1% dans le scénario Tendanciel, de 6% dans le scénario Sans Rupture et de 30% dans le scénario Transition F4. Les paragraphes suivants explicitent les actions les plus dimensionnantes dans la baisse des émissions GES énergétiques d'une part et non énergétiques d'autre part.

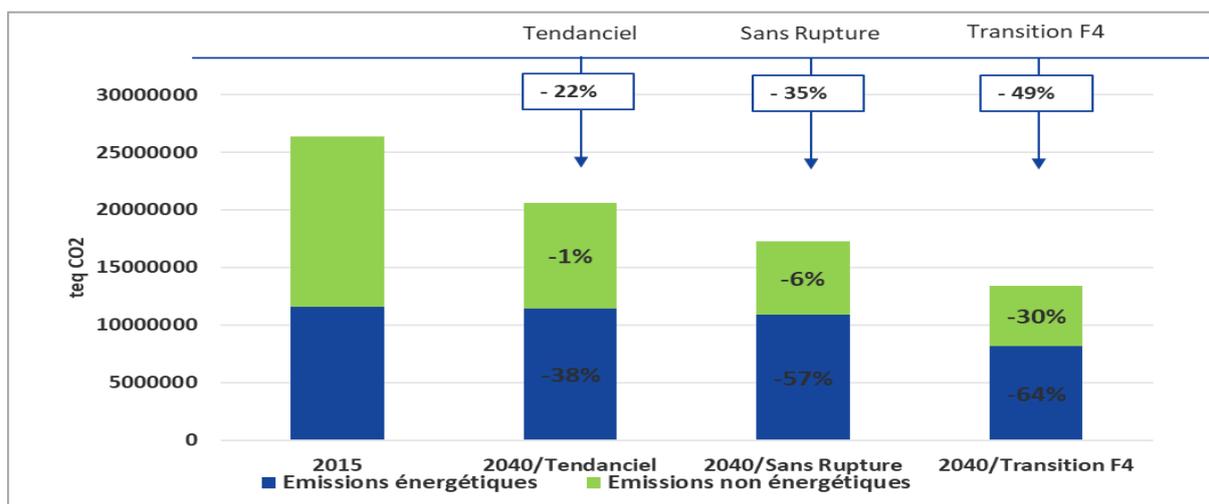


Figure 14 Evolution des émissions énergétiques et non énergétiques entre 2015 et 2040

3.2.1 Emissions de GES énergétiques

La baisse de la consommation totale du territoire à l'horizon 2040 de 14% dans le scénario Tendanciel, de 29% dans le scénario Sans Rupture et de 36% dans le scénario Transition F4 a un effet direct sur la baisse des émissions énergétiques. Cependant, cette baisse est amplifiée par :

- **Les changements de vecteurs :**

Le passage à des vecteurs moins carbonés, à travers par exemple des transferts Fioul/Gaz et Fioul/Electricité dans le secteur du bâtiment et des transferts Produits Pétroliers/GNV ou Produits Pétroliers/Electricité dans le secteur des transferts, a un effet encore plus marqué sur les émissions que sur les consommations.

- **La baisse des contenus CO2 des vecteurs :**

La baisse des contenus CO2 des vecteurs énergétiques observée à la maille nationale fait naturellement baisser les émissions énergétiques, pour une consommation donnée. Ainsi le contenu carbone de l'électricité baisse de 70 gCO2/kWh actuellement à 18 gCO2/kWh en 2040, le contenu carbone du gaz baisse de 227 gCO2/kWh à 138 gCO2/kWh en 2040 et le contenu carbone du réseau de chaleur urbain passe de 156 gCO2/kWh à 62 gCO2/kWh.

Par ailleurs, le secteur des transports est celui qui constate les baisses les plus marquées de ses émissions énergétiques, à la fois en volume (tonnes d'émissions évitées par rapport à 2050) et en relatif (tonnes d'émissions évitées par rapport au scénario tendanciel en 2040). Les actions les plus

impactantes sont celles qui sont citées dans le paragraphe [3.1.1.2](#), soit les changements d'habitudes liées à la mobilité et la pénétration de véhicules décarbonés.

3.2.2 Emissions de GES non énergétiques

Les émissions non énergétiques baissent de 1% dans le scénario Tendancier, de 6% dans le scénario Sans Rupture et de 31% dans le scénario Transition F4. Ces baisses sont réalisées par le secteur agricole et sont portées par deux axes majeurs :

- L'évolution des élevages :

La baisse des émissions non énergétiques des élevages entraîne une diminution de 2% des émissions non énergétiques dans le scénario Tendancier, de 7% dans le scénario Sans Rupture et de 27% dans le scénario Transition F4. Ces émissions correspondent au CH_4 (méthane) qui est issu de la fermentation entérique des animaux (surtout rôtis des bovins) et des déjections animales, et au N_2O (protoxyde d'azote) qui est issu des déjections et des émissions des sols en lien avec des apports d'azote organique. Pour information, le pouvoir de réchauffement global du CH_4 est de 25, celui du N_2O est de 298 contre un pouvoir de 1 pour le CO_2 .

Les émissions non énergétiques des élevages dépendent :

o *Du nombre de têtes de cheptel*

Les scénarios Tendancier et Sans Rupture supposent une stabilité du nombre de têtes de cheptels par rapport à 2015 alors que le scénario Transition F4 suppose une baisse du nombre de vaches laitières de 29%, des autres bovins de 26%, des porcins de 16%, des volailles de 6% et une augmentation des ovins et caprins de 13%. La baisse du nombre de têtes de cheptel permet la réduction de 20% des émissions non énergétiques de l'agriculture dans le scénario Transition F4, sur une baisse totale observée de 31%. C'est donc l'action la plus impactante.

o *De la valorisation des lisiers et fumiers par méthanisation*

La valorisation des lisiers et fumiers par méthanisation permet d'éviter des émissions de GES. Dans le scénario Transition F4, cette action permet de réduire de 7% supplémentaires les émissions non énergétiques entre 2015 et 2040. Le scénario Tendancier suppose que 15% du gisement de lisier et 4% du gisement de fumier sont valorisés par méthanisation. Le scénario Sans Rupture suppose que 50% du gisement de lisier et 34% du gisement de fumier sont valorisés par méthanisation. Enfin, le scénario Transition F4 suppose que 87% du gisement de lisier et 59% du gisement de fumier sont valorisés par méthanisation.

o *Du régime alimentaire des espèces*

Le changement du régime alimentaire des vaches laitières via l'ajustement de la matière azotée totale (MAT) des rations (avec un objectif maximal de 14% de MAT) permet de réduire

l'excrétion d'azote dans les urines. Les scénarios Tendanciel et Sans Rupture supposent que 75% du cheptel sera touché en 2035, alors que le scénario Transition F4 suppose que 90% du cheptel sera touché en 2035. Cette action a un impact de 1% sur la baisse des émissions non énergétiques.

- **L'évolution des cultures**

La variation des émissions non énergétiques des cultures entraîne une augmentation de 1% des émissions non énergétiques dans le scénario Tendanciel, une stabilité dans le scénario Sans Rupture et une baisse de 4% dans le scénario Transition F4. Les émissions non énergétiques des cultures correspondent aux émissions liées à l'épandage des engrais synthétiques, aux résidus de cultures et à la production d'ammoniac. L'évolution des cultures dépend donc :

- *De l'évolution de la Surface Agricole Utile et de son occupation*

La Surface Agricole Utile (SAU) augmente dans les scénarios Tendanciel et Sans Rupture portée par l'augmentation des fourrages. La SAU baisse dans le scénario Transition F4 du fait de l'afforestation (1 million d'hectares entre 2010 et 2035 en France) et de l'augmentation des prairies permanentes (1,5% par an de 2010 et 2035 puis une stabilisation). Son occupation évolue aussi portée par le changement des habitudes d'alimentation. Le graphique ci-dessous présente les hypothèses retenues.

