



Rue Anatole Carré - 72500 VAAS

IDENTIFICATION DU POTENTIEL DE PRODUCTION D'ENERGIES RENOUVELABLES ET DE RECUPERATION SUR LE TERRITOIRE DU PAYS VALLEE DU LOIR



AXENNE



73, cours Albert Thomas
69 447 LYON CEDEX 03
Tél : 04 37 44 15 80
courriel : hl.gal@axenne.fr



Région
PAYS
de la
LOIRE
CE PROJET EST COFINANCÉ PAR LE FONDS EUROPÉEN AGRICOLE
POUR LE DÉVELOPPEMENT RURAL, L'EUROPE INVESTIT DANS LES ZONES RURALES

SOMMAIRE

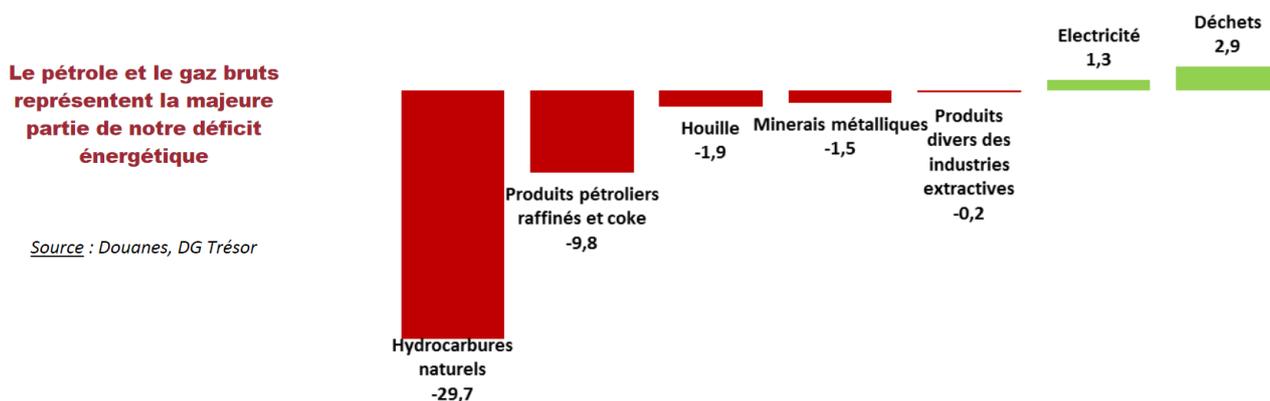
INTRODUCTION	4
1 INFOGRAPHIE ENERGIE / CLIMAT DU TERRITOIRE	5
2 CONSOMMATIONS ENERGETIQUES EN 2016	6
2.1 Consommation totale du territoire.....	6
2.2 Secteur résidentiel - Synthese	7
2.3 Secteur tertiaire - Synthese	19
2.4 Secteur industriel - Synthese	23
2.5 Le secteur agricole - Synthese	25
2.6 Le transport.....	27
2.7 Bilan des consommations énergétiques totales du territoire	29
3 PRODUCTION ENERGETIQUE EN 2017	31
3.1 Méthodologie	31
3.2 Source des données	32
3.3 Bilan de la production d'énergies renouvelables à fin 2018	34
3.4 Situation du territoire par rapport aux objectifs à l'horizon 2030	35
4 POTENTIELS DE REDUCTION DES CONSOMMATIONS ENERGETIQUES	36
4.1 Potentiels maximums théoriques de maîtrise de l'énergie	36
4.2 Scénario tendanciel de maîtrise de l'énergie	37
4.3 Synthèse du scénario tendanciel de maîtrise de l'énergie	48
5 POTENTIELS DE PRODUCTION D'ENERGIES RENOUVELABLES	49
5.1 Les filières solaires	49
5.2 Biomasse combustible	58
5.3 Filière méthanisation.....	62
5.4 Filière Géothermie	65
5.5 Filière aérothermie	70
5.6 Filière récupération de chaleur	71
5.7 Filière hydroélectricité	79
5.8 L'éolien.....	82
5.9 Synthèse des potentiels plausibles.....	84
5.10 Les freins au développement des filières	89
5.11 Scénario tendanciel de développement des énergies renouvelables	89
ANNEXES.....	96

INTRODUCTION

En 2017, la facture énergétique en France (différence entre les importations et les exportations de produits énergétiques), augmente de 7,5Md€ à **39,0 Md€**, soit +23,8% par rapport à l'année précédente.

Cette évolution intervient après quatre années consécutives de baisse entre 2012 (69,2Md€) et 2016 (31,5Md€). A la suite de la hausse du prix du pétrole (+4,2% entre janvier et décembre et +28,3% entre juin et décembre pour le baril de Brent en euros) et une augmentation de la quantité d'hydrocarbures naturels importés (+4,3% à 58 millions de tonnes; +25,5% à 31,2Md€ en valeur), les importations énergétiques repartent à la hausse (+24,6 % en valeur à 56,8 Md€).

La facture énergétique continue de peser lourdement sur la balance du commerce extérieur, puisqu'elle équivaut à 63% du déficit total.



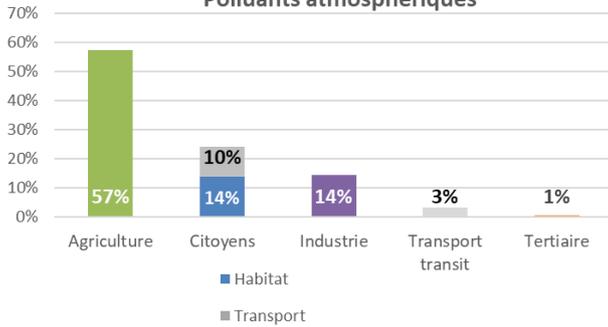
Au-delà des considérations économiques et d'indépendance énergétique, la prise en compte de l'énergie par les collectivités et les acteurs du territoire doit permettre d'**améliorer la qualité de l'air** (les énergies fossiles sont émettrices de particules), prendre en compte **les situations de précarité énergétique** de plus en plus prenante, **réduire les émissions de gaz à effet de serre et s'adapter au changement climatique**.

L'énergie doit être vue comme une composante d'aménagement du territoire transversale aux autres politiques publiques menées par les collectivités (l'habitat, la gestion des déchets, le déploiement des réseaux de chaleur, le développement économique, la mobilité électrique, etc.). C'est aussi un moyen de développement de nouvelles activités, créatrices d'emplois et de valeurs dans des champs économiques en pleine expansion : énergies renouvelables, éco-construction, rénovation du bâti, financement participatif, économie circulaire, etc.

Le diagnostic énergie-climat a pour objectif de faire prendre conscience des grands enjeux de la transition énergétique et de la nécessité pour les collectivités de se réappropriier ces thématiques.

1 INFOGRAPHIE ENERGIE / CLIMAT DU TERRITOIRE

Polluants atmosphériques



+1,5°C
d'augmentation de la T° moyenne sur les 50 dernières années

Les énergies renouvelables couvrent **12,9%** de la consommation totale

L'électricité est couverte à **5,3%** par les énergies renouvelables

La chaleur est couverte à **30,8%** par les énergies renouvelables

Avec le transport, le territoire est dépendant des énergies fossiles à hauteur de **59%**

14% de maisons chauffées au fuel
30% des maisons chauffées au bois

10% des consommations

59% stock de carbone du secteur agricole (prairie, cultures annuelles).

117 ha artificialisation des sols* (soit 164 terrains de football).
*Entre 2006 et 2012

10% des consommations d'énergie mais **57%** des polluants atmosphériques

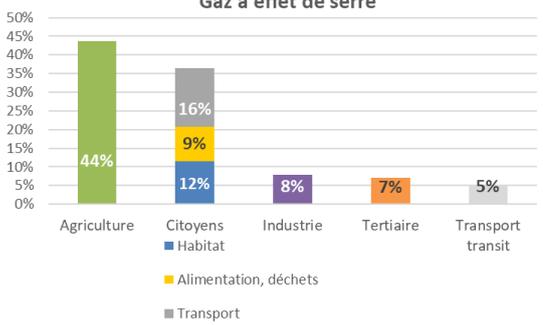
84% des trajets domicile → travail en voiture

37% des gaz à effet de serre

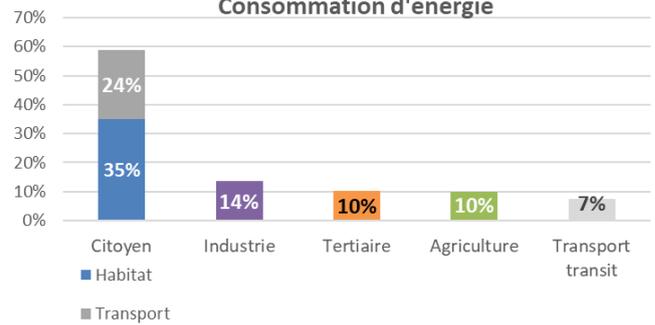
14% des consommations d'énergie

- Agriculture
- Industrie
- Tertiaire
- Habitat
- Transport
- Citoyens :
 - logement
 - alimentation
 - déplacement

