

Travaux de scénarisation énergétique de la région Bretagne – GAC 40

Hypothèses et sources du travail de scénarisation

Table des matières

1	INTRODUCTION	8
2	DONNEES STRUCTURELLES	9
2.1	CONTENUS CO2 DES ENERGIES	9
2.2	QUALITE DE L’AIR	10
2.3	POPULATION BRETONNE	12
3	PRODUCTION D’ENERGIE	13
3.1	VARIABLES DE CONTEXTE	13
3.1.1	GISEMENT ESTIME DE BIOMASSE VALORISABLE	13
3.1.2	DIFFERENTS RENDEMENTS DE LA BIOMASSE	14
3.1	VARIABLES D’ACTION	16
3.1.1	PUISSANCES ELECTRIQUES INSTALLEES ET FACTEURS DE CHARGE	16
3.1.2	PRODUCTION DES RESEAUX DE CHALEUR (RCU)	18
3.1.3	MOBILISATION DE LA BIOMASSE POUR METHANISATION	18
3.1.4	PART ENR DU GAZ RESEAU	20
3.1.5	VALORISATION DE LA BIOMASSE EN VOIE SECHE (COMBUSTION)	20
3.1.6	VALORISATION DE LA BIOMASSE EN VOIE SECHE (PYROGAZEIFICATION)	21
3.1.7	PRODUCTION DE BIOCARBURANT	22
4	RESIDENTIEL	23
4.1	VARIABLES DE CONTEXTE	23
4.1.1	NOMBRE DE PERSONNES PAR LOGEMENT ET LOGEMENTS A CONSTRUIRE	23
4.1.2	PART DU PARC EXISTANT PAR TRANCHES D’AGE	23
4.1.3	TAUX DE DESTRUCTION ANNUEL	24
4.1.4	PART MAISONS INDIVIDUELLES/ LOGEMENTS COLLECTIFS DU PARC EXISTANT PAR TRANCHE D’AGE	24
4.1.5	SURFACES MOYENNES DES MAISONS INDIVIDUELLES/ LOGEMENTS COLLECTIFS PAR TRANCHE D’AGE	25

4.1.6	EFFICACITES DES MOYENS DE CHAUFFAGE	26
4.1.7	BESOINS EN CHALEUR DU PARC EXISTANT PAR TRANCHE D'AGE	29
4.1.8	BESOINS EN EAU CHAUDE SANITAIRE (ECS)	30
4.1.9	EFFICACITES DES MOYENS D'EAU CHAUDE SANITAIRE	30
4.1.10	EMISSIONS ET CONSOMMATIONS DUES A LA CUISSON	32
4.1.11	CONSOMMATIONS D'ELECTRICITE SPECIFIQUE	32
4.1.12	CONSOMMATIONS LIEES A L'ECLAIRAGE	33
4.1.13	AMELIORATION DE L'EFFICACITE DES EQUIPEMENTS ELECTRIQUES	33
4.2	VARIABLES D'ACTION	34
4.2.1	RENOVATIONS THERMIQUES	34
4.2.2	PERFORMANCES DU NEUF	37
4.2.3	PARTS DE MARCHE DES MOYENS DE CHAUFFAGE	38
4.2.4	PARTS DE MARCHE DES MOYENS D'ECS	42
4.2.5	PARTS DE MARCHE DES VECTEURS DE CHAUFFAGE ET D'ECS	42
4.2.6	SOBRIETE ENERGETIQUE	44
4.2.7	GESTION DE LA TEMPERATURE	45
5	TERTIAIRE	46
5.1	VARIABLES DE CONTEXTE	46
5.1.1	SURFACES DEJA CONSTRUITES ET A CONSTRUIRE	46
5.1.2	DESTRUCTION DU PARC PAR TRANCHE D'AGE	47
5.1.3	BESOINS EN CHALEUR DU PARC	48
5.1.4	EFFICACITES DES MOYENS DE CHAUFFAGE	49
5.1.5	BESOINS EN ECS	49
5.1.6	EFFICACITES DES MOYENS D'ECS	50
5.1.7	EMISSIONS ET CONSOMMATIONS DUES A LA CUISSON	50
5.1.8	CONSOMMATIONS D'ELECTRICITE SPECIFIQUE	52
5.1.9	CONSOMMATIONS EN ECLAIRAGE	52
5.1.10	CONSOMMATIONS ISSUES DE LA CLIMATISATION	52
5.1.11	AMELIORATION DE L'EFFICACITE DES EQUIPEMENTS ELECTRIQUES	53
5.1.12	EMISSIONS LIEES AUX FLUIDES FRIGORIGENES	53
5.2	VARIABLES D'ACTION	53
5.2.1	RENOVATIONS THERMIQUES	54
5.2.2	PARTS DE MARCHE DES MOYENS DE CHAUFFAGE	57
5.2.3	PARTS DE MARCHE DES MOYENS D'ECS	58
5.2.4	PART DE MARCHE DES VECTEURS D'ENERGIE	59

5.2.5	SOBRIETE ENERGETIQUE	61
6	TRANSPORT	62
6.1	VARIABLES DE CONTEXTE	62
6.1.1	GENERAL	62
6.1.2	PARTS MODALES DES METRO/BUS/TRAM POUR LES TRANSPORTS EN COMMUN	62
6.1.3	TAUX D'OCCUPATION CONSIDERES CONSTANTS	63
6.1.4	CONSOMMATIONS DES VEHICULES PARTICULIERS : VOITURES ELECTRIQUES, VEHICULES A CARBURATION AUX PRODUITS PETROLIERS ET VEHICULES GNV	64
	CONSOMMATION EN GAZ DES VEHICULES GNV	64
6.1.5	CONSOMMATIONS DES BUS : ELECTRIQUES, VEHICULES A CARBURATION AUX PRODUITS PETROLIERS ET VEHICULES GNV	64
6.1.6	TKM TRANSPORTES VIA LES PORTS ET LES AEROPORTS	65
6.1.7	TRANSPORT DE MARCHANDISES ROUTIER, REPARTITION ET CAPACITES MOYENNES	65
6.2	VARIABLES D'ACTION	65
6.2.1	NOMBRE DE DEPLACEMENTS PAR JOUR OUVRABLE ET PAR HABITANT	65
6.2.2	EVOLUTION DES DISTANCES PARCOURUES PAR JOUR OUVRE ET PAR HABITANT	66
6.2.3	PARTS MODALES POUR LE TRANSPORT DE VOYAGEURS	67
6.2.4	TAUX DE REMPLISSAGE DES VEHICULES PARTICULIERS	67
6.2.5	PART DES MOTORISATIONS (VEHICULES PARTICULIERS ET VEHICULES UTILITAIRES LEGERS)	68
6.2.6	TAUX D'EMISSIONS DES VEHICULES A CARBURATION AUX PRODUITS PETROLIERS	69
6.2.7	TKM TRANSPORTEES	69
6.2.8	PARTS MODALES DU TRANSPORT DE MARCHANDISES	70
7	AGRICULTURE	71
7.1	VARIABLES DE CONTEXTE	71
7.1.1	EMISSIONS NON-ENERGETIQUES UNITAIRES	71
7.1.2	CONSOMMATION DES SERRES EN 2015	73
7.1.3	CONSOMMATION DES ENGINS AGRICOLES EN 2015	74
7.1.4	CONSOMMATION DES BATIMENTS D'ELEVAGE DE REFERENCE	74
7.1.5	EMISSIONS DU SECTEUR DE LA PECHE	74
7.1.6	IMPACT DU CHANGEMENT DE REGIME ALIMENTAIRE DES VACHES LAITIERES	74
7.2	VARIABLES D' ACTIONS	75
7.2.1	EVOLUTION DE LA SURFACE AGRICOLE UTILE (SAU)	75
7.2.2	EVOLUTION DU CHEPTEL	75

7.2.3	DEPLOIEMENT DES CHANGEMENTS DE REGIME ALIMENTAIRES	76
7.2.4	EFFICACITE ENERGETIQUE DES SERRES, ENGINS AGRICOLES ET BATIMENTS D'ELEVAGE	77
7.2.5	REPARTITION DES VECTEURS D'ENERGIE	77
8	INDUSTRIE	78
8.1	VARIABLES DE CONTEXTE	78
8.1.1	CONSOMMATION EN ENERGIE FINALE DES INDUSTRIES EN 2015	78
8.1.2	POTENTIELS DE GAINS ENERGETIQUES DES INDUSTRIES	78
8.1.3	EMISSIONS NON-ENERGETIQUES	79
8.2	VARIABLES D'ACTION	80
8.2.1	PARTS DE MARCHE DES VECTEURS ENERGETIQUES PAR INDUSTRIE	80
8.2.2	PART DU POTENTIEL D'EFFICACITE ENERGETIQUE ATTEINT PAR LES INDUSTRIES	81
9	COUTS	83
9.1	TAUX D'ACTUALISATION	83
9.2	INVESTISSEMENTS	83
9.2.1	INVESTISSEMENTS REALISES PAR LA COLLECTIVITE	83
9.2.2	INVESTISSEMENTS REALISES PAR LES PRODUCTEURS	87
9.2.3	COUTS VARIABLES ANNUALISES DES PRODUCTEURS	88
9.3	FACTURE ENERGETIQUE PROJETEE	88
9.3.1	ELECTRICITE	88
9.3.2	GAZ	90
9.3.3	BOIS	92
9.3.4	FIOUL ET PRODUITS PETROLIERS	92
9.3.5	CHALEUR	93
9.4	COUT DE LA TONNE DE CO2 EVITEE	93
10	BIBLIOGRAPHIE	94

1 Introduction

Ce document s'inscrit dans le cadre des travaux de scénarisation énergétiques pour la région Bretagne qui se sont déroulés de Juin 2018 à Mars 2019. Artelys a développé, en collaboration avec la Région, les experts régionaux et les membres du GAC 40, un outil Excel qui permet de configurer et de suivre trois scénarios énergétiques à horizon 2040 (tendanciel, sans rupture, transition F4), à l'échelle de la région.

L'objectif de ce document est de répertorier, pour toutes les grandeurs prises en compte dans le modèle de scénarisation, les hypothèses qui ont été retenues pour chaque scénario. Ces hypothèses proviennent de travaux déjà publiés et/ou ont été discutées lors de groupes de travail avec les experts régionaux ou encore lors de discussions bilatérales avec les membres du GAC. Pour chaque hypothèse, on précise la source ainsi que le traitement de la donnée initiale qui peut être parfois nécessaire avant d'être rentrée dans l'outil.

Les hypothèses ont été classées en données structurelles, données sectorielles et données de coûts. La seconde partie du document comporte les données structurelles (contenus co2 des énergies, population bretonne) qui sont communes aux trois scénarios. Les parties suivantes (de la partie 3 à la partie 8) regroupent les hypothèses par secteur (Production d'énergie, Résidentiel, Tertiaire, Transport, Agriculture, Industrie). Pour chaque secteur, on distingue deux types de variables :

- Les **variables de contexte**, dont les valeurs sont communes aux trois scénarios
- Les **variables d'actions**, dont il est possible de choisir le niveau d'ambition parmi trois niveaux correspondant aux trois scénarios.

Enfin, la dernière partie regroupe les hypothèses de coûts qui ont servi au calcul des indicateurs concernés.

2 Données structurelles

Les hypothèses présentées dans cette partie sont communes aux trois scénarios et concernent des données structurelles dont l'évolution est exogène aux scénarios.

2.1 Contenus CO2 des énergies

Pour chacun des vecteurs énergétiques, des contenus carbone en gCO₂/kWh sont utilisés pour calculer les émissions de gaz à effet de serre à partir de la consommation d'énergie. Ces grandeurs sont par ailleurs projetées de manière commune entre les 3 scénarios.

- **Réseau de Chaleur Urbain (RCU) :**
 - Valeur actuelle : Le contenu CO₂ de 2015 du RCU est donné par le rapport émissions/consommation (données OEB 2016).
 - Projections : Son évolution est calculée à posteriori en considérant les parts des différents producteurs de chaleur urbaine.
- **Electricité :**
 - Valeur actuelle : La valeur du diagnostic est issue du mix électrique moyen en 2015 (Ademe, Base Carbone).
 - Projections : Les valeurs retenues dans le futur sont issues de la page 218 des exercices de prospective de l'Ademe (*Ademe – Visions 2030-2050 (2014)*), après linéarisation sur la trajectoire. La décarbonation du mix électrique français, grâce au développement des énergies renouvelables et la fermeture des centrales à charbon ou au fioul entrainera une diminution du contenu CO₂ des énergies. La baisse du contenu CO₂, en émission directe, de l'électricité est à prendre en compte à l'échelle du réseau national.
- **Gaz :**
 - Valeur actuelle : La valeur du diagnostic est une valeur par kWh PCI à mix moyen 2015 (*Ademe – Base Carbone*)
 - Projections : L'introduction de biométhane dans le réseau gazier, contribuera à faire baisser le contenu CO₂ du gaz à l'échelle nationale. Les données retenues sont issues du travail prospectif sur l'origine du gaz réseau de l'Ademe, page 222 (*Ademe – Visions 2030-2050 (2014)*). La valeur 2030 est directement donnée (175gCO₂/kWh PCI), la valeur 2050 a été calculée en utilisant le mix de gaz proposé par l'Ademe et en supposant que le biogaz a un bilan CO₂ neutre (100gCO₂/kWh PCI). La valeur en 2040 est obtenue en linéarisant entre 2030 et 2050.

Contenus CO2		2015	2020	2030	2040	2050
Fioul	gCO2/kWh	324	324	324	324	324
GPL	gCO2/kWh	257	257	257	257	257
Gaz (réseau)	gCO2/kWh	227	210	175	138	100
Electricité (réseau)	gCO2/kWh	70	54	22	18	13
Chaleur urbaine (RCU)	gCO2/kWh	156	147	62	53	156
Bois et biomasse combustible	gCO2/kWh	29,5	29,5	29,5	29,5	29,5

Tableau 1: Contenus CO2 des énergies

2.2 Qualité de l'air

Un contenu en oxydes d'azote (NOx) et en particules fines (TSP) a été considéré pour chacune des énergies. Les équipements utilisés ne sont pas pris en compte dans le modèle de pollution de l'air.

Les valeurs proviennent de la base de données OMINEA de CITEPA (2016).

Consommateurs hors mobilité	Unité	2015	2020	2030	2040	2050
Emissions de Nox						
Taux d'émission de NOx - fioul	gNOx/MWh	179,9	179,9	179,9	179,9	179,9
Taux d'émission de NOx - gaz	gNOx/MWh	179,9	179,9	179,9	179,9	179,9
Taux d'émission de NOx - électricité	gNOx/MWh	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Taux d'émission de NOx - RCU	gNOx/MWh	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Taux d'émission de NOx - bois	gNOx/MWh	276,9	276,9	276,9	276,9	276,9

Emissions de TSP						
Taux d'émission de TSP - fioul	gTSP/MWh	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0
Taux d'émission de TSP - gaz	gTSP/MWh	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2
Taux d'émission de TSP - électricité	gTSP/MWh	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Taux d'émission de TSP - RCU	gTSP/MWh	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Taux d'émission de TSP - bois	gTSP/MWh	996,2	996,2	996,2	996,2	996,2

Mobilité	Unité	2015	2020	2030	2040	2050
Facteurs d'émission de Nox						
VP - gazole - émission de Nox par kWh	gNOx/MWh	1079	1079	1079	1079	1079
VP - GNV - émission de Nox par kWh	gNOx/MWh	108	108	108	108	108
TC - gazole - émission de Nox par kWh	gNOx/MWh	1743	1743	1743	1743	1743
TC - GNV - émission de Nox par kWh	gNOx/MWh	871	871	871	871	871
2RM - essence - émission de Nox par kWh	gNOx/MWh	620	620	620	620	620
VUL - gazole - émission de Nox par kWh	gNOx/MWh	1246	1246	1246	1246	1246
VUL - GNV - émission de Nox par kWh	gNOx/MWh	125	125	125	125	125
PL - gazole - émission de Nox par kWh	gNOx/MWh	1395	1395	1395	1395	1395
PL - GNV - émission de Nox par kWh	gNOx/MWh	209	209	209	209	209
Facteurs d'émission de TSP						
VP - gazole - émission de TSP par kWh	gTSP/MWh	70	70	70	70	70
VP - GNV - émission de TSP par kWh	gTSP/MWh	0	0	0	0	0
TC - gazole - émission de TSP par kWh	gTSP/MWh	29	29	29	29	29
TC - GNV - émission de TSP par kWh	gTSP/MWh	1	1	1	1	1
2RM - essence - émission de TSP par kWh	gTSP/MWh	32	32	32	32	32

VUL - gazole - émission de TSP par kWh	gTSP/MWh	99	99	99	99	99
VUL - GNV - émission de TSP par kWh	gTSP/MWh	0	0	0	0	0
PL - gazole - émission de TSP par kWh	gTSP/MWh	28	28	28	28	28
PL - GNV - émission de TSP par kWh	gTSP/MWh	1079	1079	1079	1079	1079

PRODUCTEURS	Unité	2015	2020	2030	2040	2050
Emissions de Nox						
Taux d'émission de NOx - gaz	gNOx/MWh	216	216	216	216	216
Taux d'émission de NOx - bois	gNOx/MWh	719	719	719	719	719
Emissions de TSP						
Taux d'émission de TSP - gaz	gTSP/MWh	3	3	3	3	3
Taux d'émission de TSP - bois	gTSP/MWh	360	360	360	360	360

Tableau 2: Taux d'émissions de NOx et TSP des consommateurs et producteurs d'énergie

2.3 Population bretonne

La projection de la population est issue des données de projections de l'INSEE (*INSEE – Projection de population 2013-2050 pour les départements et les régions*).

	Unité	2015	2020	2030	2040	2050
Population	Milliers d'hab	3 294	3 412	3 604	3 778	3 905
Part de la population > 5 ans	%hab	94%	94%	94%	94%	94%

Tableau 3: Projection de population et part de la population plus âgée que 5 ans en Bretagne

3 Production d'énergie

Les hypothèses présentées dans cette partie concernent le secteur de la production d'énergie. Elles sont classifiées en variables de contexte d'une part et en variables d'action d'autre part.

3.1 Variables de contexte

3.1.1 Gisement estimé de biomasse valorisable

Des gisements de biomasse sont considérés afin de prendre en compte la part valorisée par la production d'énergie entre les scénarios. Ces données en tonnes sont basées sur les estimations de gisement du SRB (*Schéma Régional Biomasse – Bretagne (version du 18/07/2018)*)

Potentiel valorisable en voie humide (méthanisation)

Potentiel valorisable en voie sèche (combustion/pyrogazéification)

En milliers de tonnes	Gisement estimé
Lisier	15400
Fumier	10400
Cultures intermédiaires	5300
Cultures principales pouvant être valorisées en méthanisation	
Résidus de cultures	3850
Issues de silos	8
Bocage	530
Miscanthus	9
TTCR	4
Vergers	9
Biomasse agricole	35510
Forêt	3000
Industries du bois	220

Biomasse forestière	3220
Industrie Agro Alimentaire	695
Déchets organiques	345
Assainissement	1350
Déchets verts	1080
Déchets verts	
Bois en fin de vie	300
Biodéchets	3770
Total	42500

Tableau 4: Potentiels annuels de biomasse valorisable (milliers de tonnes)

3.1.2 Différents rendements de la biomasse

Pour les différentes filières de valorisation et chaque type de biomasse, on fournit une valeur de rendement PCI en MWh/tonne de biomasse.