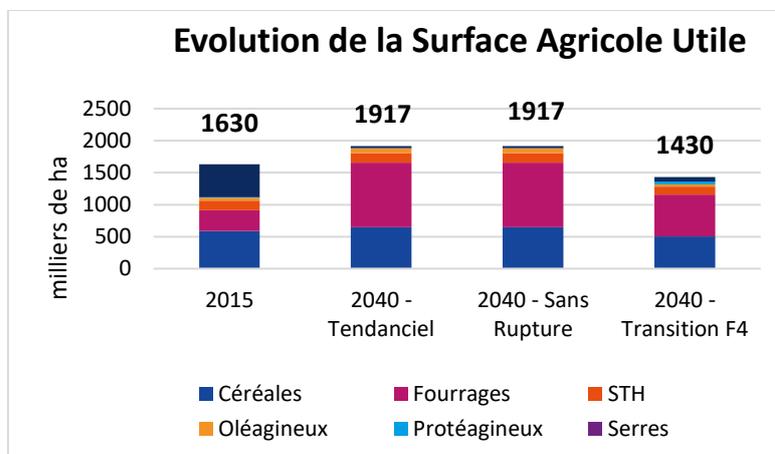


Figure 15 Evolution de la Surface Agricole Utile bretonne entre 2015 et 2040

- *De l'évolution des pratiques effectuées sur les cultures agricoles*

La réduction du volume d'épandage d'engrais synthétique par hectare de 43% permet de réduire les émissions provenant des cultures. De plus, la valorisation des résidus de cultures pour la méthanisation permet d'éviter des émissions supplémentaires. En effet, le scénario Tendanciel et le scénario Sans Rupture supposent respectivement que 2% et 3% du gisement de résidus de cultures est valorisé par méthanisation. Le scénario Transition F4 quant à lui suppose que 31% du gisement de résidus de cultures est valorisé par méthanisation.

Pour conclure, les baisses de consommation décrites précédemment ont un impact bénéfique sur les émissions de gaz à effet de serre (GES) énergétiques du territoire. Les hypothèses de changement de vecteurs d'énergies permettent d'amplifier l'effet de baisse des consommations et profitent de la baisse des contenus CO2 des vecteurs énergétiques au niveau national. En outre, les baisses les plus importantes d'émissions énergétiques sont constatées dans le secteur des transports, résultant des changements d'habitude liées à la mobilité et à la pénétration de véhicules décarbonés dans le parc roulant.

Les émissions non énergétiques baissent dans les scénarios et particulièrement dans le scénario Transition F4 grâce aux actions menées dans le secteur agricole, soit à travers l'évolution des élevages ou celle des cultures. Les deux actions les plus impactantes dans la baisse des émissions non énergétiques sont l'évolution des têtes de cheptel et la valorisation des lisiers et fumiers par la méthanisation.

3.3 Productions d'énergie

3.3.1 Production d'électricité

En 2017, la région a produit 3,2 TWh d'électricité soit 16% de la consommation régionale d'électricité. De plus, les énergies renouvelables et de récupération (EnR&R) couvrent 78% de la production bretonne d'électricité. Cette production ENR électrique est réalisée en grande partie par l'éolien et l'usine marémotrice de la Rance, même si le photovoltaïque commence à se développer ces dernières années.

Les scénarios supposent une multiplication de la production d'électricité par 2 pour le scénario tendanciel, par 8 pour le scénario Sans Rupture et par 9 pour le scénario Transition F4. Dans les deux derniers scénarios, la Bretagne devient un territoire exportateur d'électricité.

Par ailleurs, le mix électrique verdit progressivement grâce à l'introduction des ENR et du biogaz (la centrale de Landivisiau fonctionne au biogaz à hauteur de 35% en 2040).

Ainsi, la part de la production locale ENR&R dans la consommation passe de 12% en 2016 à 47% en 2040 dans le scénario Tendanciel, 181% dans le scénario Sans Rupture et 193% dans le scénario Transition F4. En outre, la part ENR dans le mix électrique breton passe de 78% en 2016 à 86% dans le scénario Sans Tendanciel, à 95% dans le scénario Sans Rupture et 96% dans le scénario Transition F4.

Le graphique ci-dessous présente l'évolution de la production d'électricité sur le territoire, par filière de production.

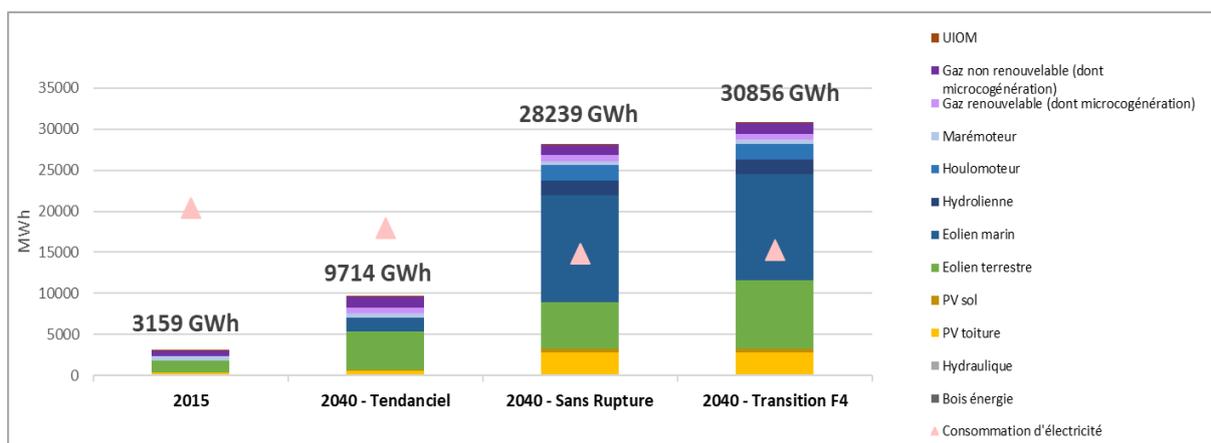


Figure 16 Evolution de la production d'électricité du territoire

La hausse de la production d'électricité d'origine renouvelable est portée particulièrement par le développement de **l'éolien terrestre et marin** en premier plan, puis par le solaire photovoltaïque (au sol et en toiture).

Afin d'atteindre les objectifs du scénario Transition F4, il faudrait que le rythme de développement actuel de l'éolien soit multiplié par 2,1 pour l'éolien terrestre, par 7,6 pour l'éolien marin et par 8,4 pour le solaire photovoltaïque.

3.3.2 Production de chaleur urbaine

La production de chaleur urbaine sur le territoire a atteint 1,1 TWh en 2016, avec un mix à 81% renouvelable.

La consommation de chaleur urbaine baisse de 14% pour le scénario « Sans Rupture » et de 19% pour le scénario « Transition F4 » grâce aux rénovations dans le secteur du bâtiment. La production de chaleur urbaine connaît les mêmes variations que la consommation par construction. Le mix énergétique du réseau de chaleur urbaine est constant par rapport à l'actuel.