Gaz à effet de serre



Consommation d'énergie

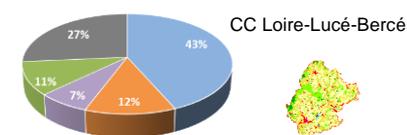
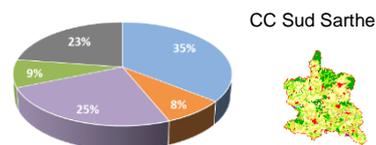
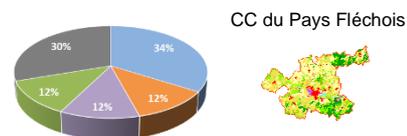
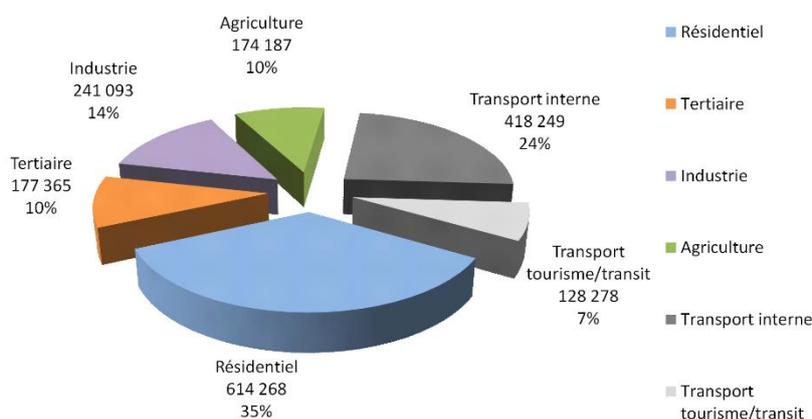


2 CONSOMMATIONS ENERGETIQUES EN 2016

2.1 CONSOMMATION TOTALE DU TERRITOIRE

La consommation totale du territoire est de **1 753 440 MWh/an** en 2016.

Consommation totale par secteur (MWh/an) en 2016

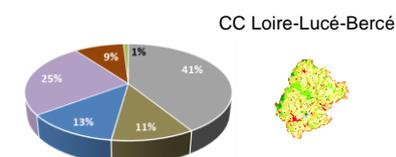
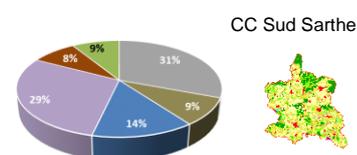
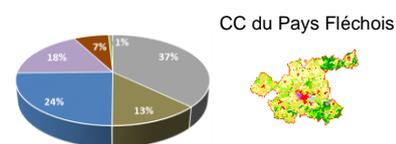
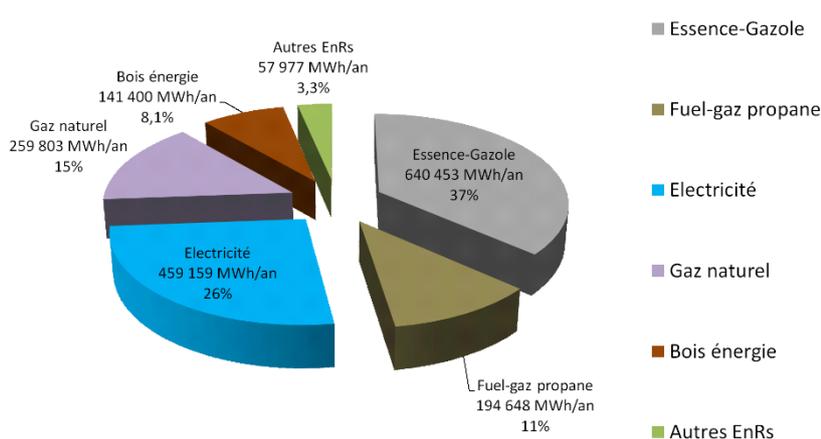


La répartition de la consommation varie assez sensiblement entre les 3 EPCI avec une forte présence d'industries sur la CC Sud Sarthe et une part du secteur résidentiel plus importante sur la CC Loir-Lucé-Bercé. La CC du Pays Fléchois ainsi que le Pays ont une répartition assez similaire à la moyenne nationale si ce n'est une part de l'agriculture un peu plus élevée.

Répartition des consommations énergétiques du territoire par secteur et par énergie

Le secteur résidentiel représente une part prépondérante des consommations énergétiques. Le transport imputable aux citoyens¹ impacte également le bilan puisque c'est le deuxième poste de consommation. L'industrie, le secteur tertiaire et l'agriculture sont assez proches avec 14% et 10% des consommations. La part du transport en transit (passage des camions et des touristes sur le territoire) n'est pas très importante avec 7% des consommations totales.

Conso. par énergie MWh/an en 2016

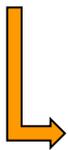
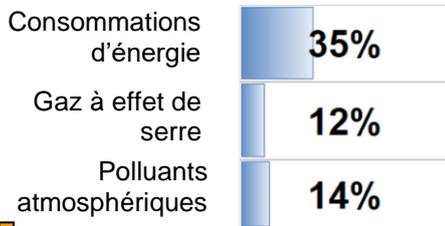


La consommation des produits pétroliers (le fuel et le gaz propane pour le chauffage ainsi que les carburants) représente 48% des consommations d'énergie, viennent ensuite, le gaz naturel avec 40% de l'énergie consommée sur le territoire ; l'électricité 26,2% et les autres énergies (bois et énergies renouvelables).

¹ Transport en véhicule personnel, une part des transports routiers, ferrés, aériens et fluviaux imputables aux citoyens pour leur achat, leur déplacement professionnel et leur vacance (règle de trois sur les valeurs nationales).

2.2 SECTEUR RESIDENTIEL - SYNTHESE

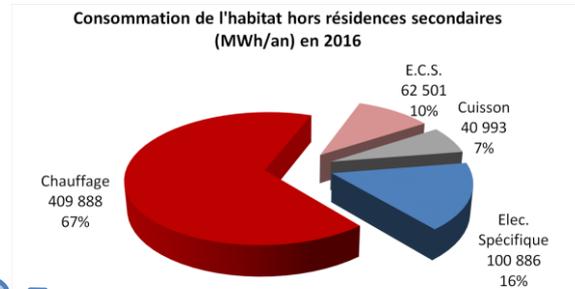
Part du secteur résidentiel sur le total en 2017



24% des particules fines (10 µm)
49% des particules fines (2,5 µm)
37% des composés organiques volatiles



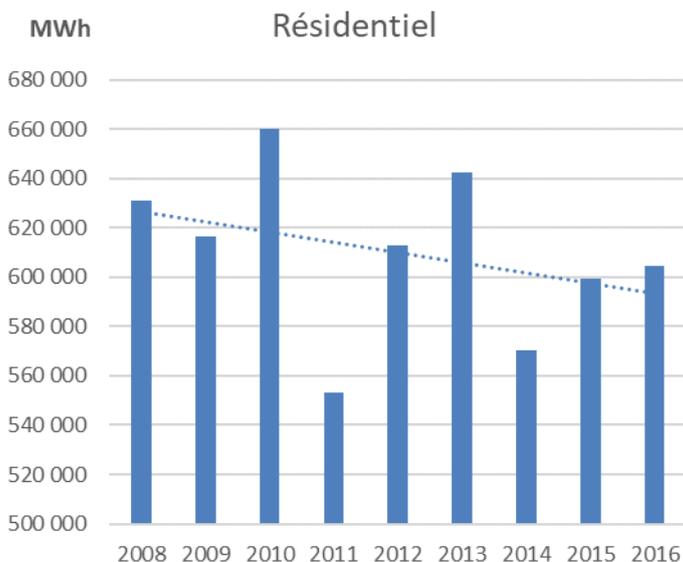
Enjeux du secteur résidentiel



Le chauffage représente une part prépondérante des consommations dans les logements.



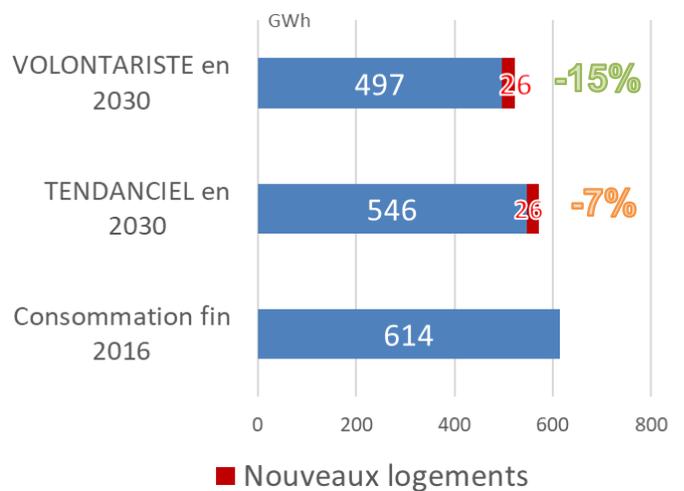
Evolution des consommations



Sources : Observatoire régional de l'énergie

Les données de l'observatoire ne sont pas corrigées du climat, malgré tout, on constate une baisse de la consommation.