Pouvoir méthanogène :

Il est calculé sur la base des projections du SRB qui présente l'équivalent énergétique en ktep du biométhane produit et le nombre de tonne mobilisé, pour chaque type de biomasse valorisable en voie sèche. On effectue alors le rapport des deux champs.

Pouvoir méthanogène des différentes FILIERES (voie humide)		
Lisier - pouvoir méthanogène	MWh/t	0,1
Fumier - pouvoir méthanogène	MWh/t	0,3
Cultures intermédiaires - pouvoir méthanogène	MWh/t	0,5
Cultures principales - pouvoir méthanogène	MWH/T	0,9
Résidus de culture - pouvoir méthanogène	MWH/T	1,9
Issues de silos - pouvoir méthanogène	MWH/T	2,0
IAA - pouvoir méthanogène	MWH/T	1,2
Déchets organiques forestiers - pouvoir méthanogène	MWH/T	1,1
Assainissement - pouvoir méthanogène	MWH/T	0,1
Biodéchets - pouvoir méthanogène	MWH/T	0,8

Tableau 5: Pouvoirs méthanogènes des différents types de biomasse valorisable par voie humide

Pouvoir calorifique de combustion :

De la même manière, les pouvoirs calorifiques de combustion sont calculés séparément pour chaque filière à partir du SRB (*Schéma Régional Biomasse – Bretagne (version du 18/07/2018)*).

Pouvoir calorifique (combustion)		
Bocage - pouvoir calorifique	MWh/t	2,1
Miscanthus - pouvoir calorifique	MWh/t	4,2
TTCR - pouvoir calorifique	MWh/t	3,8
Vergers - pouvoir calorifique	MWh/t	3,9
Sylcivulture - pouvoir calorifique	MWh/t	2,0
Industries du bois - pouvoir calorifique	MWh/t	1,9
Déchets verts - pouvoir calorifique	MWh/t	2,3
Bois en fin de vie - pouvoir calorifique	MWh/t	4,3

Tableau 6: Pouvoirs calorifiques de combustion des différents types de biomasse valorisable par voie sèche

Rendement de pyrogazéification :

On fait l'hypothèse que le gaz produit par pyrogazéification subit une méthanation et on ne considère alors que l'injection de biométhane sur le réseau.

D'après la plaquette de communication du projet GAYA, on peut produire 200 m³ de biométhane injectable sur le réseau avec 1 tonne de biomasse. Si on associe à ce biométhane le pouvoir calorifique du méthane pur, on obtient une valeur de rendement de **1,994 MWh/tonne de biomasse**.

Rendement de la transformation biocarburants :

Seuls les biocarburants de 2^{ème} génération sont intégrés au modèle (biomasse lignocellulosique). Ces valeurs intègrent un rendement massique, de l'ordre de 18% (source IFP Energies Nouvelles) puis un pouvoir calorifique égal à 27 MJ/kg (éthanol)

3.1 Variables d'action

3.1.1 Puissances électriques installées et facteurs de charge

Les données de diagnostic du parc sont issues de l'Opendata RTE pour l'année 2015 en Bretagne (*RTE - puissance installées par région (2017), RTE - consommation par région (2017)*)

Les hypothèses de scénarisation ont été discutées pendant le groupe de travail sur le thème des EnR (04/09/2018). Elles se basent sur :

- Une projection tendancielle des capacités installées (scénario tendanciel)
- Des dires d'expert (scénario sans rupture)
- Des valeurs issues des exercices de prospective de l'Ademe (*Ademe – Visions 2030-2050 (Actualisation 2017)*)

Pour la filière thermique classique, on intègre dans les 3 scénarios la CCCG de Landivisiau qui sera mise en marche en 2022, avec une puissance installée de 446 MW et un facteur de charge est calculé pour un fonctionnement de 4500h par an. Les TAC de Dirinon et Brennilis sont ainsi amenées à cesser de produire dès la mise en service de la centrale de Landivisiau.

En l'absence d'hypothèses supplémentaires les filières UIOM, hydraulique, bois-énergie et marémoteur (centrale de la Rance) ont des capacités et un facteur de charge fixe.

	Variable	Unité	2015			2040		
			Tendanciel	Sans Rupture	Transition F4	Tendanciel	Sans Rupture	Transition F4
Gaz - évolution de la capacité installée	Gaz - puissance installée	MW	859	859	859	446	446	446
	Gaz - facteur de charge	%	10%	10%	10%	51%	51%	51%
Hydraulique - évolution de la capacité installée	Hydraulique - puissance installée	MW	39	39	39	39	39	39
	Hydraulique - facteur de charge	%	19%	19%	19%	19%	19%	19%
PV toiture - évolution de la capacité installée	PV toiture - puissance installée	MW	171	171	171	480	2 680	2 680
	PV toiture - facteur de charge	%	12%	12%	12%	11%	11%	11%
PV sol - évolution de la capacité installée	PV sol - puissance installée	MW	19	19	19	60	470	470
	PV sol - facteur de charge	%	12%	12%	12%	11%	11%	11%
Eolien terrestre - évolution de la capacité installée	Eolien terrestre - puissance installée	MW	913	913	913	2 387	2 911	4 050
	Eolien terrestre - facteur de charge	%	18%	18%	18%	22%	22%	23%
Eolien marin - évolution de la capacité installée	Eolien marin - puissance installée	MW	-	-	-	524	4 000	4 000
	Eolien marin - facteur de charge	%	0%	0%	0%	37%	37%	37%
UIOM - évolution de la capacité installée	UIOM - puissance installée	MW	15	15	15	15	15	15
	UIOM - facteur de charge	%	84%	84%	84%	84%	84%	84%
Bois énergie - évolution de la capacité installée	Bois énergie - puissance installée	MW	40	40	40	40	40	40
	Bois énergie - facteur de charge	%	20%	20%	20%	20%	20%	20%
Marémoteur - évolution de la capacité installée	Marémoteur - puissance installée	MW	238	238	238	238	238	238
	Marémoteur - facteur de charge	%	25%	25%	25%	25%	25%	25%
Hydrolienne - évolution de la capacité installée	Hydrolienne - puissance installée	MW	-	-	-	10	500	500

	Hydrolienne - facteur de charge	%	0%	0%	0%	40%	40%	40%
Houlomoteur - évolution de la capacité installée	Houlomoteur - puissance installée	MW	-	-	-	-	500	500
	Houlomoteur - facteur de charge	%	0%	0%	0%	0%	43%	43%

Tableau 7: Données de scénarisation retenues pour la production d'électricité et les capacités installées à 2040 pour les trois scénarios

3.1.2 Production des réseaux de chaleur (RCU)

Le diagnostic se base sur les données du diagnostic de l'OEB (*Observatoire de l'Energie Breton (OEB) – diagnostic de consommation (2015) et de production (2016)*) concernant la production de chaleur urbaine en 2015 de quatre filières :

- Gaz (chaufferie, biogaz et cogénération inclus)
- UIOM
- Bois (biomasse combustible)
- Géothermie marine

Au sein des différents scénarios, la production de chaleur urbaine des réseaux de chaleur est donnée par la consommation du vecteur « RCU » pour tous les secteurs sauf le secteur des transports. Cette consommation est la résultante des actions énergétiques appliqués sur ces secteurs (part de marché du vecteur RCU, rénovations, etc...).

Une fois que le volume de consommation de RCU est fixé, on scénarise la répartition au sein des filières de production. La production est ainsi répartie entre les trois filières restantes selon la même répartition que celle du diagnostic de l'OEB 2015 (**19% de gaz naturel et biogaz répartis entre eux selon la part de renouvelable du réseau de gaz, 29% de biomasse combustible, 52% produits par les UIOM**). On suppose ainsi que les capacités actuelles s'adapteront à la demande locale.

3.1.3 Mobilisation de la biomasse pour méthanisation

Les données de mobilisation de la biomasse pour la méthanisation sont issues du diagnostic 2016 présent dans le SRB

Pour le scénario Tendancier, on prolonge la tendance de production de biogaz. La production de biométhane par type de biomasse est obtenue en appliquant la répartition du diagnostic SRB.

Pour le scénario Sans rupture, les données utilisées pour la projection sont issues de la mobilisation par voie humide prévue par le SRB. Le gisement de cultures principales dédiées à la méthanisation est supposé ne pas évoluer, en l'absence d'hypothèse.

Pour le scénario de Transition F4, on utilise les données du scénario 100% Gaz renouvelable (*Ademe – Un mix de gaz 100% renouvelable en 2050 ? (2018)*) dans lequel la valorisation de chaque filière de biomasse d'ici 2050 est prévue pour chaque département breton. Une filière vient s'ajouter aux autres scénarios (car non prévue dans le SRB) : les algues, dont on considère le gisement infini. Les gisements liés aux cultures intermédiaires sont volontairement dépassés (prélèvement de 194% du gisement) tout comme le lisier, soulignant la différence avec les gisements prévus par le SRB.

Tout le biogaz produit est supposé injecté au réseau de gaz (hypothèse retenue lors du groupe de travail sur les EnR le 04/09/2018).

Actions	2015				2040		
	Unité	Tendance	Sans Rupture	Transition F4	Tendance	Sans Rupture	Transition F4
Lisier - % du gisement valorisé par méthanisation	%	1%	1%	1%	15%	50%	87%
Fumier - % du gisement valorisé par méthanisation	%	0%	0%	0%	4%	34%	59%
Cultures intermédiaires - % du gisement valorisé par méthanisation	%	1%	1%	1%	6%	51%	194%
Cultures principales - % du gisement valorisé par méthanisation	%	100%	100%	100%	100%	100%	83%
Résidus de culture - % du gisement valorisé par méthanisation	%	0%	0%	0%	2%	3%	31%
Issues de silos - % du gisement valorisé par méthanisation	%	100%	100%	100%	100%	100%	83%
IAA - % du gisement valorisé par méthanisation	%	4%	4%	4%	45%	14%	20%
Déchets organiques forestiers - % du gisement valorisé par méthanisation	%	4%	4%	4%	45%	61%	82%
Assainissement - % du gisement valorisé par méthanisation	%	7%	7%	7%	77%	33%	0%
Biodéchets - % du gisement valorisé par méthanisation	%	1%	1%	1%	11%	12%	16%

Tableau 8: Part du potentiel SRB valorisé en biogaz par méthanisation

3.1.4 Part EnR du gaz réseau

Tout le biogaz produit en Bretagne étant supposé injecté dans le réseau, le rapport entre la consommation de gaz naturel et la production de biogaz est donné par un contenu de gaz renouvelable dans le réseau. Les projections de GRDF renseignent de manière commune aux scénarios la part renouvelable du réseau en prenant en compte une projection de l'ensemble du territoire national (GRDF - Un scénario Facteur 4 pour contribuer au SRADDET Bretagne (réunion du GAC, 04/07/2018)).

Hypothèses	Unité	2015	2020	2030	2040	2050
Gaz - part EnR - production électrique	%	13%	13%	14%	35%	57%
Gaz - part EnR - RCU	%	1%	5%	14%	35%	57%

Tableau 9: Part EnR du gaz réseau. Les filières de production électrique et chaleur urbaine ont été différenciées pour l'année de diagnostic puisque la part de biogaz y est différente

3.1.5 Valorisation de la biomasse en voie sèche (combustion)

Les données de la valorisation de biomasse actuelles sont issues du diagnostic 2016 de mobilisation en voie sèche présent dans le SRB.

Pour le scénario Tendanciel, la production de bois-buche est supposée stable tandis que l'on prolonge la tendance de production de bois hors bois-bûche en calculant cette tendance sur l'historique de l'OEB pour les filières bois déchiqueté et granulé.

Pour le scénario Sans Rupture, données utilisées pour la projection sont issues de la mobilisation par voie sèche prévue par le SRB.

Pour le scénario Transition F4, On utilise les données de mobilisation de la biomasse combustible du scénario de l'Ademe (*Ademe – Visions 2030-2050 (2014)*) rapporté au gisement en bois de la Bretagne par rapport à la France (environ 4%, source : *Ademe - biomasse forestière, populicole et bocagère disponible pour l'énergie à l'horizon 2020 (novembre 2009)*). Le prélèvement au sein des filières de biomasse combustible se répartit dans les mêmes rapports que ceux donnés dans SRB.

Actions	Unité	2015			2040		
		Tendanciel	Sans Rupture	Transition F4	Tendanciel	Sans Rupture	Transition F4
Bocage - % du gisement valorisé par combustion	%	69%	69%	69%	69%	90%	82%
Miscanthus - % du gisement valorisé par combustion	%	89%	89%	89%	89%	89%	42%
TTCR - % du gisement valorisé par combustion	%	75%	75%	75%	75%	75%	46%
Vergers - % du gisement valorisé par combustion	%	0%	0%	0%	0%	57%	45%
Sylviculture - % du gisement valorisé par combustion	%	29%	29%	29%	29%	66%	88%
Industries du bois - % du gisement valorisé par combustion	%	15%	15%	15%	15%	31%	90%
Déchets verts - % du gisement valorisé par combustion	%	10%	10%	10%	10%	14%	75%
Bois en fin de vie - % du gisement valorisé par combustion	%	50%	50%	50%	50%	50%	41%

Tableau 10: Part du potentiel SRB valorisé en énergie (toutes énergies finales confondues) par combustion dans les trois scénarios

3.1.6 Valorisation de la biomasse en voie sèche (pyrogazéification)

Les visions de l'ADEME (Ademe – Visions 2030-2050 (actualisation 2017)) prévoient une valorisation de 3000 GWh en 2050. Il a été décidé dans le groupe de travail sur le thème des EnR que cette valeur serait atteinte en 2040 dans les scénarios sans rupture et transition F4. Le prélèvement dans les différents types de biomasse valorisable par voie sèche se fait selon les mêmes rapports que les prévisions du SRB.

Actions	2015				2040		
	Unit é	Tendan ciel	Sans Rupture	Transition F4	Tendan ciel	Sans Rupture	Transition F4
Bocage - % du gisement valorisé par pyrogazéification	%	0%	0%	0%	0%	10%	31%
Miscanthus - % du gisement valorisé par pyrogazéification	%	0%	0%	0%	0%	6%	96%
TTCR - % du gisement valorisé par pyrogazéification	%	0%	0%	0%	0%	13%	90%
Vergers - % du gisement valorisé par pyrogazéification	%	0%	0%	0%	0%	36%	91%
Sylcivulture - % du gisement valorisé par pyrogazéification	%	0%	0%	0%	0%	26%	20%
Industries du bois - % du gisement valorisé par pyrogazéification	%	0%	0%	0%	0%	40%	16%
Déchets verts - % du gisement valorisé par pyrogazéification	%	0%	0%	0%	0%	47%	41%
Bois en fin de vie - % du gisement valorisé par pyrogazéification	%	0%	0%	0%	0%	27%	97%

Tableau 11: Part du potentiel SRB valorisé en biogaz par pyrogazéification dans les trois scénarios

3.1.7 Production de biocarburant

En l'absence de donnée et de retour d'expert, la valorisation de la biomasse pour production de biocarburant a été imposée comme nulle. Néanmoins, la structure du modèle est prête à accueillir la production de biocarburant de deuxième génération.

4 Résidentiel

Les hypothèses présentées dans cette partie concernent le secteur résidentiel. Elles sont classifiées en variables de contexte d'une part et en variables d'action d'autre part

4.1 Variables de contexte

4.1.1 Nombre de personnes par logement et logements à construire

Le nombre de personnes par logement moyen est calculé en faisant le rapport, entre le nombre de logements issu des données Ener'GES (*Ener'GES – Bilan Résidentiel (2010)*) et la population bretonne en 2015 donnée par l'INSEE, soit une moyenne de **1,87 habitant par logement** sur le territoire.

Pour calculer le nombre de logements à construire, on considère que ce nombre est fixe tout en gardant l'hypothèse de projection de population de l'INSEE (section 2.3). On obtient des logements à construire entre 2 tranches d'âge.

		2015	2020	2030	2040	2050
Population	Milliers d'hab	3294	3412	3604	3778	3905
Nombre de personnes par logement déjà construits	hab / lgt	1,87	1,87	1,9	1,9	1,9
Nombre de logement déjà construits (sans prendre en compte les destructions)	Milliers de logements	1764	1827	1930	2023	2091

Tableau 12: Projection de population et de logements, sans prise en compte des destructions

4.1.2 Part du parc existant par tranches d'âge

L'âge des bâtiments résidentiels est tiré du recensement de l'INSEE 2008 et 2010 qui est utilisé dans le diagnostic d'Ener'GES.

Diagnostic 2015		
Part des logements déjà construits qui l'ont été avant 1949	%	25%
Part des logements déjà construits qui l'ont été de 1949 à 1974	%	26%
Part des logements déjà construits qui l'ont été de 1975 à 1989	%	23%
Part des logements déjà construits qui l'ont été de 1990 à 2000	%	12%
Part des logements déjà construits qui l'ont été de 2001 à 2015	%	14%

Tableau 13: Ancienneté du bâti en Bretagne

4.1.3 Taux de destruction annuel

Le scénario de l'Ademe (*Visions 2030-2050 (2014)*) propose un taux de destruction annuel de 0,1% des logements. Cette valeur a été retenue pour toutes les tranches d'âge de bâtiment.

4.1.4 Part maisons individuelles/ logements collectifs du parc existant par tranche d'âge

Les parts de logements individuels (MI) et collectifs (LC) par âge de bâti sont issues du recensement de l'INSEE 2008 et 2010 qui est utilisé dans le diagnostic d'Ener'GES. Les valeurs utilisées pour les logements construits après 2015 sont les mêmes que pour les logements construits entre 2001 et 2015.

		Part en % des logements
Part des MI dans les logements construits avant 1949	%	82%
Part des LC dans les logements construits avant 1949	%	18%
Part des MI dans les logements construits de 1949 à 1974	%	63%
Part des LC dans les logements construits de 1949 à 1974	%	37%

Part des MI dans les logements construits de 1975 à 1989	%	77%
Part des LC dans les logements construits de 1975 à 1989	%	23%
Part des MI dans les logements construits de 1990 à 2000	%	67%
Part des LC dans les logements construits de 1990 à 2000	%	33%
Part des MI dans les logements construits de 2001 à 2015	%	75%
Part des LC dans les logements construits de 2001 à 2015	%	25%
Part des MI dans les logements construits de 2015 à 2020	%	75%
Part des LC dans les logements construits de 2015 à 2020	%	25%
Part des MI dans les logements construits de 2020 à 2030	%	75%
Part des LC dans les logements construits de 2020 à 2030	%	25%
Part des MI dans les logements construits de 2030 à 2040	%	75%
Part des LC dans les logements construits de 2030 à 2040	%	25%
Part des MI dans les logements construits de 2040 à 2050	%	75%
Part des LC dans les logements construits de 2040 à 2050	%	25%

Tableau 14: Répartition entre logements individuels et collectifs selon la typologie

4.1.5 Surfaces moyennes des maisons individuelles/ logements collectifs par tranche d'âge

Les données de surface moyenne par âge de bâti sont issues du recensement de l'INSEE 2008 et 2010 qui est utilisé dans le diagnostic d'Ener'GES. Pour les logements à construire, les chiffres représentent des surfaces moyennes de logements à construire au plan national.