Profitant du littoral Breton, la géothermie marine pourrait se développer dans les prochaines décennies. Cependant, elle n'est pas quantifiée dans ces scénarios, en l'absence d'éléments de prospective précis.

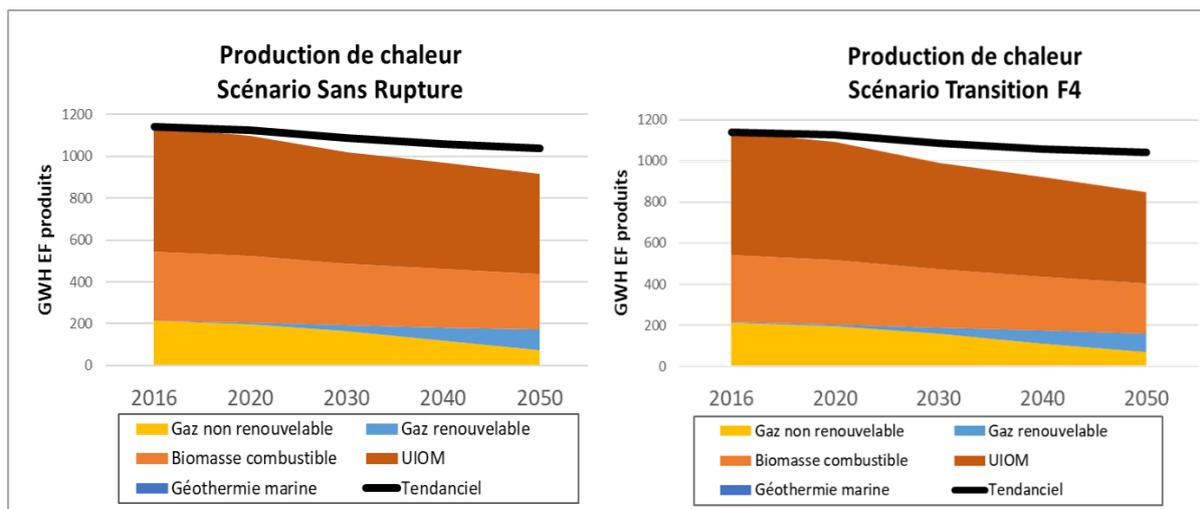


Figure 17 Production de chaleur sur le territoire breton

3.3.3 Valorisation de la biomasse

3.3.3.1 Production de biogaz

L'augmentation de la consommation de gaz s'accompagne par une **augmentation de la production locale de biogaz**. Ainsi, la couverture de la demande locale de gaz passe de 1% en 2016 à 38% en 2040 pour le scénario « Sans Rupture » et à 87% pour le scénario « Transition F4 ».

Les données de mobilisation de la biomasse par filière pour la méthanisation varient selon les trois scénarios. Le scénario tendanciel prolonge la tendance de production de biogaz observée ces dernières années sur le territoire. Le scénario Sans Rupture considère les hypothèses du Schéma Régional Biomasse tandis que le scénario Transition F4 fixe un objectif plus ambitieux, issu du scénario ADEME-GRDF 100% gaz Renouvelable et suppose que la Bretagne contribue à hauteur de 9% dans la production de gaz renouvelable nationale, soit une production de 12 TWh.

Concernant la production de biogaz par pyrogazéification, elle est de 3 TWh pour les scénarios Sans Rupture et Transition F4.

Les graphiques ci-dessous présentent l'évolution de la consommation de gaz du territoire en face de l'évolution de la production de biogaz.

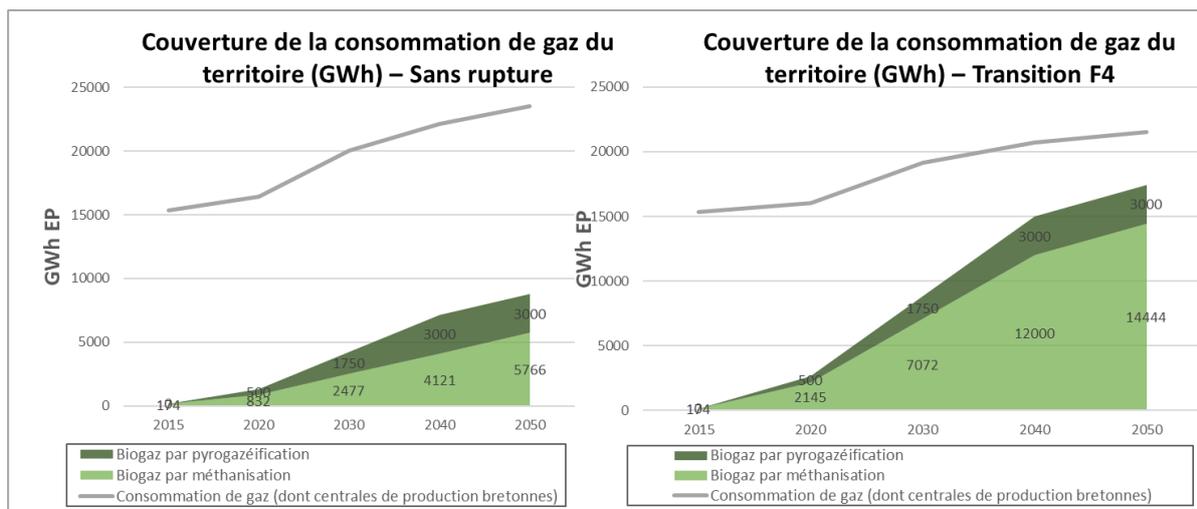


Figure 18 Production de biogaz sur le territoire

3.3.3.2 Production de biomasse combustible

La production de **biomasse combustible** reste stable dans le scénario Tendancier, et est multipliée par 1,8 dans le scénario Sans Rupture et 2,6 dans le scénario Transition F4. La baisse de la consommation dans le secteur du bâtiment portée par les actions de rénovations et l'augmentation de la production locale participent à faire de la Bretagne un territoire exportateur de biomasse combustible en 2040. La couverture de la demande locale de bois passe ainsi de 68% en 2016 à 157% en 2040 pour le scénario « Sans Rupture » et à 236% pour le scénario « Transition F4 ».

Les graphiques ci-dessous présentent l'évolution de la consommation de bois du territoire en face de l'évolution de la production de biomasse combustible.