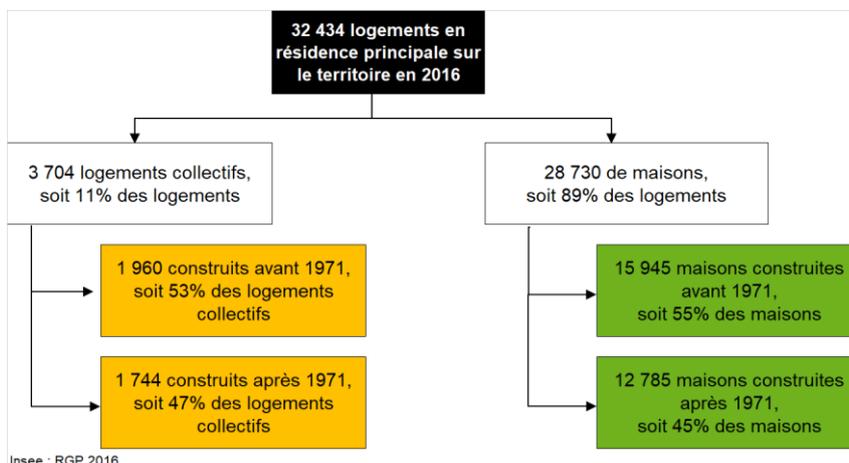
Scénarios de réduction des consommations d'énergies



Nouveaux logements : 260 maisons/an et 65 lgts collectifs/an
Scénario tendanciel : **-7%** gain énergétique attendu et l'absence de mesure (scénario « laisser faire »).
Scénario volontariste : **-15%** gain énergétique attendu avec une accentuation de la sobriété et de la MDE (2 fois plus).

2.2.1 DESCRIPTION DU PARC DE LOGEMENT

Le graphique suivant présente la répartition du nombre de logements selon leur typologie (**maison individuelle et logement collectif uniquement**²) et leur période de construction. Ne sont pas pris en compte ici les logements de fortunes, les résidences secondaires et les logements occasionnels.



Répartition des logements en résidence principale sur le territoire (Recensement de la population 2016 - INSEE)

Le territoire compte 32 434 logements en résidence principale en 2016.

A titre d'information, les résidences secondaires représentent 3 143 logements, soit 9% du parc de logements.

	HABITAT MAISONS INDIVIDUELLES		Nb à fin 2016	HABITAT LOGEMENTS COLLECTIFS		Nb à fin 2016
Energies conventionnelles		Fuel	3 997		Chauffage urbain	0
		Gaz réseau	5 181		Gaz naturel	1 895
		Gaz propane	1 322		Fioul	101
		Electricité	9 120		Electricité	1 643
Energies renouvelables		Bois énergie	8 655		Bois énergie	0
		PAC aérothermique	319		PAC aérothermique	0
		PAC géothermique	364		PAC géothermique	0
		Chauffage urbain EnRs	0		Chauffage urbain EnRs	0
		Système solaire combiné	0		Système solaire combiné	0
		Micro-cogénération bois	0		Micro-cogénération bois	0

Répartition du mode de chauffage en base des logements en résidence principale sur le territoire (Recensement de la population 2016 - INSEE)

Le schéma ci-dessus fait apparaître le mode de chauffage en base, or le bois énergie est également utilisé en appoint avec une source principale qui peut être le fuel, l'électricité, etc.

31% des maisons utilisent également le bois en chauffage d'appoint ou d'agrément ce qui représente 6 278 maisons.

14% du parc des maisons en résidence principale sont encore chauffées au fuel, cela représente 3 997 maisons.

² Les logements-foyer (maisons de retraite, foyer de jeunes travailleurs, etc.) les chambres d'hôtel qui peuvent être cités lors du recensement de la population ne sont pas pris en compte dans les logements puisqu'ils se retrouvent dans le secteur tertiaire.

Pour ce qui est des logements collectifs, une grande majorité est chauffée au gaz naturel (51%). L'électricité (44%) est la seconde source d'énergie utilisée. A noter qu'il reste encore 101 logements collectifs chauffés au fuel.

2.2.2 CONSOMMATION DES LOGEMENTS INDIVIDUELS EN RESIDENCE PRINCIPALE



Le détail des consommations des maisons en résidence principale est donné dans le tableau ci-après. Les données sont recalées avec les informations de l'Observatoire Régional de l'Energie.

Maisons (MWh/an) en 2016 hors résidences secondaires 	Chauffage	E.C.S.	Cuisson	Elec. Spécifique	Total combustible (MWh/an)	teqCO2 (amont + combust.)
Fioul	68 976	6 738			75 715	24 910
Gaz naturel	91 312	10 362	8 216		109 890	25 824
Gaz propane	18 268	1 476	5 230		24 973	6 743
Electricité	59 721	37 568	24 169	92 219	213 677	24 336
Chauffage urbain	0	0			0	0
Chauffage urbain Enrs	0	0			0	0
Bois en base	105 562				105 562	3 484
Bois en appoint	26 713				26 713	882
Autres Enrs (solaire, PAC)	8 609	444			9 053	
					565 582	86 178
Total usage MWh/an	379 160	56 588	37 614	92 219		
teqCO2 (amont + combust.)	65 930	7 530	5 155	7 562		

Sources : Observatoire régionale de l'énergie 2016

Axceléo

Consommation totale des maisons en résidence principale

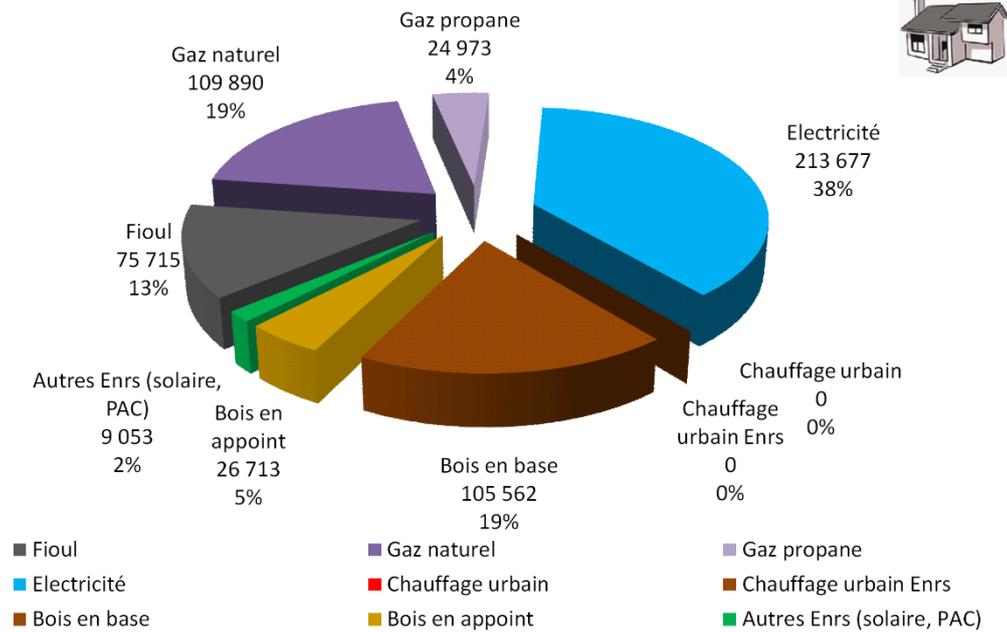
Nous présentons également les rejets de gaz à effet de serre (Scope 2 : émission amont + combustible) afin de montrer l'impact des énergies fossiles sur le bilan total alors qu'elles n'apparaissent pas majoritairement dans les consommations d'énergie.

Globalement le chauffage apparaît comme majoritairement responsable des gaz à effet de serre.

Nous constatons que la part de consommation d'électricité pour le chauffage n'est pas en rapport avec les autres énergies si on la compare avec la répartition des modes de chauffage (la consommation pour le chauffage électrique représente 16% des consommations de chauffage tandis que la part des ménages qui se chauffent à l'électricité représente 32% des ménages). Cela s'explique par le fait qu'un mode de chauffage à l'électricité entraîne :

- une température de consigne dans la pièce à vivre tandis que les autres pièces ne sont pas chauffées à la même température (voire pas du tout pour certaine),
- la présence d'un réseau hydraulique avec le fioul ou le gaz entraîne des consommations plus importantes qu'un chauffage indépendant,
- Le coût du chauffage électrique beaucoup plus cher entraîne des comportements différents et souvent l'utilisation du chauffage au bois en appoint.