		2015	2020	2025	2030
Surface des MI déjà construites - avant 1949	m ²	94	94	94	94
Surface des MI déjà construites - 1949 - 1974	m ²	87	87	87	87

Surface des MI déjà construites - 1975 à 1989	m2	96	96	96	96
Surface des MI déjà construites - 1990 à 2000	m2	98	98	98	98
Surface des MI déjà construites - 2001 à 2015	m2	106	106	106	106
Surface des MI à construire - 2015 à 2020	m2		120	120	120
Surface des MI à construire - 2020 à 2025	m2	0	0	120	120
Surface des MI à construire - 2025 à 2030	m2	0	0	0	120
Surface des MI à construire - 2030 à 2050	m2	0	0	0	0
Surface des LC déjà construits - avant 1949	m2	56	56	56	56
Surface des LC déjà construits - 1949 - 1974	m2	65	65	65	65
Surface des LC déjà construits - 1975 à 1989	m2	64	64	64	64
Surface des LC déjà construits - 1990 à 2000	m2	55	55	55	55
Surface des LC déjà construits - 2001 à 2015	m2	61	61	61	61
Surface des LC à construire - 2015 à 2020	m2	0	70	70	70
Surface des LC à construire - 2020 à 2025	m2	0	0	70	70
Surface des LC à construire - 2025 à 2030	m2	0	0	0	70
Surface des LC à construire - 2030 à 2050	m2	0	0	0	0

Tableau 15: Surface moyenne par typologie de logement

4.1.6 Efficacités des moyens de chauffage

		2015	2020	2030	2040	2050
Chaudière individuelle basique au fioul	%	85%	85%	85%	85%	85%
Chaudière individuelle haute performance au fioul	%	92%	92%	93%	95%	95%
Chaudière individuelle au GPL	%	80%	80%	80%	80%	80%
Chaudière individuelle basique au gaz	%	85%	85%	85%	85%	85%
Chaudière individuelle haute performance au gaz	%	92%	93%	96%	96%	96%
Système solaire appoint gaz	%	183%	185%	190%	190%	190%
Micro-cogénération	%	92%	93%	96%	96%	96%
Radiateur électrique	%	98%	98%	98%	98%	98%
Pompe à chaleur aérothermique	%	325%	350%	400%	400%	400%
Pompe à chaleur géothermique	%	379%	408%	467%	467%	467%
Système solaire appoint électrique	%	183%	185%	190%	190%	190%
Poêle bois	%	50%	50%	50%	50%	50%
Bois chaudière à granulés	%	60%	70%	75%	80%	80%

Tableau 16: Efficacité des équipements de chauffage dans les maisons individuelles

		2015	2020	2030	2040	2050
Chaudière collective basique au fioul	%	85%	85%	85%	85%	85%
Chaudière collective haute performance au fioul	%	92%	92%	93%	95%	95%
Chaudière collective GPL	%	80%	80%	80%	80%	80%

Chaudière individuelle basique au gaz	%	85%	85%	85%	85%	85%
Chaudière individuelle haute performance au gaz	%	92%	92%	93%	95%	95%
Chaudière collective basique au gaz	%	85%	85%	85%	85%	85%
Chaudière collective haute performance au gaz	%	92%	92%	93%	95%	95%
Pompe à chaleur aérothermique au gaz	%	130%	140%	160%	160%	160%
Pompe à chaleur géothermique au gaz	%	149%	158%	175%	175%	175%
Solaire combiné, appoint gaz	%	183%	185%	190%	190%	190%
Micro-cogénération	%	92%	92%	93%	95%	95%
Radiateur électrique	%	98%	98%	98%	98%	98%
Pompe à chaleur aérothermique électrique	%	325%	350%	400%	400%	400%
Pompe à chaleur géothermique électrique	%	379%	408%	467%	467%	467%
Solaire combiné, appoint électrique	%	183%	185%	190%	190%	190%
Chaufferie collective au bois	%	60%	65%	70%	70%	75%

Tableau 17 : Efficacités des équipements de chauffage dans les logements collectifs

Les chiffres des chaudières haute performance (chaudières à condensation), radiateurs électriques, des pompes à chaleur (électrique et gaz), des systèmes solaires thermiques sont issus des Visions de l'Ademe aux pages 42 et 297 (*Ademe – Visions 2030-2050 (2014)*).

Pour les autres moyens de chauffage, les chiffres sont des valeurs moyennes issues de la littérature (chaudières fioul et gaz basiques, poêle et chaudière à bois, RCU).

4.1.7 Besoins en chaleur du parc existant par tranche d'âge

Chiffres 2015		
MI déjà construites - avant 1949 - vecteur non élec	kWh/m2/an	83
MI déjà construites - 1949 - 1974 - vecteur non élec	kWh/m2/an	79
MI déjà construites - 1975 à 1989 - non élec	kWh/m2/an	76
MI déjà construites - 1990 à 2000 - vecteur non élec	kWh/m2/an	77
MI déjà construites - 2001 à 2015 vecteur non élec	kWh/m2/an	77
MI déjà construites - avant 1949 - vecteur élec	kWh/m2/an	71
MI déjà construites - 1949 - 1974 - vecteur élec	kWh/m2/an	102
MI déjà construites - 1975 à 1989 - vecteur élec	kWh/m2/an	77
MI déjà construites - 1990 à 2000 - vecteur élec	kWh/m2/an	60
MI déjà construites - 2001 à 2015 - vecteur élec	kWh/m2/an	58

Tableau 178: Besoin utile moyen en chaleur dans les maisons individuelles par typologie de logement et selon si celui-ci est chauffé à l'électricité ou non

Chiffres 2015		
LC déjà construits - avant 1949 - vecteur non élec	kWh/m2/an	114
LC déjà construits - 1949 - 1974 - vecteur non élec	kWh/m2/an	99
LC déjà construits - 1975 à 1989 - vecteur non élec	kWh/m2/an	83
LC déjà construits - 1990 à 2000 - vecteur non élec	kWh/m2/an	70
LC déjà construits - 2001 à 2015 - vecteur non élec	kWh/m2/an	62
LC déjà construits - avant 1949 - vecteur élec	kWh/m2/an	59
LC déjà construits - 1949 - 1974 - vecteur élec	kWh/m2/an	40

LC déjà construits - 1975 à 1989 - vecteur élec	kWh/m2/an	26
LC déjà construits - 1990 à 2000 - vecteur élec	kWh/m2/an	25
LC déjà construits - 2001 à 2015 - vecteur élec	kWh/m2/an	25

Tableau 18 bis: Besoin utile moyen en chaleur dans les logements collectifs par typologie de logement et selon si celui-ci est chauffé à l'électricité ou non

La consommation résidentielle en chauffage est calculée grâce :

- A la consommation 2015 en énergie finale par vecteur du diagnostic de l'OEB
- A la décomposition en usage pour chacun de ces vecteurs disponibles dans EnerGES 2010

On obtient une consommation de chauffage par vecteur énergétique en énergie finale. Grâce au rendement des équipements, on peut calculer l'énergie utile, c'est-à-dire le besoin en chaleur. En le rapportant à la surface des logements (section suivante), on obtient le besoin en chaleur surfacique.

Une distinction est faite entre les logements chauffés à l'électricité et ceux chauffés par d'autres moyens de chauffage. En effet, les logements chauffés à l'électricité ont tendance à se chauffer moins car cela coûte plus cher, et ce sont des logements pour lesquels il n'y a pas de chauffage collectif (les logements au chauffage collectif ont tendance à se chauffer plus car la facture n'est pas individualisée).

4.1.8 Besoins en Eau Chaude Sanitaire (ECS)

Valeur retenue		
MI - besoin en ECS	kWh/lgt/an	1278
LC - besoin en ECS	kWh/lgt/an	724

Tableau 189: Besoin moyen en ECS des logements individuels et collectifs

Les besoins en eau chaude sanitaire sont calculés par la même méthodologie que les besoins en chaleur, mais sans faire la distinction selon le vecteur électricité ni selon les âges de bâti.

4.1.9 Efficacités des moyens d'Eau Chaude Sanitaire

		2015	2020	2030	2040	2050
Chaudière individuelle basique au gaz (ECS)	%	63%	65%	70%	70%	70%
Chauffe-eau solaire appoint au gaz (ECS)	%	123%	125%	128%	130%	130%

Chaudière individuelle haute performance au gaz (ECS)	%	63%	65%	70%	70%	70%
Micro-cogénération (ECS)	%	63%	65%	70%	70%	70%
Chauffe-eau électrique (ECS)	%	63%	63%	68%	70%	70%
Chauffe-eau thermodynamique (ECS)	%	175%	200%	225%	250%	250%
Chauffe-eau solaire appoint électrique (ECS)	%	183%	185%	188%	190%	190%
Chauffe-eau solaire appoint thermodynamique (ECS)	%	350%	400%	450%	500%	500%

Tableau 19: Efficacité des équipements d'ECS au gaz et à l'électricité en maison individuelle

		2015	2020	2030	2040	2050
Chaudière individuelle basique au gaz (ECS)	%	63%	65%	70%	70%	70%
Chaudière individuelle haute performance au gaz (ECS)	%	63%	65%	70%	70%	70%
Chaudière collective standard au gaz (ECS)	%	63%	65%	70%	70%	70%
Chaudière collective haute performance au gaz (ECS)	%	63%	65%	70%	70%	70%
Chauffe-eau solaire appoint au gaz (ECS)	%	123%	125%	128%	130%	130%
Chauffe-eau électrique (ECS)	%	63%	65%	70%	70%	70%
Micro-cogénération (ECS)	%	63%	65%	70%	70%	70%
Chauffe-eau thermodynamique collectif (ECS)	%	175%	200%	225%	250%	250%
Chauffe-eau solaire appoint électrique (ECS)	%	183%	185%	188%	190%	190%
Chauffe-eau solaire appoint thermodynamique (ECS)	%	350%	400%	450%	500%	500%

Tableau 20 bis : Efficacité des équipements d'ECS au gaz et à l'électricité dans les logements collectifs

Ces valeurs projetées sont issues des Visions de l'Ademe aux pages 43 et 297. Pour les autres moyens d'ECS (par exemple ECS par chaudière fioul ou gaz) le rendement du moyen de chauffage est pris comme référence.

4.1.10 Emissions et consommations dues à la cuisson

		2015	2020	2030	2040	2050
Consommation liée à la cuisson - gaz	GWh/an	363	288	144	-	-
Consommation liée à la cuisson - électricité	GWh/an	431	480	585	691	691
Consommation liée à la cuisson - fioul	GWh/an	157	175	213	251	251

Tableau 21: Consommation projetée liée à la cuisson

Les valeurs du diagnostic sont issues des consommations par vecteur du diagnostic OEB décomposées elles-mêmes en usages selon la répartition du bilan résidentiel d'Ener'GES.

Pour la projection de l'usage cuisson, on considère que la consommation de l'usage cuisson est stable par logement. Néanmoins, on considère qu'en 2040, le vecteur fioul aura disparu en diminuant linéairement. Les vecteurs gaz et électricité se répartissent alors le reste de la consommation avec un ratio constant de 73% pour l'électricité.

4.1.11 Consommations d'électricité spécifique

Les consommations actuelles d'électricité spécifique sont issues des données de l'OEB de consommation par vecteur (électricité ici) elles-mêmes décomposées en usage par la répartition donnée par Ener'GES 2010.

Pour la projection de l'électricité spécifique, on considère que la consommation de cet usage est stable par habitant. Cette valeur s'élève à **1,113 MWh/habitant/an**. On multiplie donc cette consommation par habitant par la population projetée pour obtenir la consommation future.

On a retenu l'hypothèse que le contenu CO2 était identique entre les usages électriques. Néanmoins, le modèle peut prendre en compte une différenciation entre usages.

4.1.12 Consommations liées à l'éclairage

Les consommations actuelles liées à l'éclairage sont issues des données de l'OEB de consommation par vecteur (électricité ici) elles-mêmes décomposées en usage par la répartition donnée par Ener'GES 2010.

Pour la projection de l'éclairage, on considère que la consommation de cet usage est stable par logement. Cette valeur s'élève à **396 kWh/logement/an**. On multiplie donc cette consommation par logement par le parc projeté pour obtenir la consommation future.

4.1.13 Amélioration de l'efficacité des équipements électriques

L'amélioration de l'efficacité des équipements électriques est considérée séparément pour l'électricité spécifique et l'éclairage. Elle est basée sur les projections de l'Ademe dans les *Visions 2030-2050 (2014) (p45)* compatible avec les projections du scénario Negawatt.

- Eclairage : Le « relamping » des systèmes d'éclairage actuels constituera une amélioration de l'efficacité globale de 50% d'ici 2030
- Electricité spécifique : La combinaison de l'évolution de la consommation unitaire associée à chaque catégorie d'équipement (réfrigérateur, congélateur, lave-linge, sèche-linge, lave-vaisselle, télévision, autres) et l'évolution de leur taux d'équipement associé dans le résidentiel permet de calculer une augmentation de l'efficacité énergétique globale de 49% d'ici 2030.

		2015	2020	2030	2040	2050
Amélioration de l'efficacité des équipements électriques (électricité spécifique)	% /diag		16%	49%	49%	49%
Amélioration de l'efficacité des équipements électriques (éclairage)	% /diag		17%	50%	50%	50%

Tableau 22: Evolution de l'efficacité globale des équipements d'éclairage et d'électricité spécifique par rapport au diagnostic

4.2 Variables d'action

4.2.1 Rénovations thermiques

Le nombre de rénovations a été validé pendant le groupe de travail MDE (04/09/2018) et est basé sur les visions de l'ADEME (*Ademe – Visions 2030-2050 (2014)*).

Les paramètres entrés dans l'outil pour caractériser les rénovations sont :

- La part des rénovations entre deux périodes : le pourcentage entré en 2040 pour les maisons individuelles construites avant 1949 correspond à la part des logements de cette catégorie d'âge qui a été rénovée entre 2030 et 2040.
- Le gain par rénovation : le pourcentage entré correspond à la réduction de la consommation pour les logements rénovés. Elles sont distinguées par typologie et par catégorie d'âge.

Pour le premier point, les hypothèses discutées pendant le groupe de travail ont été adaptées à la modélisation de l'outil. Le détail est explicité ci-dessous pour l'exemple des maisons individuelles afin de permettre une adaptation facile des hypothèses.

- Dans les scénarios Sans Rupture et Transition F4, on suppose que 1,6% des maisons individuelles sont rénovées tous les ans, soit 20 027 maisons rénovées par an.
- On commence par rénover les catégories d'âge les plus anciennes. Lorsqu'une catégorie d'âge est entièrement rénovée, on passe à la catégorie suivante.
- On obtient un nombre de logement rénovés par période et par catégorie d'âge.
- Le paramètre à entrer dans l'outil correspond au nombre de rénovations sur une période (2030-2040 par exemple) et pour une catégorie de logements divisé par le nombre de logements de cette catégorie existant en début de période (en 2030 par exemple).
- Dans le scénario Tendanciel, on suppose qu'on ne met en œuvre que des rénovations légères, correspondant à la moitié des rénovations effectuées dans les deux autres scénarios.

Pour le second point, les impacts sur le bâti sont issus des Visions de l'Ademe (*Ademe, 2014*) (p.37/297).

Scénario Tendanciel				
Variable	Unité	2020	2030	2040
MI - Part des rénovations entre deux périodes - logements avant 1949	%	15%	34%	50%
MI - Part des rénovations entre deux périodes - logements 1949 à 1974	%	0%	0%	2%
MI - Part des rénovations entre deux périodes - logements 1975 à 1989	%	0%	0%	0%
MI - Part des rénovations entre deux périodes - logements 1990 à 2000	%	0%	0%	0%
MI - Part des rénovations entre deux périodes - logements 2001 à 2015	%	0%	0%	0%
MI - Part des rénovations entre deux périodes - logements 2015 à 2020	%	0%	0%	0%
MI - Part des rénovations entre deux périodes - logements 2020 à 2030	%	0%	0%	0%
MI - Part des rénovations entre deux périodes - logements 2030 à 2040	%	0%	0%	0%
MI - Part des rénovations entre deux périodes - logements 2040 à 2050	%	0%	0%	0%
LC - Part des rénovations entre deux périodes - logements avant 1949	%	13%	13,5%	0,0%
LC - Part des rénovations entre deux périodes - logements 1949 à 1974	%	3%	12,2%	20,3%
LC - Part des rénovations entre deux périodes - logements 1975 à 1989	%	0%	0,0%	0,0%
LC - Part des rénovations entre deux périodes - logements 1990 à 2000	%	0%	0%	0,0%
LC - Part des rénovations entre deux périodes - logements 2001 à 2015	%	0%	0%	0%
LC - Part des rénovations entre deux périodes - logements 2015 à 2020	%	0%	0%	0%
LC - Part des rénovations entre deux périodes - logements 2020 à 2030	%	0%	0%	0%
LC - Part des rénovations entre deux périodes - logements 2030 à 2040	%	0%	0%	0%
LC - Part des rénovations entre deux périodes - logements 2040 à 2050	%	0%	0%	0%

Tableau 23 Rénovations thermiques résidentielles dans le scénario tendanciel

Scénarios Sans Rupture et Transition F4				
Variable	Unité	2020	2030	2040
MI - Part des rénovations entre deux périodes - logements avant 1949	%	29,3%	79,6%	100,0%
MI - Part des rénovations entre deux périodes - logements 1949 à 1974	%	0,0%	2,6%	53,1%
MI - Part des rénovations entre deux périodes - logements 1975 à 1989	%	0,0%	0,2%	2,2%
MI - Part des rénovations entre deux périodes - logements 1990 à 2000	%	0,0%	0,0%	2,6%
MI - Part des rénovations entre deux périodes - logements 2001 à 2015	%	0,0%	0,0%	0,6%
MI - Part des rénovations entre deux périodes - logements 2015 à 2020	%	0,0%	0,0%	0,0%
MI - Part des rénovations entre deux périodes - logements 2020 à 2030	%	0,0%	0,0%	0,0%
MI - Part des rénovations entre deux périodes - logements 2030 à 2040	%	0,0%	0,0%	0,0%
MI - Part des rénovations entre deux périodes - logements 2040 à 2050	%	0,0%	0,0%	0,0%
LC - Part des rénovations entre deux périodes - logements avant 1949	%	24,6%	0,0%	0,0%
LC - Part des rénovations entre deux périodes - logements 1949 à 1974	%	5,8%	34,8%	17,2%
LC - Part des rénovations entre deux périodes - logements 1975 à 1989	%	0,0%	3,6%	21,8%
LC - Part des rénovations entre deux périodes - logements 1990 à 2000	%	0,0%	0,0%	24,6%
LC - Part des rénovations entre deux périodes - logements 2001 à 2015	%	0,0%	0,0%	6,6%
LC - Part des rénovations entre deux périodes - logements 2015 à 2020	%	0,0%	0,0%	0,0%
LC - Part des rénovations entre deux périodes - logements 2020 à 2030	%	0,0%	0,0%	0,0%
LC - Part des rénovations entre deux périodes - logements 2030 à 2040	%	0,0%	0,0%	0,0%
LC - Part des rénovations entre deux périodes - logements 2040 à 2050	%	0,0%	0,0%	0,0%

Tableau 24 Rénovations thermiques résidentielles dans les scénarios Sans Rupture et Transition F4

Variable	Toute la période			
	Unité	Tendanciel	Sans Rupture	Transition F4
Gain par rénovations - MI avant 1949	%	25%	43%	43%
Gain par rénovations - MI 1949 à 1974	%	25%	43%	43%
Gain par rénovations - MI 1975 à 1989	%	20%	35%	35%
Gain par rénovations - MI 1990 à 2000	%	15%	23%	23%
Gain par rénovations - MI 2001 à 2015	%	15%	23%	23%
Gain par rénovations - MI à construire - 2015 à 2020	%	15%	23%	23%
Gain par rénovations - MI à construire - 2020 à 2030	%	15%	23%	23%
Gain par rénovations - MI à construire - 2030 à 2040	%	15%	23%	23%
Gain par rénovations - MI à construire - 2040 à 2050	%	15%	23%	23%
Gain par rénovations - LC avant 1949	%	15%	28%	28%
Gain par rénovations - LC 1949 à 1974	%	15%	28%	28%
Gain par rénovations - LC 1975 à 1989	%	10%	20%	20%
Gain par rénovations - LC 1990 à 2000	%	10%	15%	15%
Gain par rénovations - LC 2001 à 2015	%	10%	15%	15%
Gain par rénovations - LC à construire - 2015 à 2020	%	10%	15%	15%
Gain par rénovations - LC à construire - 2020 à 2030	%	10%	15%	15%
Gain par rénovations - LC à construire - 2030 à 2040	%	10%	15%	15%
Gain par rénovations - LC à construire - 2040 à 2050	%	10%	15%	15%

Tableau 24 : Gains par rénovations

4.2.2 Performances du neuf

Les performances du neuf sont exprimées en kWh/m²/an et sont obtenues par l'exploitation des réglementation thermiques actuelles.