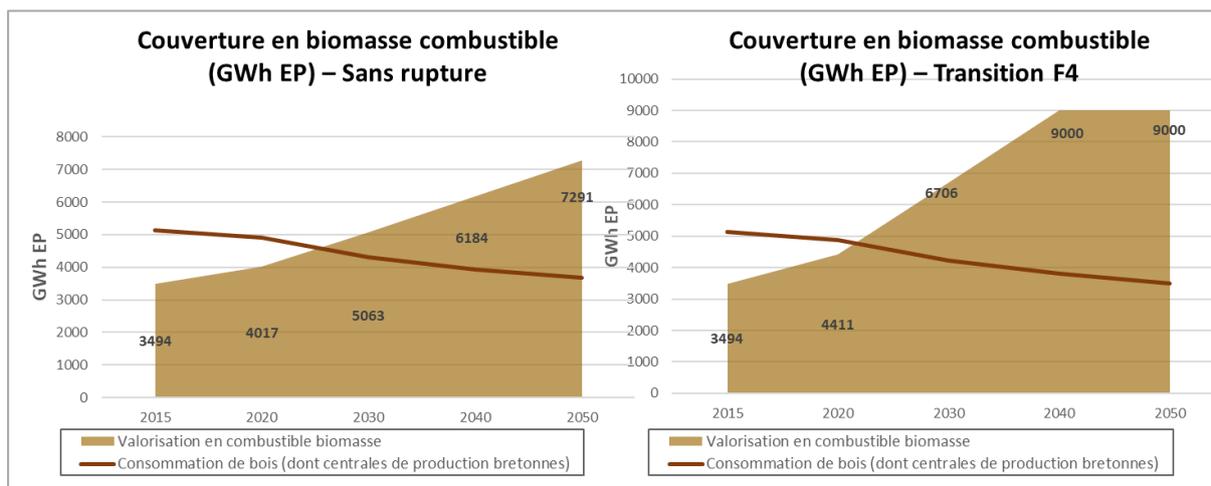


Figure 19 Production de biomasse combustible sur le territoire

En effet, le scénario « Sans Rupture » suppose une stabilité de la consommation totale en bois buche et des importations ainsi qu'une mobilisation du bois décheté et du granulé correspondant au

Schéma Régional Biomasse, pour un total de 6184 GWh mobilisé. Le scénario « Transition F4 » dépasse les ambitions du SRB pour la mobilisation de bois bûche, pour un total de 9000 GWhs de bois mobilisé.

Pour conclure, les baisses de consommation décrites précédemment sont concomitantes d'une augmentation notable de la production d'énergie renouvelable, qui permet à la Bretagne de devenir un territoire exportateur d'électricité et de bois, et d'augmenter de manière significative la couverture locale de consommation de gaz. De plus, la part de la production locale d'ENR&R dans la consommation passe de 12% en 2016 à 40% entre 2040 pour le scénario Tendanciel, 136% pour le scénario Sans Rupture et 190% pour le scénario Transition F4. L'augmentation de la production d'électricité est portée par le développement de l'éolien marin et de l'éolien terrestre suivi par le photovoltaïque.

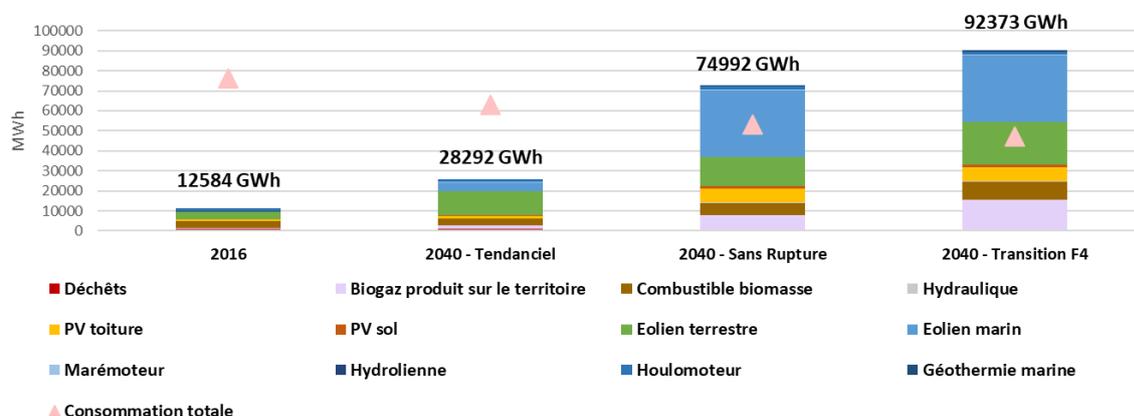


Figure 20 Production d'énergie sur le territoire breton

3.4 Qualité de l'air

La Bretagne est un territoire plus émetteur **d'oxydes d'azote** que la moyenne nationale, avec 6% des émissions de Nox en France provenant de la Bretagne pour 5% de la population. L'importance des trajets domicile-travail par rapport au niveau national explique ces différences. Les NOx étant essentiellement émis par des processus de combustion de combustibles fossiles (véhicules, chauffage ...).

Les émissions NOx baissent de 18% en 2040 par rapport à 2015 dans le scénario Tendanciel, de 54% et de 70% pour les scénarios Sans Rupture et Transition F4. Ces baisses s'expliquent par la diminution de la dépendance énergétique aux produits pétroliers. Les baisses les plus marquées sont celles du secteur des transports, du fait de la pénétration des véhicules à motorisations dites alternatives dont les émissions de NOx sont considérablement plus faibles que celles des véhicules classiques.

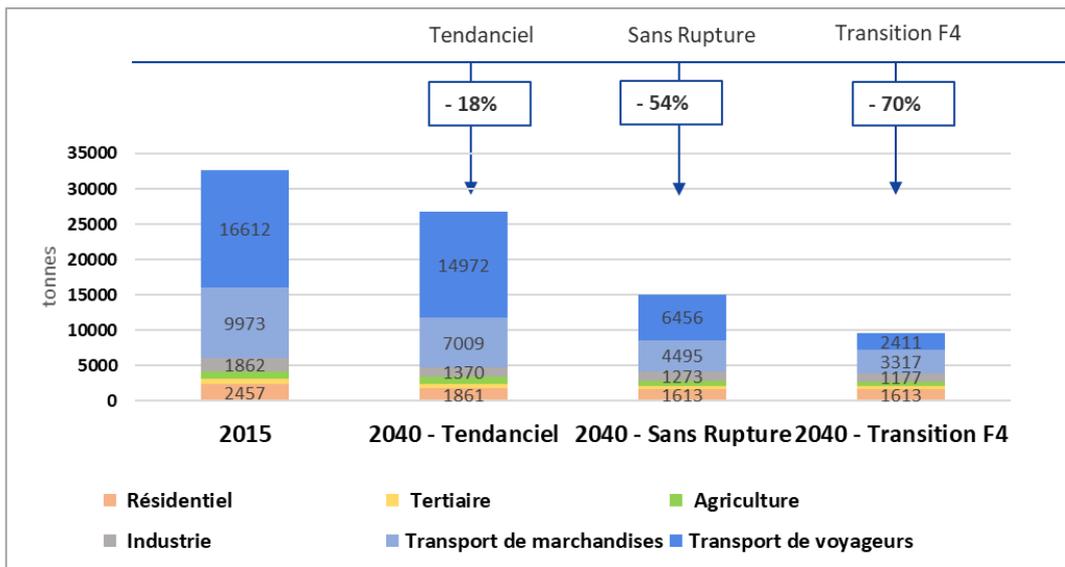


Figure 21 Evolution des émissions de NOx dans le territoire breton

Par ailleurs, la Bretagne est un territoire plus émetteur de **particules fines** que à la moyenne nationale : 7% des émissions de PM10 et 6% de PM2.5 en France proviennent de la Bretagne.

Les émissions de particules baissent de 9% en 2040 par rapport à 2015 dans le scénario Tendanciel, de 30% et de 37% pour les scénarios Sans Rupture et Transition F4. Les baisses les plus marquées sont celles du secteur des transports, du fait de la pénétration des véhicules à motorisations dites alternatives. Les baisses les plus importantes en volumes sont celles du secteur du bâtiment du fait de la sortie du fioul.