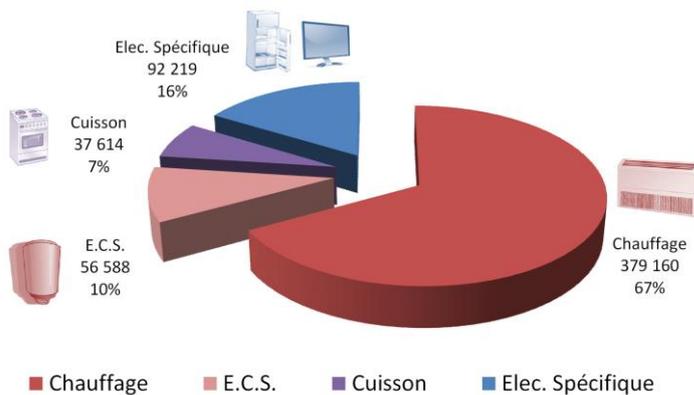
Maisons (MWh/an) en 2016 hors résidences secondaires



Répartition par énergie de la consommation totale des maisons en résidence principale

Le graphique ci-dessus inclut l'ensemble des consommations tous usages confondus. Il met en évidence la part importante des énergies fossiles utilisées pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire. Le bois énergie est également beaucoup utilisé comme chauffage en base tandis que la part des autres énergies renouvelables (solaire, géothermie, aérothermie) reste très faible.

Maisons (MWh/an) en 2016 hors résidences secondaires



Si l'on étudie la répartition des consommations pour les principaux usages, le chauffage représente une part prépondérante des consommations énergétiques.

Répartition par usage de la consommation des maisons en résidence principale

2.2.3 CONSOMMATION DES LOGEMENTS COLLECTIFS EN RESIDENCE PRINCIPALE



Le détail des consommations des logements collectifs en résidence principale est donné ci-dessous :

Immeubles (MWh/an) en 2016 hors résidences secondaires	Chauffage	E.C.S.	Cuisson	Elec. Spécifique	Total combustible (MWh/an)	teqCO2 (amont + combust.)
Fioul	1 310	150			1 460	480
Gaz naturel	22 312	2 739	2 085		27 135	6 377
Gaz propane	424	33	298		755	204
Electricité	6 682	2 548	995	8 667	18 892	2 350
Chauffage urbain	0	0			0	0
Chauffage urbain Enrs	0	0			0	0
Enrs (Solaire, bois, etc.)	0	444			444	
					48 686	9 411
Total usage MWh/an	30 727	5 913	3 378	8 667		
teqCO2 (amont + combust.)	7 185	870	645	711		

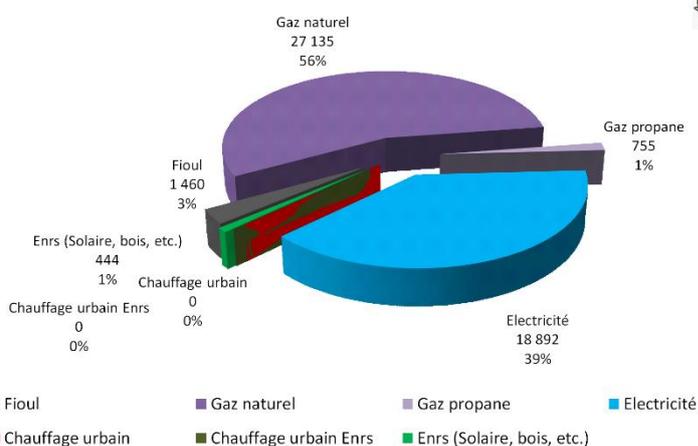
Sources : Observatoire régionale de l'énergie 2016

Axceléo

Consommation totale des logements collectifs en résidence principale

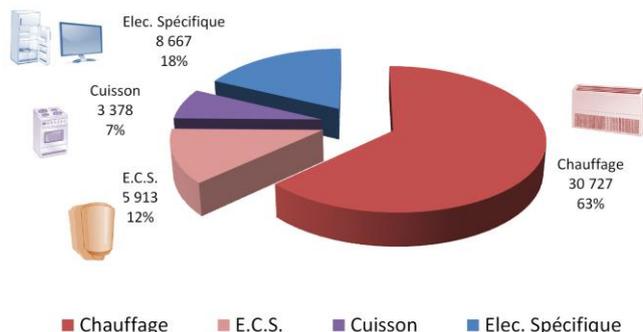
21% des communes du territoire sont raccordées au gaz naturel. Comme il s'agit des communes les plus peuplées, 55% de la population se trouvent sur une commune qui dispose du gaz naturel ; ce qui explique la part importante des consommations de gaz naturel pour le chauffage dans les logements collectifs.

Immeubles (MWh/an) en 2016 hors résidences secondaires



Répartition par énergie de la consommation totale des logements collectifs en résidence principale- consommation en MWh/an et répartition en %

Immeubles (MWh/an) en 2016 hors résidences secondaires



Tout comme pour les maisons, le chauffage représente la majorité des consommations des logements.

2.2.1 CONSOMMATION TOTALE DU PARC DES LOGEMENTS

La consommation totale des logements en résidence principale représente 35% des consommations totales du territoire.

En incluant la consommation des résidences secondaires (7 174 MWh/an) la consommation totale des logements atteint 614 268 MWh/an.

Consommation totale de l'habitat (MWh/an) en 2016	Chauffage	E.C.S.	Cuisson	Elec. Spécifique	Total combustible (MWh/an)	teqCO2 (amont + combust.)
Fioul	70 286	6 888			77 175	25 390
Gaz naturel	113 623	13 102	10 300		137 025	32 201
Gaz propane	18 692	1 509	5 528		25 728	6 947
Electricité	66 403	40 116	25 164	100 886	232 569	26 686
Chauffage urbain	0	0			0	0
Chauffage urbain Enrs	0	0			0	
Bois en base	105 562				105 562	3 484
Bois en appoint	26 713				26 713	882
Autres Enrs (solaire, PAC, etc.)	8 609	887			9 496	0
Total usage MWh/an -> :	409 888	62 501	40 993	100 886	614 268	95 589
teqCO2 (amont + combust.)	73 116	8 400	5 800	8 273		

Sources : Observatoire régionale de l'énergie 2016

Axceléo

2.2.2 ÉVOLUTION DES MODES DE CHAUFFAGE

Le graphique suivant présente les parts de marché des différentes énergies pour le chauffage des maisons et pour trois dates : 1990, 2005 et 2013.

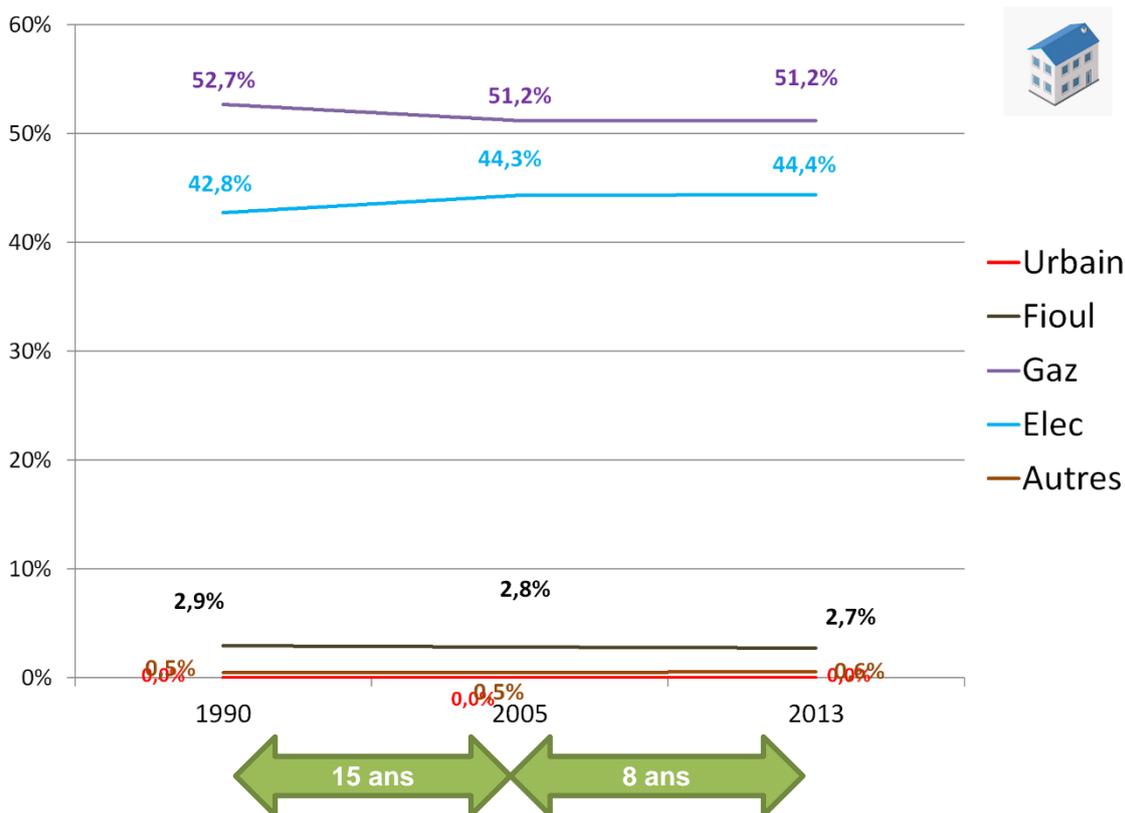
Il s'agit d'une photographie pour l'ensemble du parc à trois dates différentes donc seules les nouvelles constructions et les changements de mode de chauffage dans les maisons existantes sont susceptibles de faire varier les parts de marché.