Les chiffres du scénario tendanciel pour 2020 correspondent à une mise en œuvre de la RT2012 à partir de 2013. Les chiffres obtenus pour les logements collectifs chauffés à l'électricité sont déjà très faibles donc ils sont supposés rester constants.

Pour les scénarios Sans Rupture et Transition F4, le besoin en chaleur diminue encore à partir de 2017 par rapport à la RT2012. A partir de 2025, les chiffres correspondent aux bâtiments BEPOS.

Toute la période				
Variable	Unité	Tendancier	Sans Rupture	Transition F4
MI à construire - 2015 à 2020 - besoin en chauffage - vecteur non élec	kWh/m2/an	51	49	49
MI à construire - 2020 à 2030 - besoin en chauffage - vecteur non élec	kWh/m2/an	15	15	15
MI à construire - 2030 à 2040 - besoin en chauffage - vecteur non élec	kWh/m2/an	15	15	15
MI à construire - 2040 à 2050 - besoin en chauffage - vecteur non élec	kWh/m2/an	15	15	15
LC à construire - 2015 à 2020 - besoin en chauffage - vecteur non élec	kWh/m2/an	49	47	47
LC à construire - 2020 à 2030 - besoin en chauffage - vecteur non élec	kWh/m2/an	15	15	15
LC à construire - 2030 à 2040 - besoin en chauffage - vecteur non élec	kWh/m2/an	15	15	15
LC à construire - 2040 à 2050 - besoin en chauffage - vecteur non élec	kWh/m2/an	15	15	15
MI à construire - 2015 à 2020 - besoin en chauffage - vecteur élec	kWh/m2/an	44	42	42
MI à construire - 2020 à 2030 - besoin en chauffage - vecteur élec	kWh/m2/an	15	15	15
MI à construire - 2030 à 2040 - besoin en chauffage - vecteur élec	kWh/m2/an	15	15	15
MI à construire - 2040 à 2050 - besoin en chauffage - vecteur élec	kWh/m2/an	15	15	15
LC à construire - 2015 à 2020 - besoin en chauffage - vecteur élec	kWh/m2/an	28	28	28
LC à construire - 2020 à 2030 - besoin en chauffage - vecteur élec	kWh/m2/an	15	15	15
LC à construire - 2030 à 2040 - besoin en chauffage - vecteur élec	kWh/m2/an	15	15	15
LC à construire - 2040 à 2050 - besoin en chauffage - vecteur élec	kWh/m2/an	15	15	15

Tableau 25 Besoins en chauffage du neuf

4.2.3 Parts de marché des moyens de chauffage

La notion de part de marché d'un équipement est associée à la part des logements, pour un vecteur donné, qui est alimentée par cet équipement.

Pour le diagnostic actuel, les hypothèses suivantes proviennent de retours d'expérience de missions réalisées par Artelys.

- Fioul et GPL : l'ensemble des chaudières existantes sont considérées comme des chaudières basiques avec un rendement de 0,85 (fioul) et de 0,8 (GPL)
- RCU : l'ensemble des équipements raccordés aux réseaux de chaleur est assimilé à une chaudière de référence (voir section 5.1.6 concernant l'efficacité)

- Electricité : l'ensemble des logements est équipé de radiateurs électriques (pas de données exploitables sur les pompes à chaleur (PAC))
- Gaz : on considère qu'une part du parc actuel a déjà renouvelé sa chaudière gaz en passant à des appareils à condensation plus performantes (10% des logements collectifs, 5% des logements individuels)
- Bois : 90% des logements individuels chauffés au bois sont supposés posséder un poêle à bois contre 10% ayant une chaudière plus performante. L'ensemble des logements collectifs se voit attribuer une chaudière bois collective basique.

Pour les projections par scénario, on applique les hypothèses discutées en GT (issues des visions de l'ADEME) et amendées en amont de la CBTE du 6 Décembre 2018 par la région, introduisant 50% de PAC dans les logements et du solaire thermique pour les logements neufs respectant la RT2020.

Note : La mise à jour des parts de marché des moyens de chauffage doit en toute logique s'accompagner de la mise à jour des parts de marché des moyens d'ECS.

Variable	2015				2040			
	Unité	Tendanciel	Sans Rupture	Transition F4	Tendanciel	Sans Rupture	Transition F4	
MI existantes - Fioul - % chaudière individuelle basique	%	95%	95%	95%	0%	0%	0%	
MI existantes - Fioul - % chaudière individuelle haute performance	%	5%	5%	5%	100%	100%	100%	
MI existantes - GPL - % chaudière individuelle	%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	
MI existantes - Gaz - % chaudière individuelle basique	%	95%	95%	95%	0%	0%	0%	
MI existantes - Gaz - % chaudière individuelle haute performance	%	5%	5%	5%	100%	100%	100%	
MI existantes - Gaz - % système solaire combine appoint gaz	%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
MI existantes - Gaz - % micro-cogénération	%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
MI existantes - Elec - % radiateur électrique	%	100%	100%	100%	95%	50%	50%	
MI existantes - Elec - % pompe à chaleur individuelle aérothermique	%	0%	0%	0%	4%	48%	48%	
MI existantes - Elec - % pompe à chaleur individuelle géothermique	%	0%	0%	0%	2%	2%	2%	
MI existantes - Elec - % système solaire combine appoint électricité	%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
MI existantes - RCU - % chaudière	%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	
MI existantes - Bois - % poêle	%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	
MI existantes - Bois - % chaudière individuelle	%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	

Tableau 26 Part de marché des équipements de chauffage dans les maisons individuelles existantes

Variable	Unit é	2015			2040		
		Tendanciel	Sans Rupture	Transition F4	Tendanciel	Sans Rupture	Transition F4
LC existants - Fioul - % chaudière collective basique	%	95%	95%	95%	0%	0%	0%
LC existants - Fioul - % chaudière collective haute performance	%	5%	5%	5%	100%	100%	100%
LC existants - GPL - % chaudière collective	%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
LC existants - Gaz - % chaudière individuelle. Basique	%	45%	45%	45%	0%	0%	0%
LC existants - Gaz - % chaudière individuelle Haute performance	%	5%	5%	5%	50%	50%	50%
LC existants - Gaz - % chaudière collective basique	%	45%	45%	45%	0%	0%	0%
LC existants - Gaz - % chaudière collective haute performance	%	5%	5%	5%	50%	50%	50%
LC existants - Gaz - % pompe à chaleur aérothermique	%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
LC existants - Gaz - % pompe à chaleur géothermique	%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
LC existants - Gaz - % système solaire combiné appoint gaz	%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
LC existants - Gaz - % micro-cogénération	%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
LC existants - Elec - % radiateur électrique	%	100%	100%	100%	100%	50%	50%
LC existants - Elec - % pompe à chaleur aérothermique	%	0%	0%	0%	0%	50%	50%
LC existants - Elec - % pompe à chaleur géothermique	%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
LC existants - Elec - % système solaire combiné appoint élec	%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
LC existants - RCU - % chaudière collective	%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
LC existants - Bois - % chaudière collective	%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Tableau 27 Part de marché des équipements de chauffage dans les logements collectifs existants

Variable	Unité	2015			2040		
		Tendanciel	Sans Rupture	Transition F4	Tendanciel	Sans Rupture	Transition F4
MI neuves - Fioul - % chaudière individuelle basique	%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
MI neuves - Fioul - % chaudière individuelle haute performance	%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
MI neuves - GPL - % chaudière individuelle	%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
MI neuves - Gaz - % chaudière individuelle basique	%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
MI neuves - Gaz - % chaudière individuelle haute performance	%	97%	68%	68%	97%	68%	68%

MI neuves - Gaz - % système solaire combine appoint gaz	%	3%	25%	25%	3%	25%	25%
MI neuves - Gaz - % micro-cogénération	%	0%	8%	8%	0%	8%	8%
MI neuves - Elec - % radiateur électrique	%	97%	25%	25%	97%	25%	25%
MI neuves - Elec - % pompe à chaleur individuelle aérothermique	%	0%	35%	35%	0%	35%	35%
MI neuves - Elec - % pompe à chaleur individuelle géothermique	%	0%	15%	15%	0%	15%	15%
MI neuves - Elec - % système solaire combine appoint électricité	%	3%	25%	25%	3%	25%	25%
MI neuves - RCU - % chaudière	%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
MI neuves - Bois - % poêle	%	90%	90%	90%	90%	90%	90%
MI neuves - Bois - % chaudière individuelle	%	10%	10%	10%	10%	10%	10%

Tableau 28 Part de marché des équipements de chauffage dans les maisons individuelles neuves

Variable	Unit é	2015			2040		
		Tendanciel	Sans Rupture	Transition F4	Tendanciel	Sans Rupture	Transition F4
LC neufs - Fioul - % chaudière collective basique	%	95%	95%	95%	95%	95%	95%
LC neufs - Fioul - % chaudière collective haute performance	%	5%	5%	5%	5%	5%	5%
LC neufs - GPL - % chaudière collective	%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
LC neufs - Gaz - % chaudière individuelle basique	%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
LC neufs - Gaz - % chaudière individuelle Haute performance	%	48%	34%	34%	48%	34%	34%
LC neufs - Gaz - % chaudière collective basique	%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
LC neufs - Gaz - % chaudière collective haute performance	%	48%	34%	34%	48%	34%	34%
LC neufs - Gaz - % pompe à chaleur aérothermique	%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
LC neufs - Gaz - % pompe à chaleur géothermique	%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
LC neufs - Gaz - % système solaire combiné appoint gaz	%	3%	25%	25%	3%	25%	25%
LC neufs - Gaz - % micro cogénération	%	0%	8%	8%	0%	8%	8%
LC neufs - Elec - % radiateur électrique	%	97%	25%	25%	97%	25%	25%
LC neufs - Elec - % pompe à chaleur aérothermique	%	0%	35%	35%	0%	35%	35%
LC neufs - Elec - % pompe à chaleur géothermique	%	0%	15%	15%	0%	15%	15%
LC neufs - Elec - % système solaire combiné appoint élec	%	3%	25%	25%	3%	25%	25%
LC neufs - RCU - % chaudière collective	%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
LC neufs - Bois - % chaudière collective	%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Tableau 29 Part de marché des équipements de chauffage dans les logements collectifs neufs

4.2.4 Parts de marché des moyens d'ECS

Les chiffres du diagnostic actuel sont issus de retours d'expérience d'autres missions réalisées par Artelys. L'absence de consommation sur la filière « solaire thermique » sur le résidentiel dans le diagnostic OEB incite à ne pas considérer d'équipement solaires thermiques dans le diagnostic.

- Fioul, GPL, RCU et Gaz : la répartition des équipements de chauffage a été gardée comme référence pour l'ECS (rendements supposés identiques entre équipement de chauffage et d'ECS pour ce vecteur)
- Electricité : du fait de la croissance observée sur les ventes de chauffe-eau thermodynamique (CET), on considère que 5% des logements possède ce type de système. Le reste emploie un ballon d'eau chaude électrique classique.

Les projections des parts de marchés des moyens d'ECS sont supposées suivre les tendances des parts de marché des moyens de chauffage, en supposant que les pompes à chaleurs sont accompagnées de chauffe-eaux thermodynamiques.

4.2.5 Parts de marché des vecteurs de chauffage et d'ECS

Pour l'année de diagnostic, les calculs sont réalisés à partir de la consommation par vecteur de l'OEB répartie par usage avec la décomposition en usages par vecteur issue d'Ener'GES. On obtient alors la consommation en énergie finale par vecteur pour les usages chauffage et ECS.

A partir de ces consommations par vecteur, on définit le concept de part de marché différemment, selon le vecteur que l'on considère :

- Pour le chauffage électrique, la part de marché s'entend au sens de **la proportion de logements qui est chauffée par le vecteur électricité**
- Pour le chauffage hors électricité, la part de marché correspond à **la part de l'énergie utile assurée par le vecteur, calculée sur la part de logements qu'il reste après avoir enlevé l'électricité**

Exemple :

Vecteur	Nombre de logements	Energie utile fournie (GWh)	Part de marché
Electricité	4000		40%
Gaz	3000	2	24%
Bois	1000	1	12%
Fioul	1000	1	12%
RCU	1000	1	12%

Tableau 30 Exemple de calcul des parts de marché des vecteurs de chauffage

Il est supposé que ces parts de marché soient les mêmes pour l'usage chauffage que pour l'usage ECS, excepté pour le vecteur bois. Il n'y a en effet pas d'ECS au bois : les logements chauffés au bois sont donc répartis dans les vecteurs d'ECS au pro-rata de l'existant.

Les hypothèses de transferts d'énergie supposent pour les trois scénarios une sortie du fioul, transféré vers le gaz (en logement collectif) et vers l'électricité (en maison individuelle), sans évolution des autres vecteurs. Pour le neuf, on considère un mix identique aux typologies les plus récentes.

Variable	Unité	2015			2040		
		Tendanci el	Sans Rupture	Transition F4	Tendanci el	Sans Rupture	Transition F4
MI déjà construites - avant 1949 - chauffage au fioul	%	9%	9%	9%	0%	0%	0%
MI déjà construites - avant 1949 - chauffage au GPL	%	8%	8%	8%	0%	0%	0%
MI déjà construites - avant 1949 - chauffage au gaz	%	16%	16%	16%	16%	16%	16%
MI déjà construites - avant 1949 - chauffage à l'électricité	%	31%	31%	31%	48%	48%	48%
MI déjà construites - avant 1949 - chauffage au RCU	%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
MI déjà construites - avant 1949 - chauffage au bois	%	35%	35%	35%	35%	35%	35%
MI à construire - 2015 à 2020 - chauffage au fioul	%				0%	0%	0%
MI à construire - 2015 à 2020 - chauffage au GPL	%				0%	0%	0%
MI à construire - 2015 à 2020 - chauffage au gaz	%				19%	19%	19%

MI à construire - 2015 à 2020 - chauffage à l'électricité	%				59%	59%	59%
MI à construire - 2015 à 2020 - chauffage au RCU	%				0%	0%	0%
MI à construire - 2015 à 2020 - chauffage au bois	%				21%	21%	21%
LC déjà construits - avant 1949 - chauffage au fioul	%	1%	1%	1%	0%	0%	0%
LC déjà construits - avant 1949 - chauffage au GPL	%	1%	1%	1%	0%	0%	0%
LC déjà construits - avant 1949 - chauffage au gaz	%	32%	32%	32%	35%	35%	35%
LC déjà construits - avant 1949 - chauffage à l'électricité	%	63%	63%	63%	63%	63%	63%
LC déjà construits - avant 1949 - chauffage au RCU	%	1%	1%	1%	1%	1%	1%
LC déjà construits - avant 1949 - chauffage au bois	%	1%	1%	1%	1%	1%	1%
LC à construire - 2015 à 2020 - chauffage au fioul					0%	0%	0%
LC à construire - 2015 à 2020 - chauffage au GPL					0%	0%	0%
LC à construire - 2015 à 2020 - chauffage au gaz					26%	26%	26%
LC à construire - 2015 à 2020 - chauffage à l'électricité					68%	68%	68%
LC à construire - 2015 à 2020 - chauffage au RCU					5%	5%	5%
LC à construire - 2015 à 2020 - chauffage au bois					1%	1%	1%

Tableau 32 Parts de marché des vecteurs

Le tableau ci-dessus présente les parts de marché des vecteurs pour une catégorie d'âge seulement par souci de clarté.

4.2.6 Sobriété énergétique

Les actions de sobriété énergétique correspondent à la sensibilisation à la baisse de température dans les logements et à l'installation de compteurs intelligents (avec ou sans suivi). Les hypothèses pour les scénarios Sans Rupture et Transition F4 sont issues des Visions de l'ADEME. Des retours d'expériences (projet Smile) partagés lors du groupe de travail avec les experts ont permis de recueillir des informations sur l'impact des actions de sobriété.

Pour chacune des trois actions, deux paramètres sont renseignés : l'impact de la mesure sur les consommations et la part de la population qui est touchée par cette mesure.

2040				
Variable	Unité	Tendanciel	Sans Rupture	Transition F4
Baisse de la consommation grâce à la sensibilisation à la température de chauffage	%	7%	7%	7%
Part des logements touchée par la sensibilisation à la température de chauffage	%	10%	30%	30%
Impact des compteurs intelligents avec suivi (électricité spécifique)	%	16%	16%	16%
Part de la population touchée par les compteurs intelligents avec suivi (électricité spécifique)	%	0%	20%	20%
Impact des compteurs intelligents sur la consommation globale	%	1%	1%	1%
Part des logements équipés d'un compteur intelligent	%	100%	80%	80%

Tableau 33 Sobriété énergétique

4.2.7 Gestion de la température

Les actions de gestion de la température passent par l'installation de robinets thermostatiques ou de thermostats. Les hypothèses sont issues des Visions de l'ADEME.

2040				
Variable	Unité	Tendanciel	Sans Rupture	Transition F4
Impact des robinets thermostatiques sur la consommation de chauffage	%	7%	7%	7%
Part des logements équipés d'un robinet thermostatique	%	10%	30%	30%
Impact des thermostats sur la consommation de chauffage	%	16%	16%	16%
Part des logements équipés d'un thermostat	%	0%	20%	20%

Tableau 314 Gestion de la température

5 Tertiaire

Les hypothèses présentées dans cette partie concernent le secteur du tertiaire. Elles sont classifiées en variables de contexte d'une part et en variables d'action d'autre part

5.1 Variables de contexte

5.1.1 Surfaces déjà construites et à construire

Les surfaces déjà construites sont issues du fichier excel « profil_emissions.xlsx » (*Ener'GES – profils d'émissions (2010)*) qui nous a été mis à disposition dans la base de donnée EnerGES en ligne.

Branche	Surface (m ²)
Administration	2 452 524
Bureau	4 363 149
Café - Hôtel	2 812 533
Commerces	8 891 248
Enseignement	11 064 194
Habitat Communautaire	3 500 340
Santé	5 801 304
Sport - Loisirs	3 629 528
Transports	1 124 696
Total	43 639 515

Tableau 32: Surfaces existantes par branche dans le secteur tertiaire

Les surfaces à construire par branche tertiaire sont issues de projections de la Cellule Economique de Bretagne sur les taux d'entrée du parc tertiaire. Les % donnés sont convertis en m2 en multipliant par les surfaces actuelles et sont entrés dans l'outil. Le tableau ci-dessous donne un exemple pour la branche Administration, qui présente un taux d'entrée de 1,45% par an entre 2015 et 2020 et 1,23% par an entre 2020 et 2050 d'après nos hypothèses.