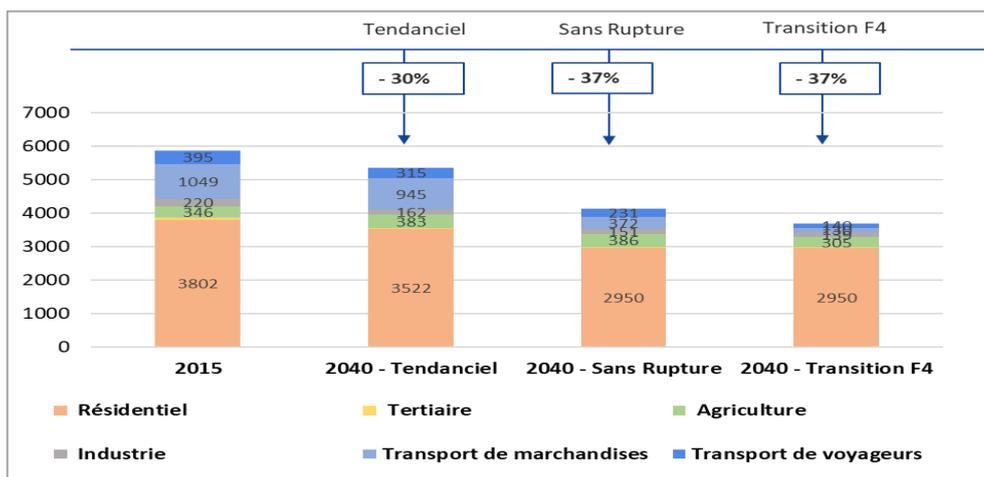


Figure 22 Evolution des émissions de particules totales en suspension (TSP) dans le territoire breton

3.5 Facture énergétique

La baisse des consommations d'énergie à l'horizon 2040 constatée dans chacun des scénarios permet de faire diminuer la facture énergétique du territoire, c'est-à-dire le coût engendré par la consommation énergétique des acteurs du territoire pour les secteurs du bâtiment et de la mobilité.

La méthode suivie consiste à calculer la facture énergétique à l'horizon 2040 en intégrant la croissance des coûts des énergies. Le tableau en annexe 1 résume les coûts considérés pour les différentes énergies, en €/TTC pour le résidentiel et la mobilité et en €/HT pour le tertiaire. Ensuite, on calcule la différence par rapport au scénario Tendanciel.

Les graphiques ci-dessous présentent les différences des factures énergétiques pour les secteurs du résidentiel, du tertiaire et de la mobilité par rapport au scénario tendanciel.

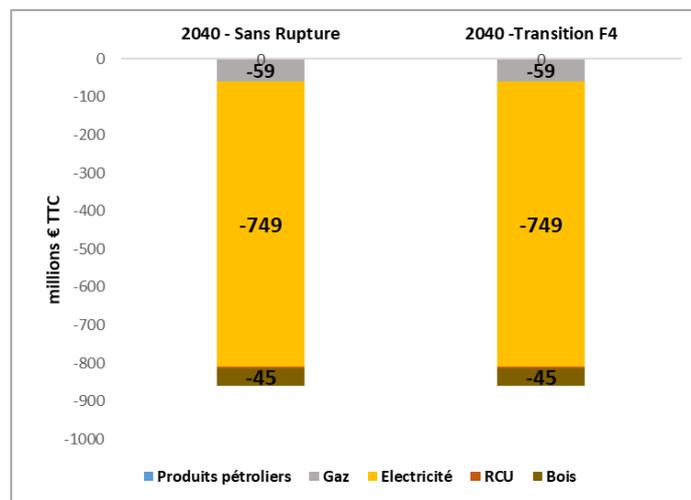


Figure 23 Différence de facture énergétique par rapport au scénario tendanciel dans le secteur résidentiel

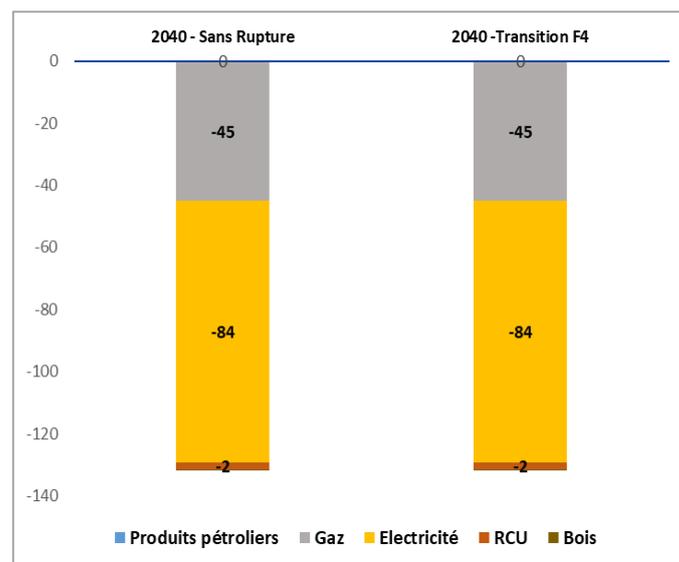


Figure 24 Différence de facture énergétique par rapport au scénario tendanciel dans le secteur tertiaire

La facture énergétique **baisse de 858 millions d'euros TTC** par rapport au Tendanciel dans le secteur résidentiel et de **132 millions d'euros HT** dans le secteur tertiaire, pour les deux scénarios. Les

économies les plus importantes sont réalisées à travers les économies d'électricité qui sont le résultat de la baisse de la consommation d'électricité constatée précédemment dans le secteur bâtiment ainsi que de l'augmentation du coût de l'électricité à 2040. La sortie du Fioul domestique à 2040 et l'augmentation de la consommation de gaz rendent ces deux postes de coûts plus minoritaires.

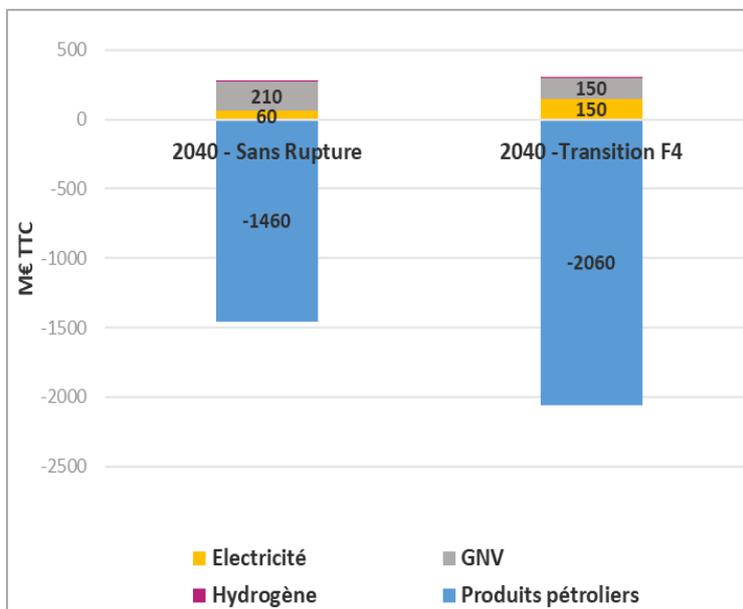


Figure 25 Différence de facture énergétique par rapport au scénario tendanciel dans le secteur de la mobilité

Dans le secteur des transports et en 2040, la pénétration des motorisations décarbonées dans le parc entraîne des économies de produits pétroliers et des surcoûts d'électricité et de GNV. La facture énergétique **baisse de 1182 millions d'euros** dans le scénario Sans Rupture par rapport au scénario Tendanciel et de **1762 millions d'euros** dans le scénario Transition F4.