En 8 ans, l'électricité a fortement progressé au détriment du fuel et du gaz. Le bois énergie évolue très légèrement à la baisse entre 2005 et 2013.

Actuellement, si l'on se réfère aux données de l'Insee pour 2012 et partiellement pour les maisons construites en 2013, 2014 et 2015, l'électricité avec l'adoption des pompes à chaleur (essentiellement aérothermique, mais également géothermique) ainsi que le bois énergie (autres moyens ci-dessous) dominent largement les choix des maîtres d'ouvrage pour le chauffage de leur maisons neuves :

Maison individuelle		nb de maisons constr. après 2012	
Chauffage urbain	0	0%	
Gaz naturel	31	9%	
Fioul	2	1%	
Electricité	155	46%	
Gaz propane	4	1%	
Autres moyens	147	43%	
Insee : RGP 2016		340	100%



On constate une relative stabilité des parts d'énergie présente dans les logements collectifs. On note simplement une légère baisse du gaz naturel, du fioul et de l'électricité au profit des autres modes de chauffage (essentiellement le bois).

Sur les toutes dernières constructions après 2012, l'électricité et le gaz naturel sont plébiscités face au « autres moyens » et au gaz naturel dans le choix des modes de chauffage des maîtres d'ouvrages.

Immeuble collectif	nb de logements constr. après 2012	
Chauffage urbain	0	0%
Gaz naturel	52	57%
Fioul	0	0%
Electricité	38	41%
Gaz propane	0	0%
Autres moyens	2	2%
Insee : RGP 2016		92 100,00%

2.2.3 CARTOGRAPHIE ENERGETIQUE DU SECTEUR RESIDENTIEL

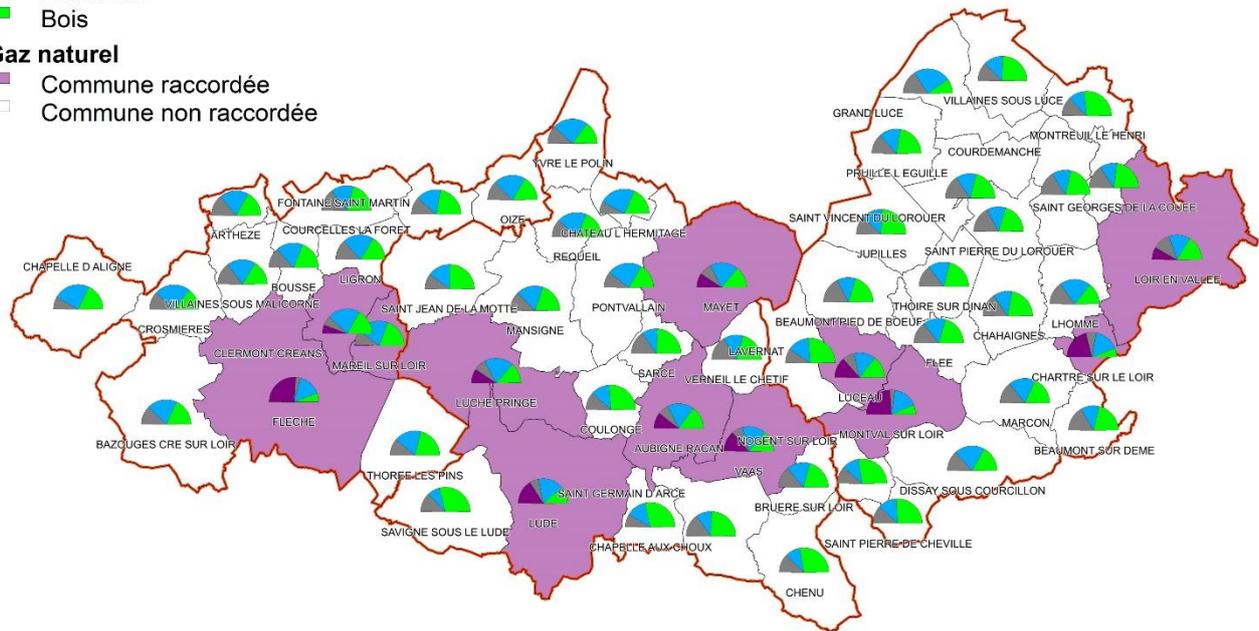
Dans ce chapitre, nous présentons des cartographies à l'échelle du territoire.

La carte suivante présente les typologies de chauffage en résidence principale à fin 2016 pour les maisons et les logements collectifs.

La présence du gaz naturel sur certaines communes n'entraîne pas nécessairement un mode de chauffage des logements par cette énergie. Aussi, on trouve majoritairement des logements chauffés au bois, au fuel et à l'électricité.

Répartition des modes de chauffage dans les logements

-  Chauffage urbain
 -  Gaz naturel
 -  Fuel et propane
 -  Electricité
 -  Bois
- Gaz naturel**
-  Commune raccordée
 -  Commune non raccordée



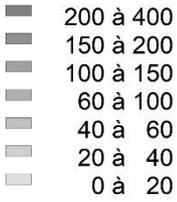
Source : INSEE RGP 2015

Axenne©

Il y a au total 3 997 maisons chauffées au fuel et 1 322 chauffées au gaz propane. Nous avons indiqué sur la carte suivante, les communes prioritaires sur lesquelles une action pour favoriser le changement de ces équipements pour des installations à énergies renouvelables serait bénéfique pour le porte-monnaie des ménages, l'environnement et l'indépendance énergétique du territoire.

Consommation des maisons fuel et gaz propane

MWh



Limite des territoires

- EPCI
- Ilots Regroupés pour l'Information Statistique



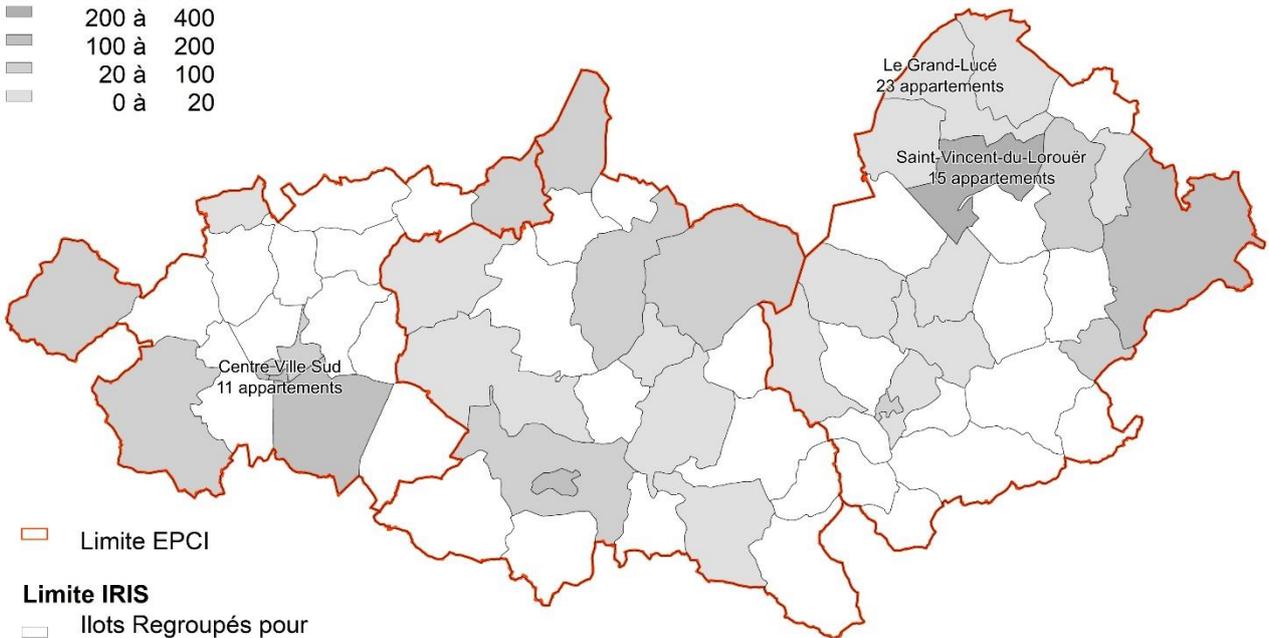
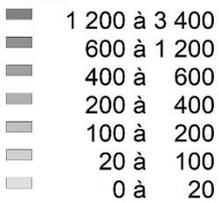
Sources : INSEE RGP 2015, Axcéléo

Axenne©

Nous présentons ci-dessous de la même manière les logements collectifs chauffés au fuel.