		2015	2020	2030	2040	2050
Surface - déjà construites - Administration - sans prendre en compte les destructions	m2	2 452 524	2 452 524	2 452 524	2 452 524	2 452 524
Surface - à construire - 2015 à 2020 - Administration - sans prendre en compte les destructions	m2		177 808	177 808	177 808	177 808
Surface - à construire - 2020 à 2030 - Administration - sans prendre en compte les destructions	m2			301 660	301 660	301 660
Surface - à construire - 2030 à 2040 - Administration - sans prendre en compte les destructions	m2				301 660	301 660
Surface - à construire - 2040 à 2050 - Administration - sans prendre en compte les destructions	m2					301 660

Tableau 36 Surfaces tertiaire construites pour la branche Administration

5.1.2 Destruction du parc par tranche d'âge

		2015	2020	2030	2040	2050
Destruction - bâtiments déjà construits - Administration	%		1,6%	2,9%	2,9%	2,9%
Destruction - bâtiments à construire - 2015 à 2020 - Administration	%			2,9%	2,9%	2,9%
Destruction - bâtiments à construire - 2020 à 2030 - Administration	%				2,9%	2,9%

Destruction - bâtiments à construire - 2030 à 2040 - Administration	%					2,9%
Destruction - bâtiments à construire - 2040 à 2050 - Administration	%					

Tableau 33 Surfaces tertiaire détruites pour la branche Administration

Les surfaces à détruire par branche tertiaire sont issues de projections de la Cellule Economique de Bretagne sur les taux de sortie du parc tertiaire. Les % donnés sont directement entrés dans l’outil. Le tableau ci-dessus donne un exemple pour la branche Administration, qui présente un taux de sortie de 0,16% par an entre 2015 et 2020 et 0,29% par an entre 2020 et 2050 d’après nos hypothèses.

5.1.3 Besoins en chaleur du parc

De la même manière que pour les différentes typologies de logements dans le résidentiel, la consommation du chauffage en énergie finale par branche tertiaire est donnée par une décomposition des valeurs par vecteur de l’OEB en utilisant la répartition par usage et branche d’Ener’GES (*Ener’GES – Bilan Tertiaire (2010)*). Le calcul du besoin utile par branche suit alors les mêmes étapes que le secteur résidentiel, sans distinction entre l’électricité et les autres vecteurs.

Branche	Besoin en chaleur (kWh/m2)
Administration	84
Bureau	90
Café - Hôtel	98
Commerces	70
Enseignement	51
Habitat Communautaire	60
Santé	86
Sport - Loisirs	101
Transports	80

--	--

Tableau 38 Besoin en chaleur actuel pour le secteur tertiaire

Pour les bâtiments à construire, les normes RT2012 et Effinergie + sont utilisées. La RT2012 est prise comme référence pour les bâtiments construits entre 2015 et 2020, puis le label Effinergie+ à partir de 2020.

- La RT2012 implique des consommations de chauffage maximum selon la surface (CE1 et CE2). N'ayant pas d'indication sur la surface, la moyenne des deux est prise, en supposant un chauffage au gaz avec un rendement de 0.93.

Le label Effinergie+ fait la distinction entre santé et enseignement d'un côté, le reste des branches de l'autre.

5.1.4 Efficacités des moyens de chauffage

Les valeurs retenues sont les mêmes que pour le secteur résidentiel (se référer à la section 4.1.6)

5.1.5 Besoins en ECS

Les besoins en ECS sont supposés proportionnels à la surface construite. Ils sont calculés selon la même méthodologie que les besoins en chaleur.

Branche	Besoin en ECS (kWh/m ²)
Administration	9
Bureau	5
Café - Hôtel	29
Commerces	10
Enseignement	9
Habitat Communautaire	25
Santé	25
Sport - Loisirs	46
Transports	12

Tableau 40 Besoin en ECS actuel pour le secteur tertiaire

5.1.6 Efficacités des moyens d'ECS

Les valeurs retenues sont les mêmes que pour le secteur résidentiel (se référer à la section 4.1.9)

5.1.7 Emissions et consommations dues à la cuisson

Comme pour le secteur résidentiel, les valeurs du diagnostic sont issues des consommations par vecteur du diagnostic OEB décomposées elles-mêmes en usages selon la répartition du bilan tertiaire d'Ener'GES.

Pour la projection de l'usage cuisson, on considère que la consommation de l'usage cuisson est stable par unité de surface tertiaire au sein de chacune des branches. Néanmoins, on considère qu'en 2040, le vecteur fioul aura disparu en diminuant linéairement dans toutes les branches tertiaires. Les vecteurs gaz et électricité se répartissent alors le reste de la consommation avec un ratio constant.

		2015	2020	2030	2040	2050
Consommation d'électricité dues à la cuisson en 2015 - Administration - à l'avenir	GWh/an	7,03	7,48	8,22	8,99	9,61
Consommation de gaz dûes à la cuisson en 2015 - Administration - à l'avenir	GWh/an	2,95	3,14	3,45	3,77	4,03
Consommation de fioul dûes à la cuisson en 2015 - Administration - à l'avenir	GWh/an	0,33	0,28	0,18	-	-
Consommation d'électricité dûes à la cuisson en 2015 - Bureau - à l'avenir	GWh/an	12,53	13,30	14,58	15,90	17,00
Consommation de gaz dûes à la cuisson en 2015 - Bureau - à l'avenir	GWh/an	5,60	5,95	6,52	7,11	7,60
Consommation de fioul dûes à la cuisson en 2015 - Bureau - à l'avenir	GWh/an	0,46	0,39	0,26	-	-
Consommation d'électricité dûes à la cuisson en 2015 - CAHORE - à l'avenir	GWh/an	177,95	187,01	202,45	219,00	230,96
Consommation de gaz dûes à la cuisson en 2015 - CAHORE - à l'avenir	GWh/an	96,06	100,95	109,29	118,22	124,67

Consommation de fioul dûes à la cuisson en 2015 - CAHORE - à l'avenir	GWh/an	11,39	9,49	6,09	-	-
Consommation d'électricité dûes à la cuisson en 2015 - Commerces - à l'avenir	GWh/an	47,99	50,82	56,25	61,73	66,44
Consommation de gaz dûes à la cuisson en 2015 - Commerces - à l'avenir	GWh/an	10,20	10,80	11,95	13,12	14,12
Consommation de fioul dûes à la cuisson en 2015 - Commerces - à l'avenir	GWh/an	1,23	1,04	0,68	-	-
Consommation d'électricité dûes à la cuisson en 2015 - Enseignement - à l'avenir	GWh/an	54,76	55,95	58,35	60,87	62,81
Consommation de gaz dûes à la cuisson en 2015 - Enseignement - à l'avenir	GWh/an	32,51	33,22	34,65	36,14	37,29
Consommation de fioul dûes à la cuisson en 2015 - Enseignement - à l'avenir	GWh/an	1,60	1,30	0,81	-	-
Consommation d'électricité dûes à la cuisson en 2015 - Habitats communautaires - à l'avenir	GWh/an	40,99	44,36	50,13	56,44	61,03
Consommation de gaz dûes à la cuisson en 2015 - Habitats communautaires - à l'avenir	GWh/an	31,90	34,51	39,00	43,91	47,49
Consommation de fioul dûes à la cuisson en 2015 - Habitats communautaires - à l'avenir	GWh/an	4,73	4,04	2,69	-	-
Consommation d'électricité dûes à la cuisson en 2015 - Santé - à l'avenir	GWh/an	33,66	36,12	40,20	44,31	47,93
Consommation de gaz dûes à la cuisson en 2015 - Santé - à l'avenir	GWh/an	29,59	31,75	35,33	38,95	42,13
Consommation de fioul dûes à la cuisson en 2015 - Santé - à l'avenir	GWh/an	1,16	0,99	0,66	-	-
Consommation d'électricité dûes à la cuisson en 2015 - Sport - à l'avenir	GWh/an	12,42	13,50	15,17	17,01	18,39
Consommation de gaz dûes à la cuisson en 2015 - Sport - à l'avenir	GWh/an	7,62	8,28	9,31	10,43	11,28
Consommation de fioul dûes à la cuisson en 2015 - Sport - à l'avenir	GWh/an	1,17	1,01	0,67	-	-
Consommation d'électricité dues à la cuisson en 2015 - Transports - à l'avenir	GWh/an	5,34	5,38	5,54	5,70	5,81

Consommation de gaz dues à la cuisson en 2015 - Transports - à l'avenir	GWh/an	2,66	2,68	2,76	2,84	2,90
Consommation de fioul dues à la cuisson en 2015 - Transports - à l'avenir	GWh/an	0,13	0,10	0,06	-	-

Tableau 41: Consommation projetée liée à la cuisson dans l'ensemble du secteur tertiaire

5.1.8 Consommations d'électricité spécifique

Les consommations actuelles sont issues des données de l'OEB de consommation par vecteur (électricité ici) elles-mêmes décomposées en usage par branche en utilisant la répartition donnée par Ener'GES 2010.

NB : dans le bilan d'Ener'GES, on considère que l'usage « électricité spécifique » est constitué de tous les usages électriques hors cuisson, ECS et Chauffage : éclairage, froid alimentaire, informatique, process, ventilation, autres. Cela prend en compte 99% de la consommation en énergie finale de tous ces usages (qui ne sont pas purement électriques dans Ener'GES à cause de l'usage « Autres »)

Pour la projection de l'électricité spécifique, on considère que la consommation de cet usage est stable par unité de surface dans chacune des branches. On multiplie donc cette consommation par mètre carré par la surface projetée pour obtenir la consommation future.

On a fait l'hypothèse que le contenu CO2 était identique entre les usages électriques. Néanmoins, le modèle peut prendre en compte une différenciation entre usages.

5.1.9 Consommations en éclairage

La méthodologie est la même que pour l'usage électricité spécifique dans chacune des branches du tertiaire.

5.1.10 Consommations issues de la climatisation

La méthodologie est la même que pour l'usage électricité spécifique dans chacune des branches du tertiaire.

5.1.11 Amélioration de l'efficacité des équipements électriques

Les hypothèses d'amélioration des rendements sont identiques au secteur résidentiel (section 5.1.13).

On leur ajoute une hypothèse d'évolution des rendements des climatiseurs électriques (COP) issues du même scénario (*Ademe – Visions 2030-2050 (2014)*)

		2015	2020	2030	2040	2050
Amélioration de l'efficacité des équipements électriques	%	0%	16%	49%	49%	49%
Amélioration des équipements d'éclairage	%	0%	17%	50%	50%	50%
Amélioration des équipements de climatisation	%	0%	5%	14%	14%	14%

Tableau 34: Hypothèses d'amélioration des rendements des équipements électriques par usage dans le tertiaire (évolutions rapportées aux rendements 2015)

5.1.12 Emissions liées aux fluides frigorigènes

Faisant partie des émissions non-énergétiques, ces données sont récupérées dans le bilan tertiaire d'Ener'GES pour chacune des branches du tertiaire.

Branche tertiaire	teqCO2
Administration	970,7
Bureau	5334,96
Café - Hôtel	1703,49
Commerces	99272,32
Enseignement	1222,61
Santé	507,89
Sport - Loisirs	1021,84
Transports	525,14

Tableau 43 : Bilan des émissions non-énergétiques des différentes branches du tertiaire (en tonnes équivalent CO2)

Ces valeurs sont supposées constantes dans les trois scénarios.

5.2 Variables d'action

5.2.1 Rénovations thermiques

Le nombre de rénovations a été validé pendant le groupe de travail MDE (04/09/2018) et considère l'application du décret tertiaire, soit une réduction de 40% des consommations d'énergie à l'horizon 2030 et 50% à l'horizon 2040 pour les surfaces supérieures à 2000 m².

La base SIREN a été exploitée afin de caractériser les surfaces tertiaires de plus de 2000 m² et obtenir ainsi les surfaces à rénover.

Les paramètres entrés dans l'outil pour caractériser les rénovations sont :

- La part des rénovations entre deux périodes : le pourcentage entré en 2040 pour les surfaces tertiaires déjà construites correspond à la part des surfaces de cette catégorie qui a été rénovée entre 2030 et 2040.
- Le gain par rénovation : le pourcentage entré correspond à la réduction de la consommation pour les surfaces rénovées. Elles sont distinguées par branche et par catégorie d'âge.

Scénario Tendanciel				
Variable	Unité	2020	2030	2040
Part des rénovations entre deux périodes - bâtiments déjà construits - Administration	%	15%	30%	30%
Part des rénovations entre deux périodes - bâtiments déjà construits - Bureau	%	8%	16%	16%
Part des rénovations entre deux périodes - bâtiments déjà construits - CaHoRe	%	3%	7%	7%
Part des rénovations entre deux périodes - bâtiments déjà construits - Commerces	%	8%	16%	16%
Part des rénovations entre deux périodes - bâtiments déjà construits - Enseignement	%	13%	26%	26%

Pour le premier point, les hypothèses discutées pendant le groupe de travail ont été adaptées à la modélisation de l’outil. Le détail du calcul est explicité pour l’exemple des rénovations thermiques des maisons individuelles dans le Résidentiel afin de permettre une adaptation facile des hypothèses.

Part des rénovations entre deux périodes - bâtiments déjà construits - Habitats communautaires	%	16%	32%	27%
Part des rénovations entre deux périodes - bâtiments déjà construits - Santé	%	16%	32%	27%
Part des rénovations entre deux périodes - bâtiments déjà construits - Sport	%	13%	26%	26%
Part des rénovations entre deux périodes - bâtiments déjà construits - Transports	%	7%	14%	14%

point, les hypothèses discutées pendant le groupe de travail ont été adaptées à la modélisation de l’outil. Le détail du calcul est explicité pour l’exemple des rénovations thermiques des maisons individuelles dans le Résidentiel afin de permettre une adaptation facile des hypothèses.

Tableau 44 Rénovations thermiques dans le tertiaire pour le scénario tendanciel

Scénario Tendanciel				
Variable	Unité	2020	2030	2040
Part des rénovations entre deux périodes - bâtiments déjà construits - Administration	%	20,2%	40,4%	39,4%
Part des rénovations entre deux périodes - bâtiments déjà construits - Bureau	%	65,0%	21,0%	21,0%
Part des rénovations entre deux périodes - bâtiments déjà construits - CaHoRe	%	65,0%	8,9%	8,9%
Part des rénovations entre deux périodes - bâtiments déjà construits - Commerces	%	65,0%	21,3%	21,3%
Part des rénovations entre deux périodes - bâtiments déjà construits - Enseignement	%	65,0%	34,5%	34,5%
Part des rénovations entre deux périodes - bâtiments déjà construits - Habitats communautaires	%	65,0%	42,4%	36,4%
Part des rénovations entre deux périodes - bâtiments déjà construits - Santé	%	65,0%	42,4%	36,4%
Part des rénovations entre deux périodes - bâtiments déjà construits - Sport	%	65,0%	35,3%	35,3%
Part des rénovations entre deux périodes - bâtiments déjà construits - Transports	%	65,0%	18,2%	18,2%

Tableau 45 Rénovations thermiques dans le tertiaire pour les scénarios Sans Rupture et Transition F4

5.2.2 Parts de marché des moyens de chauffage

La notion de part de marché d'un équipement est associée à la part des surfaces, pour un vecteur donné, qui est alimentée par cet équipement.

Pour le diagnostic, les hypothèses suivantes proviennent de retours d'expérience de missions réalisées par Artelys. Elles sont adoptées de manière commune à l'ensemble des branches du tertiaire.

- Fioul : 95% des chaudières existantes sont considérées comme des chaudières basiques avec un rendement de 0,85. 5% de la surface tertiaire a donc renouvelé sa chaudière fioul pour un modèle plus performant.
- RCU : l'ensemble des équipements raccordés aux réseaux de chaleur est assimilé à une chaudière de référence (voir section 5.1.6 concernant l'efficacité)
- Electricité : l'ensemble de la surface tertiaire est équipé de radiateurs électriques (pas de données exploitables sur les pompes à chaleur (PAC))
- Gaz : on considère qu'une part du parc actuel a déjà renouvelé sa chaudière gaz en passant à des appareils à condensation plus performantes (10% de la surface tertiaire)
- Bois : on considère qu'une part du parc actuel a déjà renouvelé sa chaudière collective au bois avec un appareil plus performant (10% de la surface tertiaire).

Pour les projections par scénario, on applique les hypothèses discutées en GT (issues des visions de l'ADEME) et amendées en amont de la CBTE du 6 Décembre 2018 par la région, introduisant 50% de PAC dans les logements et du solaire thermique pour les logements neufs respectant la RT2020.

NB : La mise à jour des parts de marché des moyens de chauffage doit en toute logique s'accompagner de la mise à jour des parts de marché des moyens d'ECS.

Variable	2015				2040			
	Unité	Tendance	Sans Rupture	Transition F4	Tendance	Sans Rupture	Transition F4	
Surfaces existantes - Fioul - % chaudière ind. basique	%	95%	95%	95%	0%	0%	0%	
Surfaces existantes - Fioul - % chaudière ind. haute performance	%	5%	5%	5%	100%	100%	100%	
Surfaces existantes - GPL - % chaudière ind.	%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	
Surfaces existantes - Gaz - % chaudière ind. basique	%	90%	90%	90%	0%	0%	0%	
Surfaces existantes - Gaz - % chaudière ind. haute performance	%	10%	10%	10%	100%	100%	100%	
Surfaces existantes - Gaz - % système solaire combine appoint gaz	%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
Surfaces existantes - Gaz - % microcogénération	%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	

Surfaces existantes - Elec - % radiateur électrique	%	100%	100%	100%	100%	50%	50%
Surfaces existantes - Elec - % pompe à chaleur ind. aérothermique	%	0%	0%	0%	0%	48%	48%
Surfaces existantes - Elec - % pompe à chaleur ind. Géothermique	%	0%	0%	0%	2%	2%	2%
Surfaces existantes - Elec - % système solaire combine appoint électricité	%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Surfaces existantes - RCU - % chaudière	%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Surfaces existantes - Bois - % poêle	%	90%	90%	90%	90%	90%	90%
Surfaces existantes - Bois - % chaudière ind.	%	10%	10%	10%	10%	10%	10%

Variable	2015				2040			
	Unité	Tendance	Sans Rupture	Transition F4	Tendance	Sans Rupture	Transition F4	
Surfaces construites après 2015 - Fioul - % chaudière ind. basique	%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
Surfaces construites après 2015 - Fioul - % chaudière ind. haute performance	%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	
Surfaces construites après 2015 - GPL - % chaudière ind.	%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	
Surfaces construites après 2015 - Gaz - % chaudière ind. basique	%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
Surfaces construites après 2015 - Gaz - % chaudière ind. haute performance	%	100%	86%	86%	100%	86%	86%	
Surfaces construites après 2015 - Gaz - % système solaire combine appoint gaz	%	0%	4%	4%	0%	4%	4%	
Surfaces construites après 2015 - Gaz - % micro cogénération	%	0%	10%	10%	0%	10%	10%	
Surfaces construites après 2015 - Elec - % radiateur électrique	%	46%	46%	46%	46%	46%	46%	
Surfaces construites après 2015 - Elec - % pompe à chaleur ind. aérothermique	%	35%	35%	35%	35%	35%	35%	
Surfaces construites après 2015 - Elec - % pompe à chaleur ind. géothermique	%	15%	15%	15%	15%	15%	15%	
Surfaces construites après 2015 - Elec - % système solaire combine appoint électricité	%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	
Surfaces construites après 2015 - RCU - % chaudière	%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	
Surfaces construites après 2015 - Bois - % poêle	%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	
Surfaces construites après 2015 - Bois - % chaudière ind.	%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	

Tableau 47 Part de marché des équipements de chauffage dans les surfaces tertiaires neuves

5.2.3 Parts de marché des moyens d'ECS

Pour le diagnostic, les chiffres suivants sont issus de retours d'expérience d'autres missions réalisées par Artelys. Dans le diagnostic de l'OEB, une consommation de solaire thermique est présente (environ

0,1% de la consommation en énergie finale totale). Cette faible tendance est prise en compte par des chauffe-eau solaires (CESI) dans les vecteurs électricité et gaz (vecteurs d’appoint)

- Fioul, GPL, RCU et Gaz : la répartition des équipements de chauffage a été gardée comme référence pour l’ECS (rendements supposés identiques entre équipement de chauffage et d’ECS pour ce vecteur). 1% du parc tertiaire qui possède une ECS au gaz possède un système solaire thermique à appoint gaz.
- Electricité : du fait de la croissance observée sur les ventes de chauffe-eau thermodynamique (CET), on considère que 4% du parc possède ce type de système. 1% emploie un système solaire thermique à appoint électrique. Le reste emploie un ballon d’eau chaude électrique classique.