Pour résumer, les deux scénarios permettent une réduction de la facture énergétique sur les trois secteurs étudiés.

Le graphique ci-dessus présente la différence des coûts combustibles dans les scénarios Sans Rupture et Transition F4 par rapport au scénario Tendanciel. Le scénario « Sans Rupture » **coûte 19 millions d'euros de moins** que le scénario « Tendanciel », en coûts de combustibles alors que le scénario « Transition F4 » **coûte 21 millions d'euros de moins**. Ces économies sont notamment dues à la baisse de consommation de RCU grâce à l'efficacité énergétique.

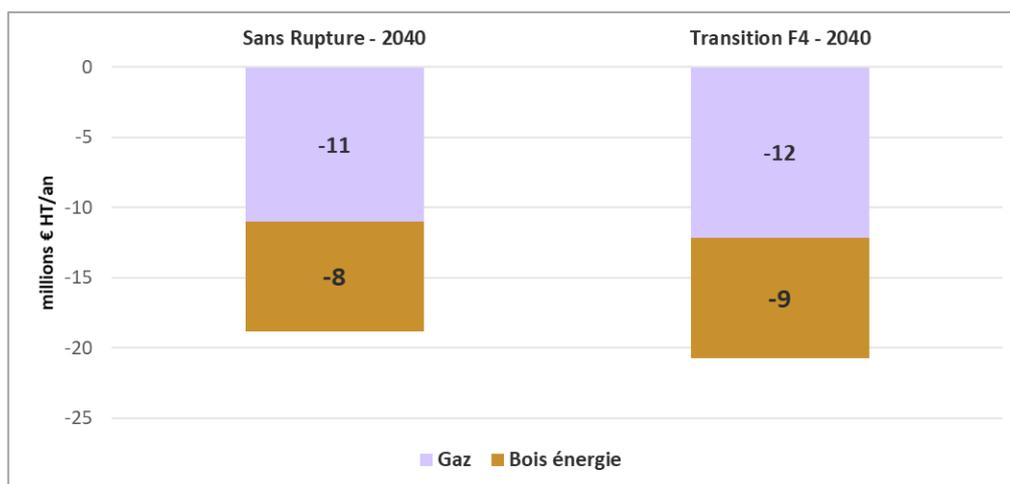


Figure 26 Coûts des combustibles des centrales de production

3.6 Coûts d'investissements

Une démarche de détermination des investissements à mobiliser pour mener à bien chacun des scénarios a été menée pour les secteurs du résidentiel, du tertiaire et de la mobilité. Cette quantification repose, en premier lieu, sur la prise d'hypothèses en termes de coûts unitaires (coût du MWh économisé pour la sobriété énergétique, coût surfacique d'une rénovation thermique dans le tertiaire, le résidentiel, coût d'installation d'un MW éolien supplémentaire...). L'ensemble de ces hypothèses est détaillé dans le document « Hypothèses et sources des données ».

Il convient de noter par ailleurs :

- Les coûts sont considérés dans une logique de surplus collectif : l'ensemble des investissements à consentir par l'ensemble des acteurs du territoire est pris en compte. La répartition de ces investissements entre les acteurs, et notamment la part des investissements à porter par la collectivité, sera dépendante des éventuelles politiques d'aide que celle-ci choisira de mettre en place.
- Les investissements ne peuvent être considérés qu'en comparaison avec un scénario de référence. Or il serait malaisé de considérer le passage de l'état actuel au scénario tendanciel comme des investissements liés à la politique énergétique (ex : les démolitions et nouvelles constructions ont un impact sur le niveau de consommation du territoire ; pour autant, il n'est pas sensé de considérer que cette modification de la consommation « coûte » l'ensemble du coût de démolition/construction). Les investissements sont donc considérés par scénario, en comparaison avec le scénario tendanciel.
- Les opérations de transformation énergétique sont menées sur le long-terme. Pour chacune, le volume total d'investissement nécessaire est calculé, puis annualisé en fonction de la durée

sur laquelle l'action aura des effets et d'un taux d'actualisation, ici retenu à 4,5%. Typiquement, la maturité prise en compte pour le calcul d'un coût annualisé correspond au délai de rentabilisation de l'action de transformation, afin de permettre la comparaison entre le coût annuel et le bénéfice annuel associé sur la facture énergétique, par exemple, dans le cadre d'un changement d'équipement de chauffage. Pour l'installation de moyens de production d'énergie renouvelable, le coût annualisé est à comparer avec les revenus annuels associés à la vente de l'énergie produite

Les graphiques suivants présentent les annuités d'investissement en 2040 par rapport au scénario tendanciel pour les secteurs du résidentiel, du tertiaire, de la mobilité et de la production d'énergie.

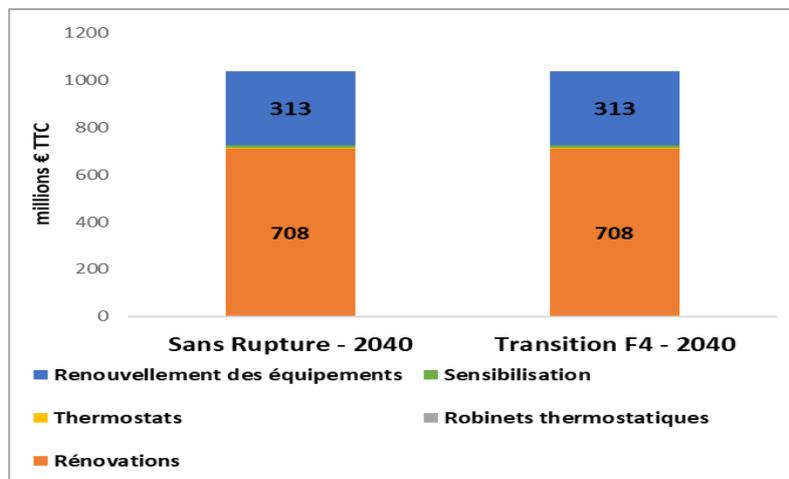


Figure 27 Différence d'annuités d'investissement dans le résidentiel par rapport au scénario Tendanciel en 2040

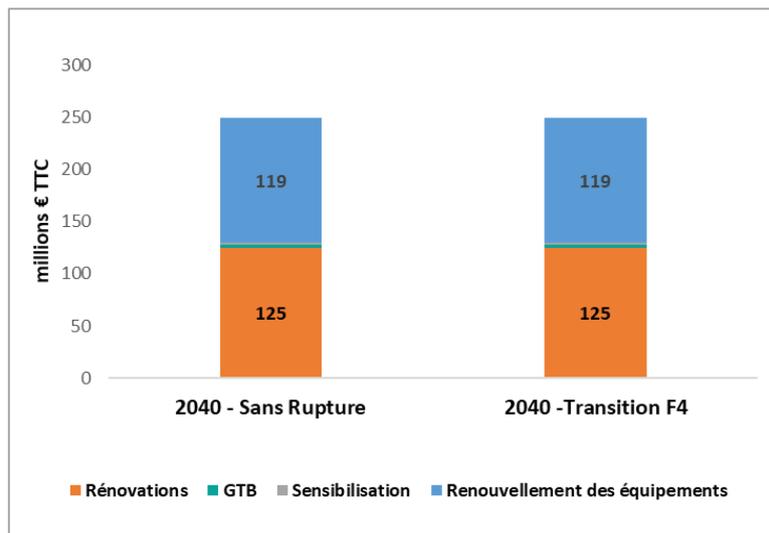


Figure 28 Différence d'annuités d'investissement dans le tertiaire par rapport au scénario Tendanciel en 2040

Pour le secteur du bâtiment, les scénarios « Sans Rupture » et « Transition F4 » coûtent **1039 millions d'euros TTC de plus** que le scénario Tendanciel, en investissements dans le résidentiel et coûtent **249 millions d'euros TTC de plus** que le scénario Tendanciel, en investissements dans le tertiaire.