Conso. fuel et gaz propane des logements collectifs

MWh



Limite EPCI

Limite IRIS

Ilots Regroupés pour l'Information Statistique



Sources : IGN BDTopo, INSEE RGP 2015

Axenne©

La carte suivante présente la thermosensibilité du territoire et la consommation d'électricité du parc résidentiel. La part thermosensible représente le pourcentage de consommation sensible aux variations de température. La plupart des consommations d'électricité peuvent se diviser en une part indépendante de la température – non thermosensible – et une part qui dépend de la température – thermosensible, à savoir la part des consommations d'électricité sensible à la température extérieure.

Les zones thermosensibles seraient particulièrement intéressantes pour le développement de la micro-cogénération bois puisque ce type d'équipement produit de la chaleur mais également de l'électricité au moment même où les appels de puissance sur le réseau électrique sont importants.

Consommation d'électricité résidentiel (MWh)



- Usages thermosensibles
- Usages non thermosensibles

Conso. électricité résidentiel (chauffage et eau chaude) (MWh)

- 6 000 à 11 000
- 4 000 à 6 000
- 3 000 à 4 000
- 1 500 à 3 000
- 1 000 à 1 500
- 500 à 1 000
- 0 à 500

Limite EPCI

Limite IRIS

Ilots Regroupés pour l'Information Statistique



Sources : ENEDIS, INSEE RGP2015, Axcéléo

Axenne©

Nous présentons à la page suivante deux cartes de synthèses sur le secteur de l'habitat, la première présente une synthèse sur les maisons avec notamment le nombre de propriétaire susceptible d'être en situation de précarité énergétique. Le profil de l'INSEE a été appliqué ici aux données du recensement de la population, il s'agit donc des conditions suivantes cumulées qui entraîne une précarité énergétique :

- la maison a été construite avant 1948
- il s'agit d'un propriétaire
- de plus de 65 ans
- inactif ou chômeur ou divorcé ou veufs, veuves.

La deuxième carte présente également une synthèse sur les appartements avec notamment le nombre de locataire susceptible d'être en situation de précarité énergétique. Le profil de l'INSEE a été appliqué ici aux données du recensement de la population, il s'agit donc des conditions suivantes cumulées qui entraîne une précarité énergétique :

- l'appartement a été construite avant 1975
- il s'agit d'un locataire
- de plus de 50 ans
- inactif ou chômeur ou divorcé ou veufs, veuves.

Les deux cartes sont présentées avec les quartiers IRIS (Ilots Regroupés pour l'Information Statistique, un découpage de l'INSEE pour la plupart des communes de plus de 5 000 habitants) qui concernent les communes de la Flèche, Montval-sur-Loir et le Lude.

Conso. fuel et gaz propane pour le chauffage et l'eau chaude des maisons (MWh)