Les projections des parts de marchés des moyens d’ECS sont supposées suivre les tendances des parts de marché des moyens de chauffage, en supposant que les pompes à chaleurs sont accompagnées de chauffe-eaux thermodynamiques.

5.2.4 Part de marché des vecteurs d’énergie

La part de marché d’un vecteur énergétique correspond, au sein de chaque branche, à la part de la surface qui est chauffée à l’aide de ce vecteur.

Pour l’année de diagnostic, les calculs sont réalisés à partir de la consommation par vecteur de l’OEB décomposée par la décomposition en usages par vecteur issue d’Ener’GES. On obtient alors la consommation en énergie finale par vecteur pour les usages chauffage et ECS.

Il est supposé que ces parts de marché soient les mêmes pour l’usage chauffage que pour l’usage ECS, excepté pour le vecteur bois (pas d’ECS au bois : le parc chauffé au bois est réparti dans les vecteurs d’ECS au pro-rata de l’existant).

Les hypothèses de transferts d’énergie supposent pour les trois scénarios une sortie du fioul, transféré vers le gaz ou l’électricité (selon si le vecteur est initialement présent dans le mix de la branche concernée), sans évolution des autres vecteurs. Pour le neuf, on considère un mix identique aux typologies les plus récentes.

Variable	2015				2040			
	Unité	Tendanciel	Sans Rupture	Transition F4	Tendanciel	Sans Rupture	Transition F4	

Bâtiments déjà construits - Chauffage GPL - Administration	%	11%	11%	11%	0%	0%	0%
Bâtiments déjà construits - Chauffage gaz - Administration	%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Bâtiments déjà construits - Chauffage électricité - Administration	%	49%	49%	49%	59%	59,3%	59,3%
Bâtiments déjà construits - Chauffage RCU - Administration	%	25%	25%	25%	25%	25%	25%
Bâtiments déjà construits - Chauffage bois - Administration	%	15%	15%	15%	15%	15%	15%
Bâtiments à construire - 2015 à 2020 - Chauffage fioul - Administration	%	1%	1%	1%	1%	1%	1%
Bâtiments à construire - 2015 à 2020 - Chauffage GPL - Administration	%				0%	0%	0%
Bâtiments à construire - 2015 à 2020 - Chauffage gaz - Administration	%				0%	0%	0%
Bâtiments à construire - 2015 à 2020 - Chauffage électricité - Administration	%				59%	59%	59%
Bâtiments à construire - 2015 à 2020 - Chauffage RCU - Administration	%				25%	25%	25%
Bâtiments à construire - 2015 à 2020 - Chauffage bois - Administration	%				15%	15%	15%
Bâtiments à construire - 2020 à 2030 - Chauffage fioul - Administration	%				1%	1%	1%
Bâtiments à construire - 2020 à 2030 - Chauffage GPL - Administration	%				0%	0%	0%
Bâtiments à construire - 2020 à 2030 - Chauffage gaz - Administration	%				0%	0%	0%
Bâtiments à construire - 2020 à 2030 - Chauffage électricité - Administration	%				59%	59%	59%
Bâtiments à construire - 2020 à 2030 - Chauffage RCU - Administration	%				25%	25%	25%
Bâtiments à construire - 2020 à 2030 - Chauffage bois - Administration	%				15%	15%	15%
Bâtiments à construire - 2030 à 2040 - Chauffage fioul - Administration	%				1%	1%	1%
Bâtiments à construire - 2030 à 2040 - Chauffage GPL - Administration					0%	0%	0%
Bâtiments à construire - 2030 à 2040 - Chauffage gaz - Administration					0%	0%	0%
Bâtiments à construire - 2030 à 2040 - Chauffage électricité - Administration					59%	59%	59%
Bâtiments à construire - 2030 à 2040 - Chauffage RCU - Administration					25%	25%	25%
Bâtiments à construire - 2030 à 2040 - Chauffage bois - Administration					15%	15%	15%
Bâtiments à construire - 2040 à 2050 - Chauffage fioul - Administration					1%	1%	1%

Tableau 18 Part de marché des vecteurs de chauffage et d'ECS dans les surfaces tertiaires de la branche Administration

Le tableau ci-dessus présente les parts de marché des vecteurs de chauffage et d'ECS pour la branche Administration seulement, dans un souci de clarté.

5.2.5 Sobriété énergétique

Les actions de sobriété énergétique correspondent à la gestion technique des bâtiments (GTB) ou la communication sur les enjeux de l'énergie. Les hypothèses pour les scénarios Sans Rupture et Transition F4 sont issues des Visions de l'ADEME.

Pour chacune des deux actions, deux paramètres sont renseignés : l'impact de la mesure sur les consommations et la part de la surface qui est touchée par cette mesure.

2040				
Variable	Unité	Tendance	Sans Rupture	Transition F4
Gestion Technique du Bâtiment (GTB) - impact sur tous les usages sauf cuisson	%	15%	15%	15%
Gestion Technique du Bâtiment (GTB) - % de la surface touchée	%	25%	35%	35%
Communication - impact sur tous les usages sauf cuisson	%	5%	5%	5%
Communication - % de la surface touchée	%	10%	20%	20%

Tableau 49 Sobriété énergétique dans le tertiaire

6 Transport

Les hypothèses présentées dans cette partie concernent le secteur du transport. Elles sont classifiées en variables de contexte d'une part et en variables d'action d'autre part

6.1 Variables de contexte

6.1.1 Général

		Chiffre de 2015
Part initiale du transport dans les émissions du territoire	%	27%
Emissions dues à la mobilité exceptionnelle	tCo2	1014711

Tableau 50 Emissions dues à la mobilité et au transport

Selon l'OEB 2016, les transports sont responsables de 7,08 Mt émissions. Rapportés aux émissions totales (émissions non énergétiques + énergétiques), cela représente 27% des émissions.

Source pour la mobilité exceptionnelle : Ener'GES 2010 au prorata OEB

6.1.2 Parts modales des métro/bus/tram pour les transports en commun

		2011	2015	2020	2030	2040
Part des bus dans les km en TC	%	94%	94%	94%	94%	94%
Part du métro dans les km en TC	%	4%	4%	4%	4%	4%
Part du tram dans les km en TC	%	2%	2%	2%	2%	2%

Tableau 51 Parts modales des métro/bus/tramway

Les déplacements effectués en transports en commun sont répartis entre les déplacements en bus, en métro et en tram. Les données CERTU 2011 sont fournies par ENEDIS

6.1.3 Taux d'occupation considérés constants

		2015	2020	2025	2030
Taux d'occupation moyen des TCs hors métro et bus, supposés thermiques	pers/véh.	11	11	11	11
Taux d'occupation des bus	pers/véh.	19	19	19	19
Taux d'occupation des métros	pers/véh.	47	47	47	47
Taux d'occupation des tramways	pers/véh.	47	47	47	47
Taux d'occupation moyen des 2RM	pers/véh.	1,02	1,02	1,02	1,02

Tableau 52 Taux d'occupation des moyens de transport en commun

Pour les transports hors métro/bus, le taux d'occupation moyen considéré est celui des transports thermiques en agglomération de plus 250 000 habitants, selon le guide de l'ADEME « Information CO2 des prestations de transport 2012 », p 162.

Pour les métros et tramways, le taux moyen considéré est celui de la base carbone Ademe

Pour les bus, le taux moyen de la base carbone ADEME (11 passagers en moyenne) ne permet pas de retrouver les consommations du diagnostic. On a donc supposé un taux d'occupation de 19 personnes par bus.

Pour les véhicules à 2 roues motrices, il n'y a pas de source donnant les taux d'occupations moyen. On suppose qu'un trajet sur 50 se fait à deux personnes. L'hypothèse retenue est celle qui a servi pour le PCAET de Rennes.

6.1.4 Consommations des véhicules particuliers : voitures électriques, véhicules à carburation aux produits pétroliers et véhicules GNV

		2015	2020	2030	2040
Consommation en PP des véhicules à carburations aux produits pétroliers	L/100km	6,5	5,6	4,6	4,6
Consommation en gaz des véhicules GNV	kg/100km	6,0	5,12	4,25	4,25
Consommation en hydrogène des véhicules hydrogène	kg/100km	0,76	0,76	0,76	0,76
Consommation en électricité des voitures électriques	kWh/100km	16,69	16,13	15	13,88
Consommation en PP des 2RM	L/100km	3,00	2,56	2,12	2,12

Tableau 53 Consommations d'énergie pour les véhicules particuliers

Les données de consommation moyenne par véhicule sont issues des Visions de l'ADEME pour les véhicules GNV, les véhicules électriques et les véhicules et à carburations aux produits pétroliers. Pour les véhicules hydrogène, les données de consommations sont supposées constantes sur la trajectoire.

6.1.5 Consommations des bus : électriques, véhicules à carburation aux produits pétroliers et véhicules GNV

		2015	2020	2030	2040
Consommation en électricité des bus électriques	kWh/100km	188	182	169	156
Consommation en gaz des bus GNV	kg/100km	26	22	18	18
Consommation en hydrogène des bus Hydrogène	kg/100km	19	19	19	19

Tableau 54 Données de consommations d'énergie pour les bus

Les données de consommations moyennes des bus actuels sont supposés suivre la même variation sur la trajectoire que les consommations des véhicules particuliers.

6.1.6 Tonnes kilomètres transportés via les ports et les aéroports

		2015	2020	2030	2040
Tkm transportées via les ports	millions de tkm	6591	6591	6591	6591
Tkm transportées via les aéroports	millions de tkm	4	4	4	4

Tableau 55 Tkm transportées via les ports et aéroports

Les données ci-dessus proviennent des tableaux Ener'GES.

6.1.7 Transport de marchandises routier, répartition et capacités moyennes

		2015	2020	2030	2040
Part des VUL	%	5%	5%	5%	5%
Part des PL	%	95%	95%	95%	95%
Part du vélo	%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Capacité moyenne d'un VUL	tonnes	0,3	0,3	0,3	0,3
Capacité moyenne d'un PL	tonnes	8,3	8,3	8,3	8,3
Capacité moyenne d'un train de marchandises	tonnes	400	400	400	400

Tableau 56 Répartition du transport de marchandises routier et capacités moyennes

Les capacités moyennes des trains, poids lourds et véhicules utilitaires légers sont issues de la base carbone. Les répartition VUL/PL/Vélo sont calées sur le diagnostic.

6.2 Variables d'action

6.2.1 Nombre de déplacements par jour ouvrable et par habitant

		2010	2040	2040	2040
			Tendanciel	Sans rupture	Transition F4
Nombre de déplacements pour la mobilité quotidienne	Milliards de déplacements	3,2			
Nombre de jours ouvrables dans l'année	j/an	304			
Population bretonne d'âge > 5 ans	hab	3 008 964			
Déplacement par jour ouvrable et par habitant	dpl/j/hab	3,5	3,5	3,5	3,18 (-9%)

Tableau 57 Nombre de déplacement par jour et par habitant

ENER'GES donne le nombre de déplacements total pour la mobilité quotidienne, **soit 3,2 milliards** de déplacements. La population d'âge supérieur à 5 ans est issue INSEE. Pour le scénario Transition F4, on retient l'hypothèse des visions de l'ADEME d'une baisse de la mobilité de 18% en 2040, se traduisant par une baisse de 9% des déplacements par jour ouvrables

6.2.2 Evolution des distances parcourues par jour ouvré et par habitant

		2010	2040	2040	2040
			Tendanciel	Sans rupture	Transition F4
Distances parcourues	Milliards de km	26			
Nombre de jours ouvrables dans l'année	j/an	304			
Population bretonne d'âge > 5 ans	Hab.	3 008 964			
Distance parcourue par jour ouvrable et par habitant	dpl/j/hab	28,4	34 (+20%)	28,4 (0%)	26 (-10%)

Tableau 58 Evolution des distances parcourues

ENER'GES donne les kms parcourus moyens par motif de déplacement en 2010. La population d'âge supérieur à 5 ans est issue de l'INSEE. Pour le scénario Transition F4, on retient l'hypothèse des visions de l'ADEME d'une baisse de la mobilité de 18% en 2040, se traduisant par une baisse de 10% des distances parcourues

6.2.3 Parts modales pour le transport de voyageurs

		2010	2040 Tendanciel	2040 Sans rupture	2040 Transition F4
Part modale des transports en commun	% dpl	5%	6%	10%	10%
Part modale du vélo	% dpl	3%	5%	12%	12%
Part modale de la marche à pieds	% dpl	20%	20%	20%	20%
Part modale de la voiture conduite	% dpl	50%	48%	37%	34%
Part modale de la voiture partagée	% dpl	18%	18%	17%	20%

Tableau 59 Parts modales pour le transport de voyageurs

Les parts modales en 2010 sont issues d'ENER'GES.

Les hypothèses de projection des parts modales des transports en commun sont issues des Visions de l'ADEME pour les scénarios Sans Rupture et de Transition. Le scénario tendanciel est obtenu en supposant la part modale des transports en commun constante par rapport à 2013 (source : service Urbanisme de la région).

Concernant les modes doux, on suppose une augmentation de 50% de la part modale du vélo dans le scénario tendanciel et une multiplication par 4 pour les scénarios Sans Rupture et Transition F4, hypothèse issue du scénario Negawatt.

6.2.4 Taux de remplissage des véhicules particuliers

2010	2040	2040	2040
------	------	------	------

		Tendan ciel	Sans ruptur e	Transit ion F4
Taux d'occupation moyen des voitures	pers/veh	1,09	1,28	1,47

Tableau 60 Taux de remplissage des véhicules particuliers

Le taux de remplissage moyen actuel est issu d'Ener'GES.

Le taux de remplissage est supposé constant pour le scénario Tendanciel. Pour le scénario Transition F4, il est supposé suivre les hypothèses du scénario Negawatt. Le taux de remplissage du scénario Sans Rupture correspond à la moyenne de deux scénarios extrêmes.

6.2.5 Part des motorisations (Véhicules Particuliers et Véhicules Utilitaires Légers)

		2010	2040 Tendanciel	2040 Sans rupture	2040 Transition F4
Pénétration des véhicules électriques	% dpl	0%	1,1%	6,0%	10,0%
Pénétration des véhicules hybrides rechargeables	% dpl	0%	0,2%	9,0%	38,0%
Pénétration des véhicules GNV	% dpl	0%	0,0%	21,0%	21,0%
Pénétration des véhicules hydrogène	% dpl	0%	0,0%	0,5%	0,5%

Tableau 61 Pénétration des motorisations décarbonées

Pour le scénario tendanciel, un prolongement des tendances actuelles aboutit aux pénétrations ci-dessus. Les évolutions historiques des motorisations sont issues des données ENEDIS pour les véhicules électriques et GRT-Gaz pour les véhicules au GNV.

Le scénario Sans Rupture retient les hypothèses issues d'une étude prospective du gouvernement (2016) sur l'évolution de demande dans les transports. Le scénario Transition régionalise les hypothèses des visions de l'ADEME pour la pénétration des véhicules propres.

6.2.6 Taux d'émissions des véhicules à carburation aux produits pétroliers

		2010	2040 Tendanci el	2040 Sans rupture	2040 Transition F4
Taux d'émission des véhicules à carburation aux produits pétroliers	gCO ₂ /km	180	95	90	90

Tableau 62 Taux d'émission des véhicules à carburation aux produits pétroliers

Le taux d'émission actuel est issu de l'ADEME. Les objectifs européens imposent un taux maximal de 95 gCO₂/km pour les véhicules neufs en 2021. Le scénario tendanciel se limitera à l'atteinte de cet objectif, sans effort supplémentaire. Les scénarios Sans Rupture et Transition F4 se basent sur les Visions de l'ADEME mais en supposant une chute des ventes de Diesel.

6.2.7 Tkm transportées

		2015	2040 Tendanciel	2040 Sans rupture	2040 Transition F4
Tkm transportées par an	Mtkm	18074	21505	26558	26558

Tableau 63 Tonnes kilomètres transportées

Les tonnes-km parcourus actuels sont issus de la base SITRAM. Pour le scénario tendanciel, on suppose que les tonnes km parcourus restent stables, au niveau de la moyenne observée ces 20 dernières années. Pour les scénarios « Sans Rupture », « Transition F4 » on suppose la même variation des tonnes-km entre 2010 et 2040 que les Visions de l'ADEME, soit +24%.

6.2.8 Parts modales du transport de marchandises

		2015	2040 Tendanciel	2040 Sans rupture	2040 Transition F4
Part modale ferroviaire en tkm	%	3,1%	3,1%	7,0%	9,0%
Part modale routier en tkm	%	96,9%	96,9%	93,0%	91,0%

Tableau 64 Parts modales du transport de marchandises 35

Les parts modales actuelles sont issues de la base SITRAM. On suppose pour le scénario Tendanciel que la part modale du transport ferroviaire reste à son niveau le plus bas observé ces 15 dernières années, soit 3%. Pour le scénario Transition F4, on applique les hypothèses des Visions de l'ADEME qui supposent un quasi doublement de la part ferroviaire par rapport à 2010.

7 Agriculture

Les hypothèses présentées dans cette partie concernent le secteur de l'agriculture. Elles sont classifiées en variables de contexte d'une part et en variables d'action d'autre part

7.1 Variables de contexte

7.1.1 Emissions non-énergétiques unitaires

Cultures :

Les émissions non-énergétiques liées aux cultures sont issues du diagnostic de GES non-énergétiques agricoles mis à disposition par la région (*Ener'GES – profils d'émissions (2010)*). Elles sont calculées par hectare de chaque grande catégorie de culture représentative de la région et par poste d'émission.

Les valeurs projetées sont alors obtenues en multipliant ces émissions unitaires par la SAU projetée (voir section 8.2.1).