Le coût des programmes de rénovation thermique apparaît comme un des premiers facteurs de différenciation entre les scénarios prospectifs. Le deuxième facteur de différenciation est le coût lié aux renouvellements d'équipements.

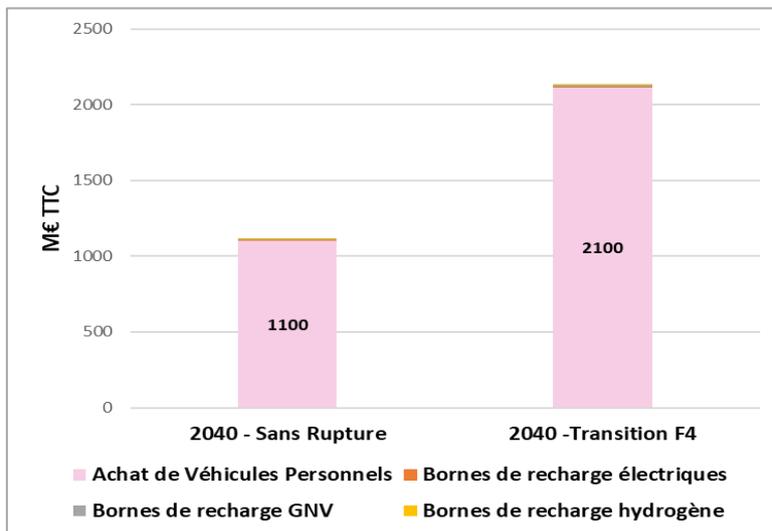


Figure 29 Différence d'annuités d'investissement dans la mobilité par rapport au scénario Tendanciel en 2040

Pour le secteur des transports, le scénario « Sans Rupture » coûte **1100 millions d'euros TTC de plus** en investissements que le scénario Tendanciel et le scénario « Transition F4 » coûte **2113 millions d'euros TTC de plus**. Les coûts d'investissements sont très largement dominés par les achats de véhicules électriques.

Dans le secteur de la production énergie, les coûts d'investissements ont été comptabilisés par filière de production et distingués entre les coûts fixes d'investissement (CAPEX) et les coûts opérationnels de maintenance (OPEX).

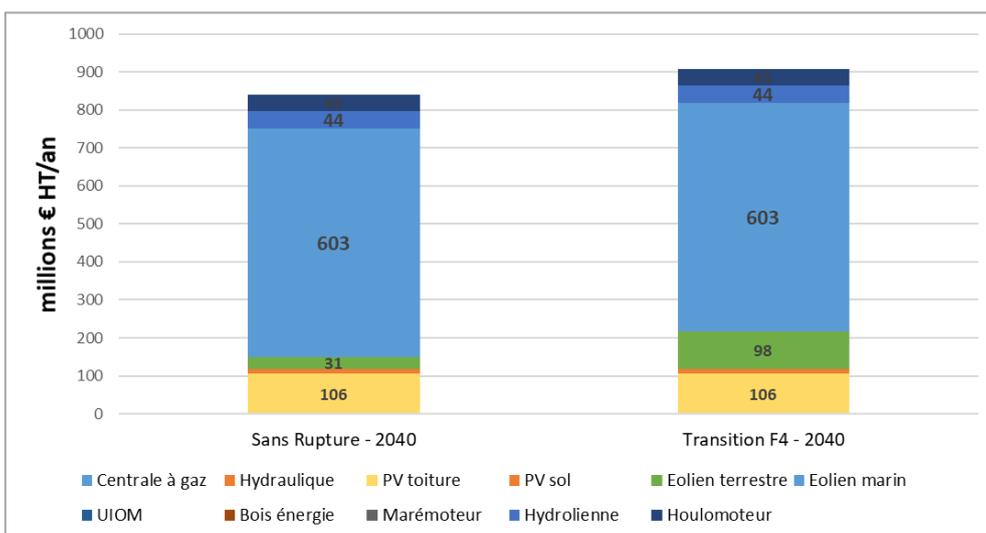


Figure 30 CAPEX des unités de production par rapport au scénario Tendanciel en 2040

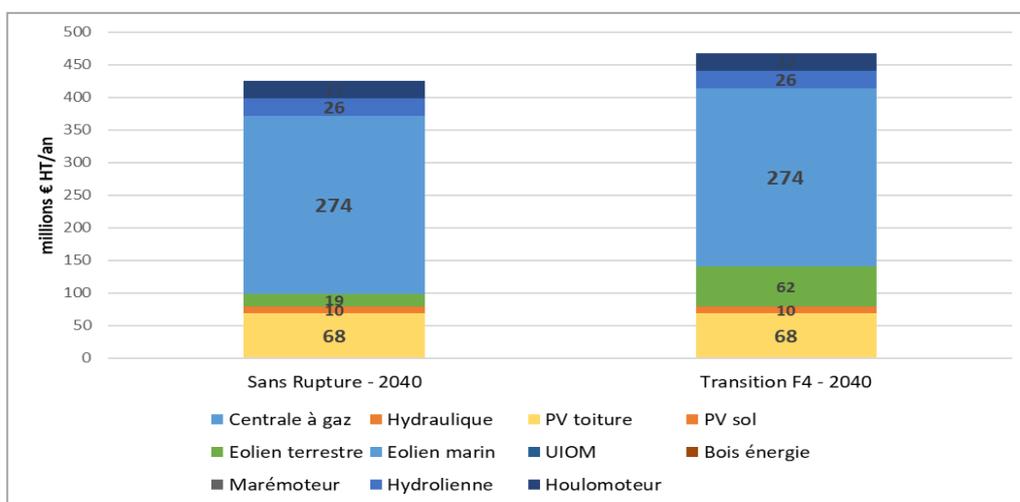


Figure 31 OPEX des unités de production par rapport au scénario Tendanciel en 2040

Le scénario « Sans Rupture » coûte **840** millions d'euros de plus que le scénario « Tendanciel », en coûts d'investissement et **425** millions d'euros de plus en coûts opérationnels.

Le scénario « Transition F4 » coûte **908** millions d'euros de plus que le scénario « Tendanciel », en coûts d'investissement et **467** millions d'euros en coûts opérationnels.

Les différences de coûts d'investissement sont dominées par le poste de l'éolien marin. Le premier élément d'explication est lié aux hypothèses d'entrée des scénarios. En effet, les hypothèses du scénario tendanciel sont très différenciées des hypothèses des deux autres scénarios, étant donné le manque de maturité de la filière à ce jour (en comparaison avec l'éolien terrestre par exemple). Le second élément d'explication est lié aux CAPEX et OPEX de la technologie, qui sont les plus hauts des technologies EnR considérées (le CAPEX de l'éolien marin est 1,5 fois supérieur au CAPEX de l'éolien terrestre).