- 1 700 à 2 700
- 1 000 à 1 700
- 0 à 1 000
- tous les autres

Nb de maisons construites avant 1971

- 500 à 1 200
- 200 à 500
- 0 à 200

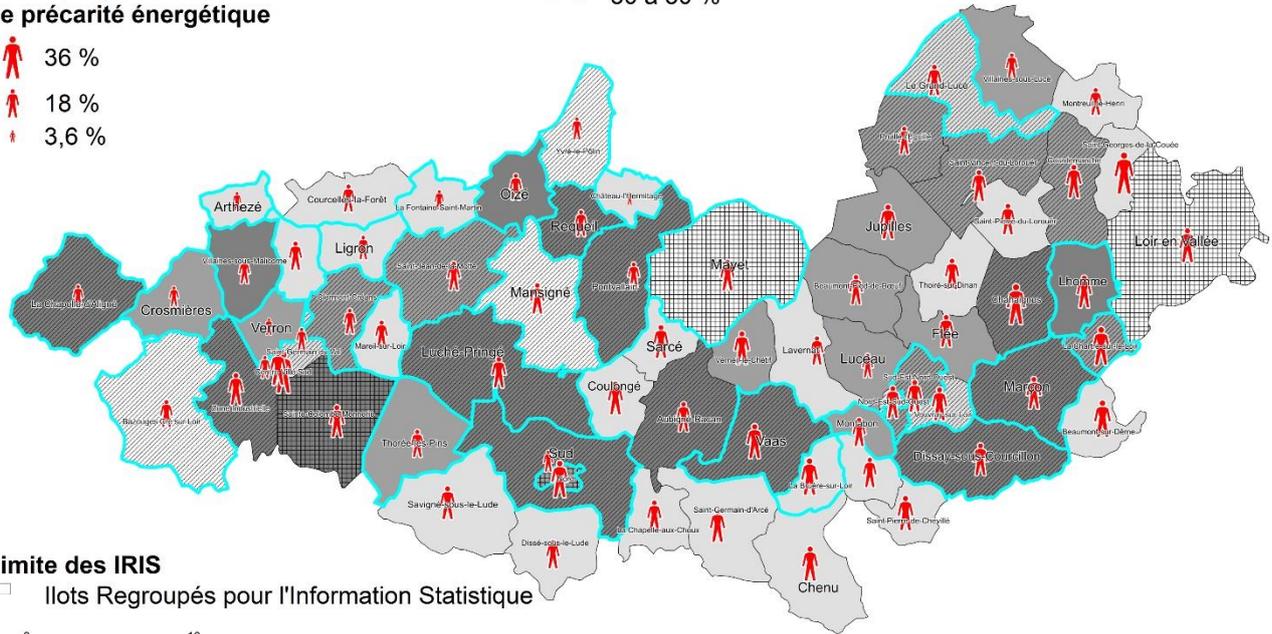


Nb de propriétaires de maisons en situation de précarité énergétique

- 👤 36 %
- 👤 18 %
- 👤 3,6 %

% de maisons chauffées à l'électricité

- 50 à 71 %
- 30 à 50 %



Limite des IRIS

□ Ilots Regroupés pour l'Information Statistique

Sources : INSEE RGP2015, Axcéléo, ENEDIS 2017

Axenne©

Conso. fuel et gaz propane pour le chauffage et l'eau chaude des appartements

- 900 à 3 350
- 300 à 900
- 100 à 300
- 0 à 100

Nb d'appartements construits avant 1971

- 500 à 1 200
- 200 à 500
- 0 à 200

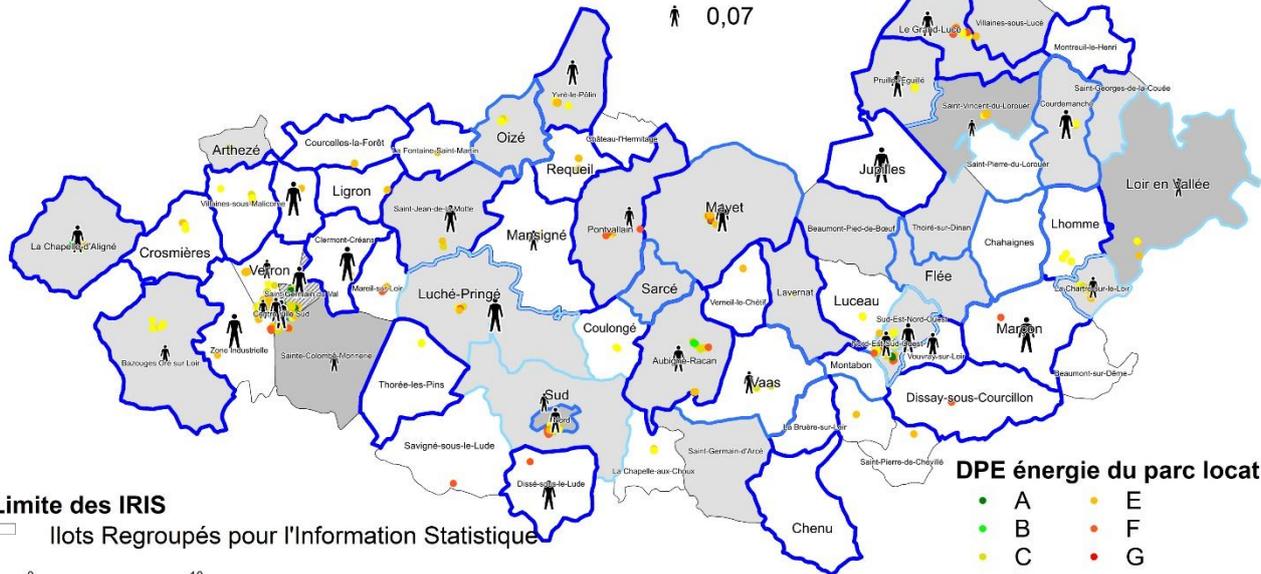


% d'appartements chauffés à l'électricité

- 70 à 100%
- 50 à 70 %
- 20 à 50 %

Nb de locataire d'appartements en précarité énergétique

- 👤 0,7
- 👤 0,35
- 👤 0,07



Limite des IRIS

□ Ilots Regroupés pour l'Information Statistique

Sources : INSEE RGP2015, Axcéléo, ENEDIS 2017

Axenne©

DPE énergie du parc locatif

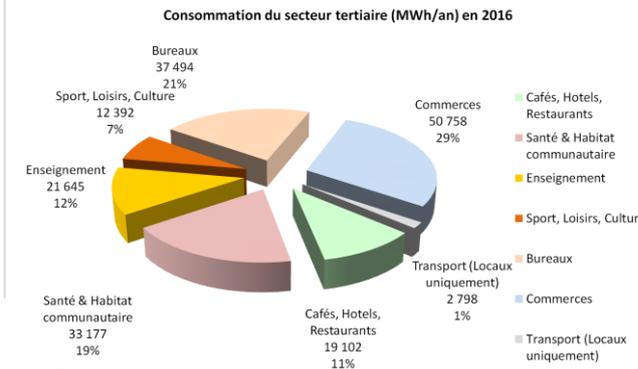
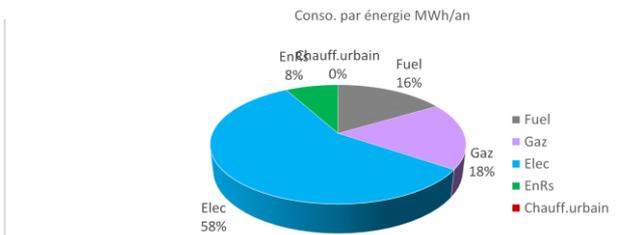
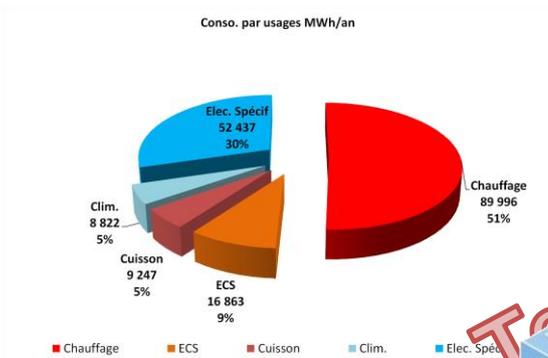
- A
- B
- C
- D
- E
- F
- G

2.3 SECTEUR TERTIAIRE - SYNTHESE

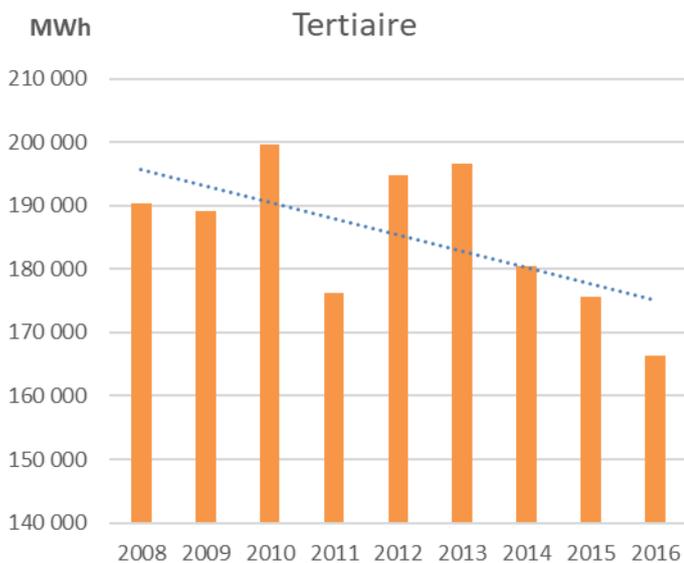
Part du secteur tertiaire sur le total en 2017

Consommations d'énergie	10%
Gaz à effet de serre	4%
Polluants atmosphériques	1%

Enjeux du secteur tertiaire



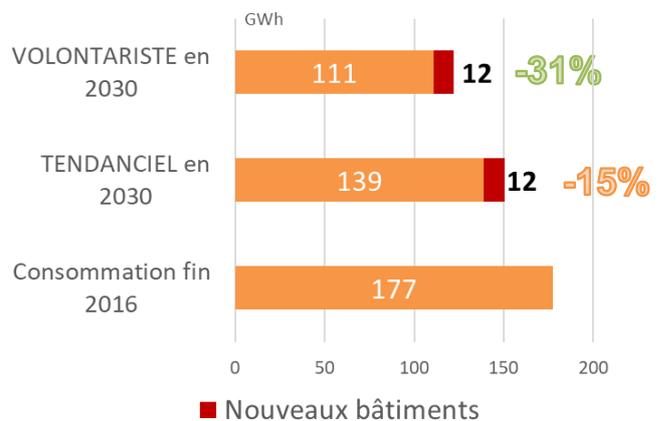
Evolution des consommations



Sources : Observatoire régional de l'énergie

La consommation dans le secteur tertiaire diminue assez sensiblement depuis 2008.

Scénarios de réduction des consommations d'énergies



Scénario tendanciel : gain énergétique attendu et l'absence de mesure (scénario « laisser faire »)
 Scénario volontariste : gain énergétique attendu avec une accentuation de la sobriété et de la MDE (2 fois plus sur les bâtiments des collectivités et 1,3 fois plus sur les bâtiments tertiaires privés (commerces, bureaux, hôtels, etc.).



2.3.1 DESCRIPTION DU SECTEUR TERTIAIRE

Au 31 décembre 2015, le secteur tertiaire compte 11 540 employés, essentiellement dans les catégories "Bureaux"³, "Santé & Habitat communautaire", transport et commerces.

Tertiaire en 2016	Cafés, Hotels, Restaurants	Santé & Habitat communautaire	Enseignement	Sport, Loisirs, Culture	Bureaux	Commerces	Transport (Locaux uniquement)	Total
nb employés	475	2 609	1 407	382	3 981	2 314	372	11 540
Nb d'établissements	293	362	213	374	1 543	932	63	3 780

Sources : Insee (avec l'emploi salarié par département en 2016)

Le tableau ci-dessous présente une liste non exhaustive des équipements tertiaires publics et privés présents sur le territoire. Certains de ces équipements peuvent être un levier au développement de petits réseaux de chaleur (maison de retraite, école, etc.).

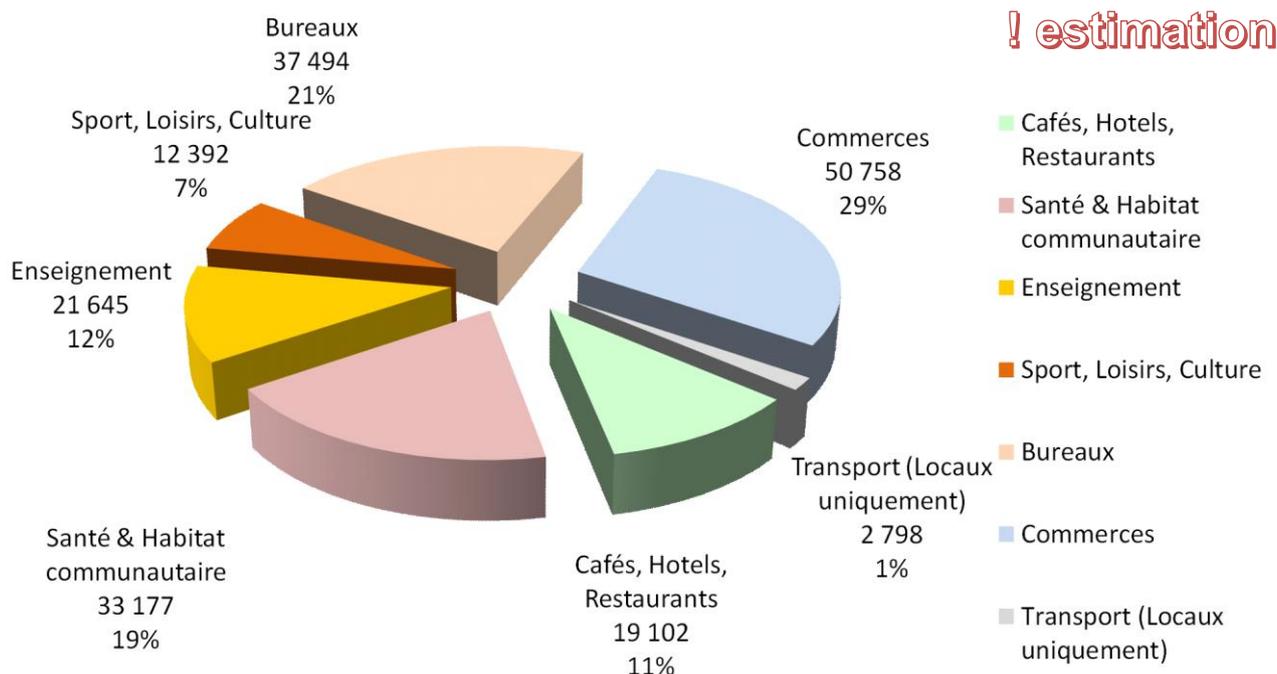
Équipement	Domaine	Nombre
Urgences	Santé - Action sociale	1
Maternité	Santé - Action sociale	0
Personnes âgées : hébergement	Santé - Action sociale	20
Adultes handicapés : hébergement	Santé - Action sociale	14
Aide sociale à l'enfance : hébergement	Santé - Action sociale	4
Centre de santé	Santé - Action sociale	1
Établissement psychiatrique avec hébergement	Santé - Action sociale	3
École d'ingénieurs	Enseignement	0
Résidence universitaire	Enseignement	0
Lycée d'enseignement général et/ou technologique	Enseignement	4
Lycée d'enseignement professionnel	Enseignement	1
Lycée technique et/ou professionnel agricole	Enseignement	2
Collège	Enseignement	11
École élémentaire	Enseignement	59
École maternelle	Enseignement	12
Théâtre	Sport, loisirs, culture	1
Bassin de natation	Sport, loisirs, culture	13
Salles multisports (gymnase)	Sport, loisirs, culture	20
Hypermarché	Commerces	2
Supermarché	Commerces	14
Hôtel homologué	Cafés, Hôtels, Restaurants	19