	Emissions non-énergétiques unitaires (kgeqCO2/hectare/an)
Emissions non-énergétiques unitaires - épandage engrais synthétiques - céréales	706
Emissions non-énergétiques unitaires - épandage engrais synthétiques - fourrages annuels	242
Emissions non-énergétiques unitaires - épandage engrais synthétiques - STH	181
Emissions non-énergétiques unitaires - épandage engrais synthétiques - oléagineux	732
Emissions non-énergétiques unitaires - épandage engrais synthétiques - protéagineux	-
Emissions non-énergétiques unitaires - épandage engrais synthétiques - cultures sous serre chauffée	-
Emissions non-énergétiques unitaires - épandage engrais synthétiques - autres terres cultivées	116
Emissions non-énergétiques unitaires - résidus de cultures - céréales	314

Emissions non-énergétiques unitaires - résidus de cultures - fourrages annuels	293
Emissions non-énergétiques unitaires - résidus de cultures - STH	-
Emissions non-énergétiques unitaires - résidus de cultures - oléagineux	538
Emissions non-énergétiques unitaires - résidus de cultures - protéagineux	209
Emissions non-énergétiques unitaires - résidus de cultures - cultures sous serre chauffée	-
Emissions non-énergétiques unitaires - résidus de cultures - autres terres cultivées	35
Emissions non-énergétiques unitaires - production d'ammoniac - céréales	38
Emissions non-énergétiques unitaires - production d'ammoniac - fourrages annuels	13
Emissions non-énergétiques unitaires - production d'ammoniac - STH	10
Emissions non-énergétiques unitaires - production d'ammoniac - oléagineux	39
Emissions non-énergétiques unitaires - production d'ammoniac - protéagineux	-
Emissions non-énergétiques unitaires - production d'ammoniac - cultures sous serre chauffée	-
Emissions non-énergétiques unitaires - production d'ammoniac - autres terres cultivées	6

Tableau 65: Emissions non-énergétiques unitaires des cultures

Elevage

Les émissions non-énergétiques liées à l'élevage sont issues de la phase de diagnostic (*Auxilia - Evolution des émissions non-énergétiques du secteur agricole (2018)*). Elles sont calculées par tête de cheptel pour chaque grande catégorie d'animal représentative de l'activité régionale et par poste d'émission.

Les valeurs projetées sont alors obtenues en multipliant ces émissions unitaires par le cheptel projeté (voir section 8.2.2).

	Type de GES	Emissions non-énergétiques unitaires (kgeqCO2/hectare/an)
Emissions non-énergétiques unitaires - fermentation entériques - vaches laitières	CH4	3000

Emissions non-énergétiques unitaires - fermentation entériques - autres bovins	CH4	930
Emissions non-énergétiques unitaires - fermentation entériques - porcins	CH4	25
Emissions non-énergétiques unitaires - fermentation entériques - ovins et caprins	CH4	292
Emissions non-énergétiques unitaires - fermentation entériques - volailles	CH4	0
Emissions non-énergétiques unitaires - Déjections - vaches laitières	CH4	550
Emissions non-énergétiques unitaires - Déjections - autres bovins	CH4	309
Emissions non-énergétiques unitaires - Déjections - porcins	CH4	200
Emissions non-énergétiques unitaires - Déjections - ovins et caprins	CH4	156
Emissions non-énergétiques unitaires - Déjections - volailles	CH4	25
Emissions non-énergétiques unitaires - effluents de N2O - vaches laitières	N2O	1685
Emissions non-énergétiques unitaires - effluents de N2O - autres bovins	N2O	238
Emissions non-énergétiques unitaires - effluents de N2O - porcins	N2O	15
Emissions non-énergétiques unitaires - effluents de N2O - volailles	N2O	91
Emissions non-énergétiques unitaires - effluents de N2O - ovins et caprins	N2O	0

Tableau 36: Emissions non-énergétiques unitaires de l'élevage

7.1.2 Consommation des serres en 2015

La consommation des serres est répartie entre les différents vecteurs d'énergie dans la section 8.2.3. La valeur retenue est **de 2 007 MWh/hectare/an** (diagnostic de l'OEB).

7.1.3 Consommation des engins agricoles en 2015

La consommation des engins agricoles est répartie entre les différents vecteurs d'énergie dans la section 8.2.3. La valeur retenue est de 2 191 GWh/an (diagnostic de l'OEB).

7.1.4 Consommation des bâtiments d'élevage de référence

La consommation des bâtiments d'élevage est répartie entre les différents vecteurs d'énergie dans la section 8.2.3. La valeur retenue est de 2 281 GWh/an (diagnostic de l'OEB).

7.1.5 Emissions du secteur de la pêche

Les émissions du secteur de la pêche sont supposés constantes. La pêche représente une activité implantée avec une faible opportunité de se décarboner, car reposant sur les produits pétroliers. La valeur constante d'émissions est de 292 kteqCO₂/an (diagnostic de l'OEB).

7.1.6 Impact du changement de régime alimentaire des vaches laitières

L'impact d'une baisse de la matière azotée totale (MAT) des rations pour les vaches laitières (avec un objectif maximal de 14% de MAT) est estimé à 2% des émissions par vache laitière (*INRA – Action 8 : Réduire les apports protéiques dans les rations animales pour limiter la teneur en azote des effluents et les émissions de N₂O associées*)

7.2 Variables d'actions

7.2.1 Evolution de la Surface Agricole Utile (SAU)

On considère la surface cultivée pour 7 filières de cultures. Les données de diagnostic sont issues de la base Agreste (*Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation – Données d'utilisation du territoire (2017)*).

Pour les scénarios tendanciel et sans rupture, on prolonge les tendances observées dans la base de données Agreste sur chaque type de surface cultivable.

Pour le scénario transition F4, les projections s'obtiennent en considérant la même évolution en Bretagne des 7 types de surfaces bretons que dans le scénario de l'Ademe (*Ademe – Visions 2030-2050 (Actualisation 2017)*)

Actions	Unité	2015			2040		
		Tendanciel	Sans Rupture	Transition F4	Tendanciel	Sans Rupture	Transition F4
Surface agricole utile - céréales	Milliers de ha	324	324	1011	1011	652	324
Surface agricole utile - fourrages annuels	Milliers de ha	151	151	150	150	127	151
Surface agricole utile - STH	Milliers de ha	43	43	74	74	31	43
Surface agricole utile - oléagineux	Milliers de ha	9	9	2	2	47	9
Surface agricole utile - protéagineux	Milliers de ha	1	1	1	1	1	1
Surface agricole utile - cultures sous serre chauffée	Milliers de ha	514	514	32	32	68	514
Surface agricole utile - autres terres cultivées	Milliers de ha	324	324	1011	1011	652	324

Tableau 67: Evolution de la Surface Agricole Utile

7.2.2 Evolution du cheptel

Cinq catégories de cheptel sont considérées pour l'élevage : vaches laitières, bovins hors vaches laitières, porcins, volailles, et ovins-caprins.

Les données de diagnostic sont issues de la base Agreste (*Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation – Effectifs de bétail hors équidés (anciennes régions) (2015)*, *Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation – Effectifs de volailles et de lapins des exploitations agricoles (anciennes régions) (2015)*).

Pour les scénarios Tendanciel et Sans Rupture, les têtes de cheptels sont considérées stables entre 2015 et 2040 (validé lors du groupe de travail sur le thème de l'agriculture).

Pour le scénario transition F4, les projections s'obtiennent en considérant la même évolution en Bretagne des 5 types de cheptel bretons que dans le scénario de l'ADEME (*Ademe – Visions 2030-2050 (Actualisation 2017)*).

Actions	Unité	2015			2040		
		Tendanciel	Sans Rupture	Transition F4	Tendanciel	Sans Rupture	Transition F4
Cheptel - vaches laitières	milliers de têtes	753	753	753	753	753	532
Cheptel - autres bovins	milliers de têtes	1305	1305	1305	1305	1305	968
Cheptel - porcins	milliers de têtes	7022	7022	7022	7022	7022	5913
Cheptel - ovins et caprins	milliers de têtes	95	95	95	95	95	108
Cheptel - volailles	milliers de têtes	103	103	103	103	103	98

Tableau 68: Evolution du cheptel breton

7.2.3 Déploiement des changements de régime alimentaires

L'ajustement de la matière azotée totale (MAT) des rations pour les vaches laitières (avec un objectif maximal de 14% de MAT) se déploie de manière différenciée selon le scénario. Les scénarios tendanciel et sans rupture suivent le scénario 3 de l'INRA (75% du cheptel touché en 2035), alors que le scénario transition F4 suit le scénario 4 de l'INRA avec 90% du cheptel touché en 2035 (*INRA - GESEBOV : Emission de gaz à effet de serre et consommations d'énergie de la ferme bovine française (octobre 2016)*).

7.2.4 Efficacité énergétique des serres, engins agricoles et bâtiments d'élevage

Le scénario tendanciel suppose une prolongation linéaire de la consommation par vecteur énergétique observée dans les données historiques de l'OEB.

Dans les scénarios sans rupture et transition F4, on retient les efficacités énergétiques des engins agricoles et des bâtiments d'élevage du scénario national (*Ademe – Visions 2030-2050 (Actualisation 2017)*).

Pour l'efficacité des engins agricoles, la baisse de consommation des engins agricoles a été diminuée dans le scénario sans rupture par rapport au scénario transition F4 (à dire d'expert).

Pour l'efficacité énergétique des serres, les retours issus des groupes de travail indiquent que le potentiel de rénovation est déjà atteint. La consommation des serres est alors supposée évoluer proportionnellement à la surface de culture sous serre.

Actions	2015				2040		
	Unité	Tendanciel	Sans Rupture	Transition F4	Tendanciel	Sans Rupture	Transition F4
Serres- impact de l'efficacité énergétique	%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Engins agricoles- réduction de consommation	%	0%	0%	0%	0%	23%	30%
Bâtiments d'élevage- réduction de consommation	%	0%	0%	0%	46%	19%	19%

Tableau 69: Efficacité énergétique et réduction de consommation dans l'agriculture

7.2.5 Répartition des vecteurs d'énergie

La part de chaque vecteur dans la consommation d'énergie finale **des serres** est supposée stable par rapport à la répartition 2015 issue des données de l'OEB.

Dans le scénario tendanciel, la répartition des vecteurs est supposée identique à la répartition 2015 donnée par l'OEB.

Pour les scénarios sans rupture et transition F4, on suppose une sortie du fioul dans les bâtiments d'élevage d'ici 2040, en supposant une évolution linéaire.

On suppose également une introduction de 42% de biocarburants dans la consommation des engins agricoles (*Ademe – Visions 2030-2050 (Actualisation 2017)*).

8 Industrie

Les hypothèses présentées dans cette partie concernent le secteur de l'industrie. Elles sont classifiées en variables de contexte d'une part et en variables d'action d'autre part

8.1 Variables de contexte

8.1.1 Consommation en énergie finale des industries en 2015

La consommation de chaque type d'industrie est calculée comme suit :

- On décompose la consommation du secteur industriel par vecteur sur la base de la répartition donnée par l'OEB en 2015
- Pour chacune des branches et chacun des vecteurs, on applique la décomposition en type d'industrie donnée par Ener'GES en 2010.

		2015
Consommation initiale d'énergie finale - agroalimentaire	GWh/an	6987
Consommation initiale d'énergie finale - automobile et mécanique	GWh/an	454
Consommation initiale d'énergie finale - chimie et pharmaceutique	GWh/an	444
Consommation initiale d'énergie finale - minerais	GWh/an	309
Consommation initiale d'énergie finale - sidérurgie et métallurgie	GWh/an	492
Consommation initiale d'énergie finale - textile et papeterie	GWh/an	610
Consommation initiale d'énergie finale - autres industries	GWh/an	1229

Tableau 37: Consommation en 2015 de chaque branche de l'industrie

8.1.2 Potentiels de gains énergétiques des industries

Pour chaque type d'industrie, on identifie un potentiel de réduction de consommation par efficacité énergétique possible entre 2015 et 2050 en se basant sur les économies identifiées par l'Ademe ((Ademe – Visions 2030-2050 (Actualisation 2017)) à 2030 et en les prolongeant à 2050.

2050		
Gains énergétiques possibles - agroalimentaire	%	50%
Gains énergétiques possibles - automobile et mécanique	%	48%
Gains énergétiques possibles - chimie et pharmaceutique	%	33%
Gains énergétiques possibles - minerais	%	27%
Gains énergétiques possibles - sidérurgie et métallurgie	%	14%
Gains énergétiques possibles - textile et papeterie	%	48%
Gains énergétiques possibles - autres industries	%	44%

Tableau 71 : Potentiel lié à l'efficacité énergétique entre 2015 et 2050 dans l'industrie

8.1.3 Emissions non-énergétiques

En l'absence d'hypothèse supplémentaire, les émissions non-énergétiques de chaque type d'industrie sont supposées constantes et égales aux valeurs du diagnostic d'Ener'GES 2010.

2015		
Emissions non énergétiques initiales - agroalimentaire	teqCO2	0
Emissions non énergétiques initiales - autres industries	teqCO2	105302
Emissions non énergétiques initiales - automobile et mécanique	teqCO2	1267
Emissions non énergétiques initiales - chimie et pharmaceutique	teqCO2	194913
Emissions non énergétiques initiales - minerais	teqCO2	14053
Emissions non énergétiques initiales - sidérurgie et métallurgie	teqCO2	2469
Emissions non énergétiques initiales - textile et papeterie	teqCO2	9399

Tableau 72: Volumes d'émissions non-énergétiques de l'industrie (supposés constants)

8.2 Variables d'action

8.2.1 Parts de marché des vecteurs énergétiques par industrie

Les parts de marché des vecteurs énergétiques pour chaque industrie sont obtenues par le calcul détaillé en section 8.1.1. Ces valeurs sont par ailleurs supposées constantes dans les trois scénarios.

Paramètre	Unité	
	2015	
Part de gaz - agroalimentaire	%	48%
Part de bois - agroalimentaire	%	4%
Part de RCU - agroalimentaire	%	2%
Part d'électricité - agroalimentaire	%	38%
Part de produits pétroliers - agroalimentaire	%	9%
Part de gaz - automobile et mécanique	%	53%
Part de bois - automobile et mécanique	%	3%
Part de RCU - automobile et mécanique	%	2%
Part d'électricité - automobile et mécanique	%	36%
Part de produits pétroliers - automobile et mécanique	%	6%
Part de gaz - chimie et pharmaceutique	%	48%
Part de bois - chimie et pharmaceutique	%	4%
Part de RCU - chimie et pharmaceutique	%	2%
Part d'électricité - chimie et pharmaceutique	%	32%
Part de produits pétroliers - chimie et pharmaceutique	%	13%
Part de gaz - minerais	%	49%
Part de bois - minerais	%	6%
Part de RCU - minerais	%	3%

Part d'électricité - minerais	%	18%
Part de produits pétroliers - minerais	%	23%
Part de gaz - sidérurgie et métallurgie	%	26%
Part de bois - sidérurgie et métallurgie	%	2%
Part de RCU - sidérurgie et métallurgie	%	1%
Part d'électricité - sidérurgie et métallurgie	%	69%
Part de produits pétroliers - sidérurgie et métallurgie	%	3%
Part de gaz - textile et papeterie	%	65%
Part de bois - textile et papeterie	%	3%
Part de RCU - textile et papeterie	%	2%
Part d'électricité - textile et papeterie	%	27%
Part de produits pétroliers - textile et papeterie	%	3%
Part de gaz - autres industries	%	30%
Part de bois - autres industries	%	2%
Part de RCU - autres industries	%	1%
Part d'électricité - autres industries	%	62%
Part de produits pétroliers - autres industries	%	5%

Tableau 73: Parts de marché des différents vecteurs énergétiques par industrie (supposées constantes)

8.2.2 Part du potentiel d'efficacité énergétique atteint par les industries

La part du potentiel d'efficacité énergétique identifié en section 8.1.2 qui est effectivement atteinte se situe à différents degrés selon les scénarios. Elle se base sur les différents leviers cités dans le scénario de l'Ademe en suivant la logique suivante :

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.

Actions	Unité	2015			2040		
		Tendanciel	Sans Rupture	Transition F4	Tendanciel	Sans Rupture	Transition F4
Part des gains possibles atteints - agroalimentaire	%	0%	0%	0%	58%	69%	79%
Part des gains possibles atteints - autres industries	%	0%	0%	0%	59%	74%	79%
Part des gains possibles atteints - automobile et mécanique	%	0%	0%	0%	49%	59%	77%
Part des gains possibles atteints - chimie et pharmaceutique	%	0%	0%	0%	55%	68%	77%
Part des gains possibles atteints - minerais	%	0%	0%	0%	33%	40%	76%
Part des gains possibles atteints - sidérurgie et métallurgie	%	0%	0%	0%	56%	67%	79%
Part des gains possibles atteints - textile et papeterie	%	0%	0%	0%	56%	67%	79%

Tableau 74: Part du potentiel d'efficacité atteint en 2040 par les différents scénarios industriels

9 Coûts

9.1 Taux d'actualisation

Les investissements sont actualisés avec un taux de 2,5% pour les flux financiers liés à la rénovation et à la mobilité, et de 4,5% pour les autres types d'investissement.

Source : rapport Emile Quinet 2013 « Evaluation socioéconomique des investissements publics »

https://www.strategie.gouv.fr/sites/strategie.gouv.fr/files/atoms/files/cgsp_evaluation_socioeconomique_29072014.pdf

9.2 Investissements

9.2.1 Investissements réalisés par la collectivité

9.2.1.1 Méthodologie

Calculs des investissements engagés entre deux pas de temps (CAPEX) :

Pour les différentes actions énergétiques envisagées dans chacun des secteurs, on calcule entre deux pas de temps le montant des investissements engagés (CAPEX) représentant l'acquisition de matériel, frais d'installations, raccordement, etc...

Cette méthode permet uniquement de prendre en compte les différences positives. Par exemple, pour les véhicules personnels électriques, on calcule la différence entre la flotte en 2020 et en 2030. Si celle-ci est positive, on comptabilise les investissements engagés pour l'achat des voitures supplémentaires. En revanche la différence peut être négative mais être le résultat de la somme d'abandons et d'achats de voiture électriques, achats qui ne seront alors pas pris en compte dans le modèle. En revanche, les abandons liés aux véhicules achetés après 2015 sont pris en compte puisque les investissements sont comptabilisés pendant une durée de vie.

Cette logique s'applique aussi bien aux véhicules qu'aux équipements de chauffage, nombre de rénovation, etc.

Annualisation :

Les CAPEX ainsi calculés sont actualisés (voir le paragraphe dédié au taux d'actualisation) sur toute la durée de vie de l'investissement et annualisés.

Prise en compte des CAPEX et OPEX :

On ajoute aux CAPEX annualisés les données de coûts fixes annuels tout au long de la durée de vie (OPEX) représentant les frais d’entretien, maintenance, location, etc. Les CAPEX annualisés et les OPEX sont alors pris en compte jusqu’au dernier pas de temps, même si cette plage de prise en compte dépasse la durée de vie de l’investissement. En effet on considère que les équipements et autres actifs font l’objet d’investissements de renouvellement à la fin de leur durée de vie. Ce sont néanmoins les CAPEX et OPEX du premier investissement qui sont aussi considérés pour l’investissement de renouvellement.

9.2.1.2 Investissements liés au secteur du bâtiment

Actions énergétiques sur le secteur bâtiment	Source de la donnée de coût	Source de la durée de vie
Rénovation (résidentiel)	Retour d’expérience d’autres missions Artelys (rénovations lourdes et légères)	https://www.hausinfo.ch/fr/home/batiment/renovation-unterhalt/longevite_des_elements.html
Achat de robinet thermostatique/thermostats	Ademe, se chauffer sans gaspiller (2017)	
GTB	UFC que choisir	
Sensibilisation à la température de chauffage (baisse d’1°C de consigne)	FAEP	Retour d’expérience
Renouvellement d’équipements	2014_Ademe_Marches-et-emplois-lies-a-efficacite-energetique-et-enr-situation_2012-2013 2015_Ademe_Installer une pompe à chaleur 2015_Ademe_Se-chauffer-au-bois 2012_UFE_L'ordre de priorité des actions d'efficacité énergétique	

Tableau 75 Coûts des actions portant sur le bâtiment

9.2.1.3 Investissements liés au secteur du transport

9.2.1.3.1 Flotte de véhicule

Le tableau ci-dessus détaille les coûts pour les véhicules particuliers (VP), véhicules utilitaires (VUL) et poids lourds (PL).