4 Conclusion

La phase de scénarisation a permis d'étudier trois futurs possibles pour le territoire de breton :

- Un scénario **Tendanciel**, dans lequel les effets observés actuellement ont été prolongés, sans engagement fort de la part des acteurs de la région. Les ambitions de la région ou d'autres acteurs qui n'ont pas encore été formellement actées ne sont pas prises en compte.
- Un scénario **Sans Rupture**, où les ambitions de la région et des acteurs du territoire – afin d'aller au-delà du scénario tendanciel – ont été prises en compte, sans rupture majeure d'ici 2040.
- Un scénario **Transition F4**, qui vise en particulier l'atteinte de l'objectif « Facteur 4 » à l'horizon 2050, soit une réduction d'environ 65% des émissions GES entre 2015 et 2050.

Le scénario Transition F4 permet notamment de comparer les effets d'une politique forte en faveur de l'énergie et de la réduction des émissions de gaz à effet de serre (GES) par rapport :

- à une situation moins ambitieuse qui serait représentée par le scénario Tendanciel,
- à une situation moins ambitieuse mais sans rupture qui correspond au scénario Sans Rupture.

Ainsi, le scénario Transition F4 fixe un objectif de réduction des consommations énergétiques du territoire en 2040 de **36%** par rapport à 2015, une réduction des émissions énergétiques et non énergétiques de **49%** et une multiplication des productions d'énergie renouvelables par **8,5**.

Les baisses dans les **consommations** énergétiques sont portées par les secteurs du **bâtiment** et de la **mobilité**. Dans le premier, les **rénovations** menées et les **changements d'équipements** permettent de réaliser des économies d'énergies et de sortir du fioul domestique. Dans le second, les actions visant aux changements des **habitudes** liées à la mobilité et à la pénétration de **véhicules décarbonés** entraînent la diminution des consommations unitaires des bretons ainsi que la baisse de la **dépendance au pétrole** pour la mobilité.

Au niveau des vecteurs énergétiques, on constate en plus de la **baisse de la dépendance aux produits pétroliers sur l'ensemble des secteurs**, l'augmentation de l'efficacité énergétique qui se traduit par une **baisse de la consommation d'électricité**. La consommation de **gaz augmente** quant à elle, portée par la pénétration des véhicules GNV qui ne contrebalance pas les économies d'énergies induites par l'augmentation de l'efficacité énergétique des différents secteurs.

Les baisses de consommation ont un impact bénéfique sur les émissions de gaz à effet de serre (GES) **énergétiques** du territoire qui baissent de **64%**. Les hypothèses de changement de vecteurs d'énergies permettent d'amplifier l'effet de baisse des consommations et profitent de la baisse des contenus CO2 des vecteurs énergétiques au niveau national. En outre, les baisses les plus importantes d'émissions énergétiques sont constatées dans le secteur des **transports**.

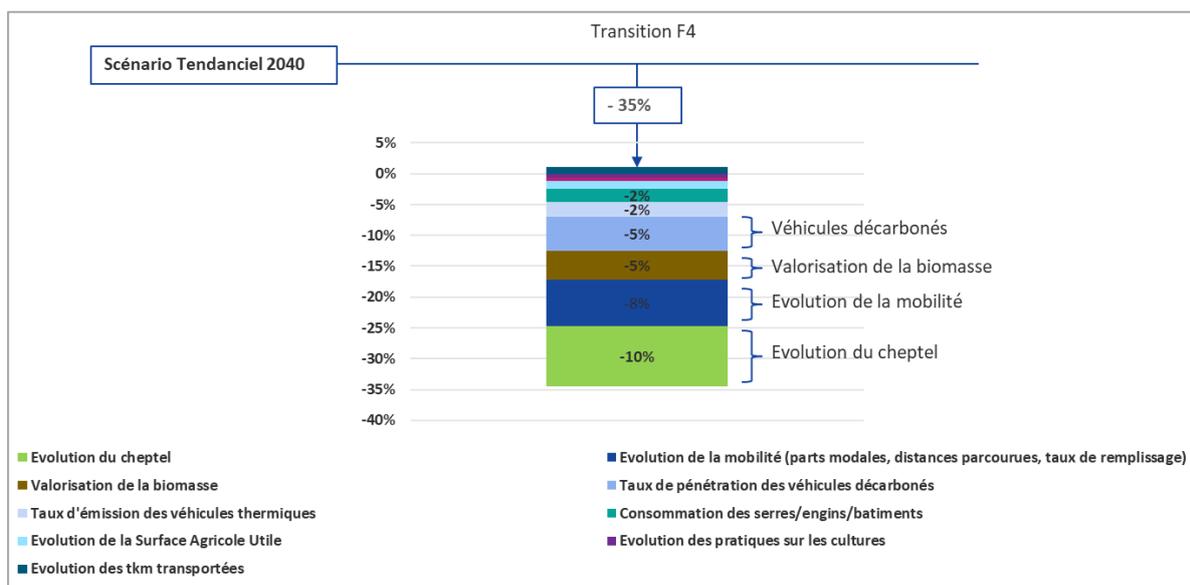
Les émissions non énergétiques baissent de **31%** grâce aux actions menées dans le secteur **agricole**, soit à travers l'évolution des élevages ou celle des cultures. Les deux actions les plus impactantes dans

la baisse des émissions non énergétiques sont l'évolution **des têtes de cheptel** et la valorisation des **lisiers et fumiers par la méthanisation**.

Par ailleurs, la Bretagne devient un territoire **exportateur** d'électricité et de bois, et augmente de manière significative sa couverture locale de la consommation de gaz par la production de biogaz par **méthanisation** et **pyrogazéification**. En effet, la part de la production locale d'ENR&R dans la consommation passe de **14%** en 2016 à **190%** entre 2040. L'augmentation de la production d'électricité est portée par le développement de **l'éolien marin** et de **l'éolien terrestre** suivi par le **photovoltaïque**.

La comparaison au scénario Tendancier fait émerger les conclusions suivantes :

- Les baisses des consommations et émissions énergétiques dans le secteur du bâtiment sont importantes en volumes et ne sont donc pas à négliger. Cependant, leur impact marginal par rapport au scénario Tendancier en 2040 est plus faible, au regard des actions déjà mises en place dans le secteur du bâtiment et de la dynamique déjà en marche.
- Les secteurs de la mobilité et de l'agriculture sont prioritaires. Elles affichent les impacts marginaux les plus importants.



Annexe 1 : Coûts des énergies

Tableau 1 Evolution des coûts des énergies

	2015	2040
Résidentiel - coût du MWh PCI de bois (€TTC/MWh)	54,9	78,4
Tertiaire - coût du MWh PCI de bois (€HT/MWh)	20,5	42,9
Résidentiel et Mobilité – coût du MWh PCI de gaz (€TTC/MWh)	69,69	119,36
Tertiaire – coût du MWh PCI de gaz (€HT/MWh)	56,57	97,85
Résidentiel et Mobilité – coût du MWh d'électricité (€TTC/MWh)	159,59	208,89
Tertiaire – coût du MWh d'électricité (€HT/MWh)	100,05	141,00
Résidentiel et Mobilité – coût du MWh de Produits Pétroliers (€TTC/MWh)	117,2	156,8
Tertiaire – coût du MWh Produits Pétroliers (€HT/MWh)	38,1	71,0

Le détail du calcul des coûts ci-dessus est donné dans le document « Hypothèses et origine des données ».