Type	Carburant	Modèle	Prix achat (€TTC)	Système recharge additionnel (€)	Entretien (€/an)	Assurance (€/an)	Location batterie (€/mois)	PRK (€/km)
VP	Essence	Clio Energy Intens TCe 90	16 588	-	420	640	-	0.167
VP	Électricité	Nissan Leaf (30kW)	27 759	700	149	640	-	0.231
VP	Electricité	Renault ZOE Intens Q90 (41kW)	18 576	700	149	640	85	0.224
VP	GNV	Opel Astra 1.4 CNG Ecotec	23 400	-	420	640	-	0.212
VP	Diesel	Clio Energy Intens 1.5 dCi 90	19 305	-	420	722	-	0.189
VP	GPL	Renault Clio IV GPL	14 300	-	420	640	-	0.151
VUL	Diesel	Renault KANGOO dci 75 energy	11 533	-	840	700	-	0.158
VUL	Essence	Renault KANGOO tce 115 energy	11 533	-	840	700	-	0.158
VUL	GNV	Fiat Fiorino My	16 974	-	840	700	-	0.194
VUL	Électricité	Renault KANGOO Z.E	15 450	-	210	700	82	0.203

Type	Carburant	Modèle	CAPEX		OPEX			PRK (€/km)
			Prix achat (€TTC)	Système recharge additionnel (€)	Entretien (€/an)	Assurance (€/an)	Location batterie (€/mois)	PRK (€/km)
PL	GNV		132 000	-	11 781	2 670	-	0.411
PL	Diesel		96 000	-	11 781	2 670	-	0.351
PL	Electricité		149 400	-	5 891	2 670	-	0.362
PL	Hydrogene			-	5 891	2 670	-	0.113

Pour le calcul des flottes de VUL et de PL qui opèrent le transport de marchandise, il est nécessaire de connaître un nombre de tonne km (t.km) moyen parcouru par une tonne de marchandise en Bretagne. Les valeurs retenues sont issues du diagnostic Ener'GES 2010 et supposées constantes.

- VUL : 50 t.km/t/an
- PL : 87 t.km/t/an

Type de borne	Proportion	Puissance	# de pdc pour 1000 véhicules	Coût par pdc (€TTC/pdc)	Localisation des bornes
Privé (particuliers)	60%	3 kVA	660	1 000	Au prorata des logements, en privilégiant le neuf et les maisons individuelles

Privé (entreprises)	20%	3 kVA	220	1 000	Au prorata des emplois, en privilégiant le neuf et les maisons individuelles
Parking public	5%	3 kVA	52	3 600	Au prorata des places de parking
		22 kVA	3	6 500	
Voirie	15%	3 kVA	157	4 400	Au prorata des longueurs de voirie
		22 kVA	8	7 300	

Tableau 76 Coûts des actions portant sur les transports

Sources :

Parking public et voirie : livre vert

Particuliers et entreprises : REX des autres missions

9.2.1.3.1 Bornes et stations

Pour les véhicules légers, on suppose qu'un déploiement de 1 500 stations est nécessaire pour approvisionner un potentiel 2030 de 1,7 millions de véhicules légers et utilitaires, soit un peu moins d'1 station pour 1 000 véhicules (source : AFGNV). Pour les poids lourds, on suppose un déploiement d'une station pour 200 véhicules (Retour d'expérience missions Artelys).

Le coût d'une station pour véhicules légers est supposé de 400 000 € et de poids lourds à 1 M€ (uniquement GNC) à 1,2 M€ (GNL et GNC). Les coûts et niveaux de déploiement des stations Hydrogène sont supposés égaux à ceux du GNV. Les chiffres précédents sont issus des retours de GRT-gaz.

9.2.1.3.2 Transport de marchandise

Pour calculer les investissements de la Bretagne en véhicules poids lourds et VUL, il est nécessaire de connaître la flotte bretonne de véhicules de transports de marchandises à chaque pas de temps.

Or avec les données disponibles que l'on a présenté dans cette section et la section 7, il est uniquement possible de calculer le nombre de véhicules (PL et VUL séparément, pour chacune des motorisations) qui transportent les tonnes de marchandises acheminées par la Bretagne. La flotte que l'on obtiendrait en 2015 serait d'un ordre de grandeur bien supérieur à la flotte bretonne, ce qui induirait des coûts considérables non imputables à la Bretagne.

Pour cette raison, il a été choisi de ne pas renseigner les coûts d'investissement du transport de marchandise dans les indicateurs de coût. Néanmoins, la facture énergétique hors taxe annuelle y est renseignée (facture énergétique des gros transports).

9.2.1.3.3 Industrie

Un coût d'investissement annualisé de 298 €/MWh économisé/an a été retenu pour le secteur industriel.

Ce coût est construit en calculant un prix moyen de l'énergie dans l'industrie (en fonction du mix énergétique du secteur) et en supposant un temps de retour sur investissement de 5 ans ainsi qu'un taux d'actualisation de 4,5%.

9.2.2 Investissements réalisés par les producteurs

Les CAPEX et OPEX par type de centrale de production sont issus de différentes bases de données ci-dessous et sont actualisés à l'année courante avec un taux de 4,5%.

Type de producteur	Source CAPEX	Source OPEX	Source durée de vie
Eolien terrestre	BIPS Ademe p92	BIPS Ademe p 90	ASSET
Eolien marin	Wiser et al p 52 SI	Wiser et al SI p 11	ASSET
PV sol	I Care & Consult (€/Watt crête)	I Care & Consult	ASSET
PV toiture	I Care & Consult (€/Watt crête)	I Care & Consult	ASSET
Petit hydraulique	IRENA 2012	IRENA 2012	ASSET
UIOM/Bois	ASSET : Biomass steam turbine	ASSET : Biomass steam turbine	ASSET
Energies marines autres que l'éolien marin	ASSET : Tidal and waves	ASSET : Tidal and waves	ASSET : Tidal and waves
Cycle Combiné Gaz	ASSET : Gas Turbine Combined Cycle Gas Advanced	ASSET : Gas Turbine Combined Cycle Gas Advanced	Région

Tableau 77 Investissements réalisés par les producteurs

9.2.3 Coûts variables annualisés des producteurs

On prend en compte les coûts des combustibles consommés dans les différents scénarios.

Pour les coûts variables du gaz, on utilise les projections de l’AIE (World Energy Outlook 2017, scénario « New policies »).

Pour les coûts du bois, on utilise les projections à horizon 2030 (que l’on linéarise à 2050) issues d’une enquête sur les prix des combustibles bois pour le chauffage industriel et collectif en 2014-2015 (ADEME, réalisé par CODA Stratégies).

9.3 Facture énergétique projetée

Les calculs de facture énergétique dans les différents scénarios sont basés sur un coût unitaire attribué à chaque type d’énergie par MWh (€/MWh/an) d’énergie finale consommé. On différencie ces valeurs par secteur, en TTC pour le résidentiel et le transport de personnes et en HT pour les autres secteurs. Chaque énergie fait l’objet d’un calcul et d’une série d’hypothèses propres qui sont détaillés ci-dessous.

9.3.1 Electricité

Le prix de l’électricité (prix HT pour les gros consommateurs et TTC pour les particuliers) est calculé selon la méthodologie résumée dans le tableau suivant.

en €/MWh	2015	2020	2030	2040	2050	Sources
Coût de production de l'électricité projeté	39	39	51	64	70	Présent: Source: CRE, Observatoire des marchés de l'électricité, du gaz et du CO ₂ , Projections: Ademe - Trajectoires d'évolution du mix électrique 2020-2060 (2018)
taux émissions (gCO₂/kWh)	70	54	22	18	13	Cf partie dédiée
prix CO₂ projeté AIE	15,6	15,6	29,4	43,2	43,2	AIE - World Energy Outlook (2017) - scénario New Policies
coût du CO₂	1,09	0,84	0,65	0,78	0,56	
Projection distribution	37	36	43	47	52	Projection d'une plage de revenu par MWh pour les

						tensions HTA et BT séparément (Délibération de la Commission de régulation de l'énergie du 12 décembre 2013 et du 17 novembre 2016 portant décision relative aux tarifs d'utilisation d'un réseau public d'électricité dans le domaine de tension HTA ou BT)
Projection transport	10,4	10,5	10,9	11,5	12,0	Projection d'une plage de revenu par MWh pour la tension HTB (Délibération de la Commission de régulation de l'énergie du 3 avril 2013 et du 17 novembre 2016 portant décision relative aux tarifs d'utilisation d'un réseau public d'électricité dans le domaine de tension HTB)
% marge et coûts de commercialisation	14%	14%	14%	14%	14%	Hypothèse de taux fixe sur le coût incluant la TURPE (CRE - Observatoire des marchés de détail (2015))
Commercialisation (marges et coûts)	12,29	12,15	14,74	17,32	18,86	
Total HT	100,05	98,92	120,05	141,00	153,58	
CSPE + TLCFE	32,04	32,04	32,04	32,04	32,04	Hypothèse de volume fixe à 22,5€/MWh pour la CSPE, 3,16€/MWh pour les taxes départementales et 6,38€/MWh pour les taxes communales (http://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/fiscalite-des-energies-valeur-pour-les-menages)
taux CTA fixe	2%	2%	2%	2%	2%	Hypothèse de taux fixe (Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire – Fiscalité des énergies (2017))
CTA	2,6	2,6	3,0	3,5	3,7	

taux TVA fixe (commercialisation et CTA seulement)	5,5%	5,5%	5,5%	5,5%	5,5%	Hypothèse de taux fixe
taux TVA fixe	20%	20%	20%	20%	20%	Hypothèse de taux fixe
TVA	24,9	24,6	28,5	32,4	34,7	
Total TTC	159,59	158,22	183,67	208,89	224,04	

Tableau 78: Mécanisme de construction du prix projeté de l'électricité (HT et TTC)

9.3.2 Gaz

Le prix du gaz est calculé selon la méthodologie résumée dans le tableau suivant.

en €/MWh	2015	2020	2030	2040	2050	Sources
Coût de production du biogaz	90,2	90,2	90,2	90,2	90,2	Ademe - Un mix de gaz 100% renouvelable en 2050 (2018) - valeur pour la digestion anaérobie
Coût de production du gaz naturel	28,4	21,3	29,3	32,8	32,8	Présent: CRE, Observatoire des marchés de l'électricité, du gaz et du CO ₂ , Projection: AIE - World Energy Outlook (2017) - scénario New Policies
part renouvelable du réseau gazier	1%	5%	14%	35%	57%	Cf partie dédiée
Coût de production du gaz réseau	29,0	24,5	38,0	53,1	65,3	
taux émissions (gCO₂/kWh)	227	209,6667	175	138	100	Cf partie dédiée
prix CO₂ projeté AIE (€/tonne)	15,6	15,6	29,4	43,2	43,2	AIE - World Energy Outlook (2017) - scénario New Policies
coût du CO₂	3,54	3,27	5,15	5,96	4,32	
Projection distribution	11	12	14	16	19	Projection d'une plage de revenu par MWh pour les tensions HTA et BT séparément (Délibération de la Commission de régulation de l'énergie du 12 décembre 2013 et du 17

						novembre 2016 portant décision relative aux tarifs d'utilisation d'un réseau public d'électricité dans le domaine de tension HTA ou BT)
Projection transport	4,1	4,5	5,9	7,2	8,6	Projection d'une plage de revenu par MWh pour la tension HTB (Délibération de la Commission de régulation de l'énergie du 3 avril 2013 et du 17 novembre 2016 portant décision relative aux tarifs d'utilisation d'un réseau public d'électricité dans le domaine de tension HTB)
% stockage par rapport au transport et à la distribution	13%	13%	13%	13%	13%	Hypothèse de taux fixe sur le coût (CRE - Observatoire des marchés de détail (2015))
Stockage	2,01	2,19	2,67	3,15	3,63	
% marge et coûts de commercialisation	14%	14%	14%	14%	14%	Hypothèse de taux fixe sur le coût (CRE - Observatoire des marchés de détail (2015))
Commercialisation (marges et coûts)	6,95	6,50	9,21	12,02	14,07	
Total HT	56,57	52,92	75,02	97,85	114,55	
TICGN + CTSSG	1,32	1,32	1,32	1,32	1,32	Coût du CO2 déjà pris en compte: hypothèse de volume fixe (Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire - Fiscalité des énergies (2014))
taux CTA fixe	2%	2%	2%	2%	2%	Hypothèse de taux fixe (Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire - Fiscalité des énergies (2014))
CTA	1,2	1,1	1,5	2,0	2,3	
taux TVA fixe (commercialisation et CTA seulement)	5,5%	5,5%	5,5%	5,5%	5,5%	Hypothèse de taux fixe
taux TVA fixe	20%	20%	20%	20%	20%	Hypothèse de taux fixe

TVA	10,6	10,0	14,0	18,2	21,3	
Total TTC	69,69	65,29	91,88	119,36	139,45	

Tableau 79: Mécanisme de construction du prix projeté du gaz (HT et TTC)

Pour le GNV et l'hydrogène, les valeurs retenues sont les mêmes que celles du gaz

9.3.3 Bois

Les projections de prix du bois se basent sur les données régionales de l'OEB (*OEB – Données tarif bois (2017)*) qu'on linéarise dans le futur. Pour le résidentiel, on considère un mix identique à 2015 de 36% de bois déchiqueté et 64% de bois bûche. Pour le tertiaire et l'industrie, on projette un prix moyen parmi sciures, broyats de recyclage, écorces et plaquettes forestières.

	2015	2020	2030	2040	2050
Résidentiel - coût du MWh PCI de bois (€TTC/MWh)	54,9	59,7	69,0	78,4	87,7
Tertiaire et Industrie - coût du MWh PCI de bois (€HT/MWh)	20,5	24,5	33,7	42,9	52,1

Tableau 80 : Résultats des projections du prix du bois

9.3.4 Fioul et produits pétroliers

La démarche pour le fioul est détaillée dans le tableau ci-dessous. Elle est similaire pour le gazole en supposant que son coût évolue HT et hors prise en compte du CO2 évolue comme celui du fioul (qui lui-même est sujet aux variations du baril de Brent). Ce prix est issu des données gouvernementales de 2018 (*Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire – Prix des produits pétroliers (2018)*).

En €/MWh	2015	2020	2030	2040	2050	Source
Fioul (€/MWh PCI)	33,0	45,9	52,0	57,0	61,4	AIE - World Energy Outlook (2017) - scénario New Policies
CO2 (€/tonne)	15,6	15,6	29,4	43,2	43,2	AIE - World Energy Outlook (2017) - scénario New Policies

Contenu CO2 (gCO2/kWh)	324	324	324	324	324	Cf partie dédiée
Prix du CO2	5,1	5,1	9,5	14,0	14,0	
TOTAL HT	38,1	51,0	61,5	71,0	75,4	
TICPE	59,6	59,6	59,6	59,6	59,6	Coût du CO2 déjà pris en compte: hypothèse de volume fixe (Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire - Fiscalité des énergies (2014))
TVA	19,5	22,1	24,2	26,1	27,0	Hypothèse de taux fixe
TOTAL TTC	117,2	132,7	145,4	156,8	162,1	

Tableau 81 : Projection du prix du fioul

9.3.5 Chaleur

Le prix moyen HT et TTC est constaté dans la base de donnée Pegase 2017 (SOes)

9.4 Coût de la tonne de CO2 évitée

Il s'agit du coup moyen de la tonne de CO2 évitée par rapport au scénario tendanciel.

Cette grandeur est calculée toutes émissions confondues et tous investissements confondus en faisant le rapport de la somme des investissements annualisés par les émissions annuelles évitées par rapport au scénario tendanciel.

Elle est calculée de manière séparée entre les secteurs.

10 Bibliographie

INSEE – Projection de population 2013-2050 pour les départements et les régions

<https://www.insee.fr/fr/statistiques/2859843>

Ademe – Base Carbone

<http://www.bilans-ges.ademe.fr/>

Observatoire de l’Energie Breton (OEB) – diagnostic de consommation (2015) et de production (2016)

[Données énergie Bzh - GAC 2040.xlsx](#)

Observatoire de l’Energie Breton (OEB) – Données tarif bois (2017)

[Données – tarifs bois – OEB.xlsx](#)

OMINEA, CITEPA - Taux d’émission des consommateurs et producteurs (2016)

<https://www.citepa.org/fr/activites/inventaires-des-emissions/ominea>

GAYA – brochure projet pyrogazéification (2017)

http://www.projetgaya.com/wp-content/uploads/2017/06/Gaya-FR-plateforme_2017BD.pdf

RTE – opendata (2017)

<https://data.rte-france.com/fr>

Ademe – Visions 2030-2050 (2014, Actualisation 2017)

https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/ademe_visions2035-50_010305.pdf

Schéma Régional Biomasse – Bretagne (version du 18/07/2018)

Ademe – Un mix de gaz 100% renouvelable en 2050 ? (2018)

<https://www.ademe.fr/mix-gaz-100-renouvelable-2050>

GRDF - Un scénario Facteur 4 pour contribuer au SRADDET Bretagne (réunion du GAC, 04/07/2018)

Ademe - biomasse forestière, populicole et bocagère disponible pour l’énergie à l’horizon 2020 (novembre 2009)

<https://www.ademe.fr/biomasse-forestiere-populicole-bocagere-disponible-lenergie-a-lhorizon-2020>

Ener’GES – Bilan Résidentiel (2010)

[Bilan_Residentiel.csv](#)

Ener'GES – Bilan Tertiaire (2010)

[Bilan Tertiaire Energie.csv](#) [Bilan Tertiaire GES.csv](#)

Ener'GES – profils d'émissions (2010)

[profils_emission.xlsx](#)

Auxilia - Evolution des émissions non-énergétiques du secteur agricole (2018)

[Emissions non-énergétiquesv.0.3.xlsx](#)

Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire – Fiscalité des énergies (2017)

<http://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/fiscalite-des-energies>

Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire – Prix des produits pétroliers (2018)

<https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/prix-des-produits-petroliers>

Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation – Données d'utilisation du territoire (2017)

https://stats.agriculture.gouv.fr/disar-web/disaron/SAANR_1/detail.disar

Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation – Effectifs de bétail hors équidés (anciennes régions) (2015)

https://stats.agriculture.gouv.fr/disar-web/disaron/SAAAR_6/detail.disar

Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation – Effectifs de volailles et de lapins des exploitations agricoles (anciennes régions) (2015)

https://stats.agriculture.gouv.fr/disar-web/disaron/SAAAR_8/detail.disar

INRA – Action 8 : Réduire les apports protéiques dans les rations animales pour limiter la teneur en azote des effluents et les émissions de N20 associées

<http://inra-dam-front-resources-cdn.brainsonic.com/ressources/afile/246629-3a2f6-resource-etude-ges-2013-rapport-partie-2-action-8-alimentation-animale.html>

INRA - GESEBOV : Emission de gaz à effet de serre et consommations d'énergie de la ferme bovine française (octobre 2016)

<https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/gesebov-emissions-ges-ferme-bovine-2016-rapport.pdf>