2.3.2 CONSOMMATIONS DU SECTEUR TERTIAIRE

Les consommations sont estimées sur la base de ratios MWh/employés établi à partir des emplois régionaux et des consommations régionales du secteur tertiaire répartie par énergie. Les données sont recalées avec les informations de l'Observatoire Régional de l'Énergie.

³ Bureaux : entreprises privées : assurances, banques, etc. et administrations : poste, police, justice, etc.

Consommation du secteur tertiaire (MWh/an) en 2016



Le tableau suivant présente les consommations énergétiques détaillées par énergie et par branches. Le secteur tertiaire représente 10% des consommations totales du territoire.

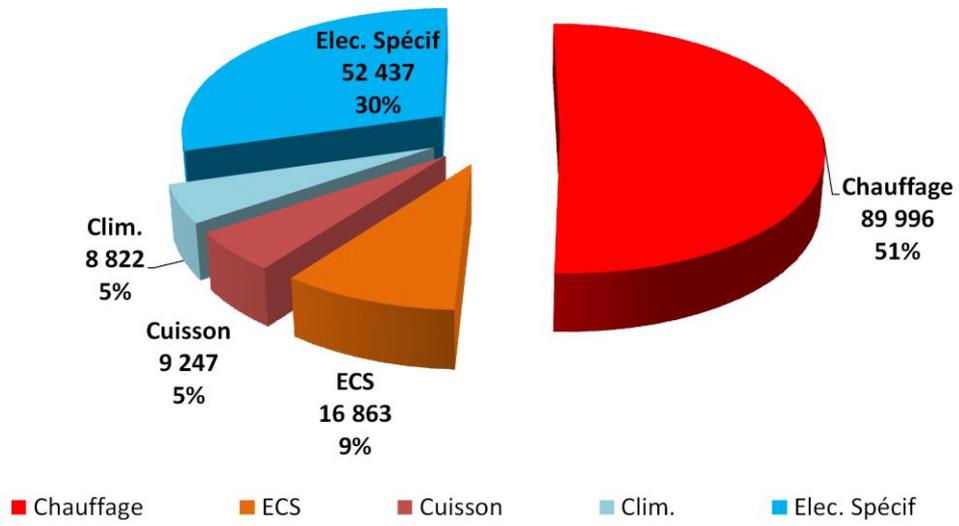
Consommation du secteur tertiaire (MWh/an) en 2016	Cafés, Hotels, Restaurants	Santé & Habitat communautaire	Enseignement	Sport, Loisirs, Culture	Bureaux	Commerces	Transport (Locaux uniquement)	Total combustible (MWh/an)	teqCO2 (amont + combust.)
Fioul	3 248	7 547	5 009	1 423	3 754	7 327	781	29 089	9 570
Gaz	3 618	6 636	6 047	3 421	4 868	7 154	465	32 209	7 569
Urbain	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Electricité	10 411	13 868	6 939	6 636	27 157	35 365	1 552	101 927	13 812
Bois énergie	1 825	1 825	3 650	913	0	913	0	9 125	301
Enrs (géoth., aéroth., solair)	0	3 300	0	0	1 715	0	0	5 015	
Total par branches MWh/an	19 102	33 177	21 645	12 392	37 494	50 758	2 798	177 365	31 252
teqCO2 (amont + combust.)	3 215	6 094	4 346	2 237	6 132	8 653	575		

Sources : Insee (avec l'emploi salarié par département en 2016), CEREN (REGADEMOE) Axceléo

L'électricité représente 57 % des consommations totales dans le secteur tertiaire.

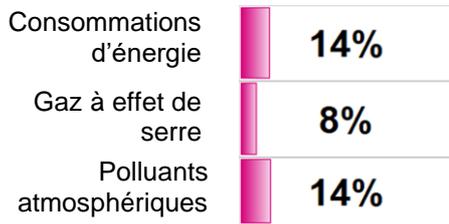
! estimation

Conso. par usages MWh/an



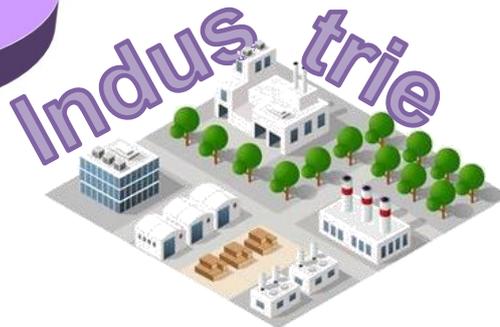
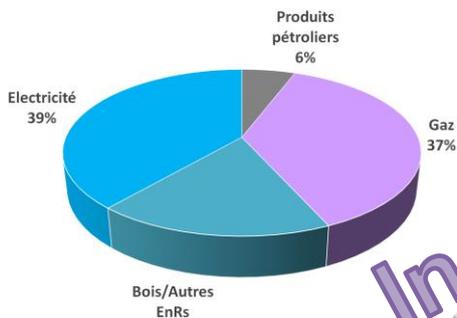
2.4 SECTEUR INDUSTRIEL - SYNTHESE

Part du secteur industriel sur le total en 2017

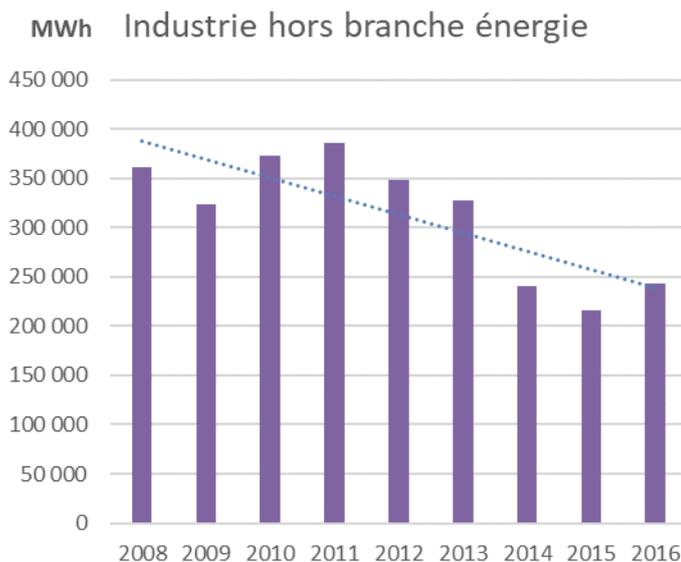


Enjeux du secteur industriel

Répartition des consommations par énergie

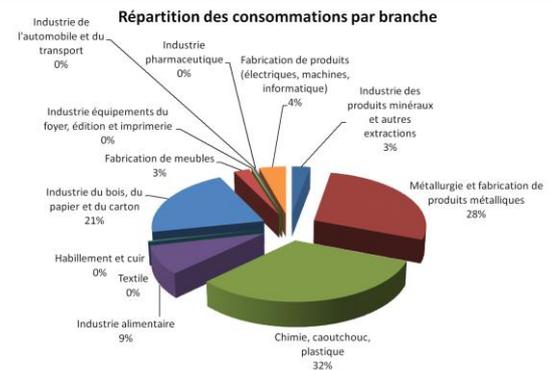


Evolution des consommations



Sources : Observatoire Régional de l'énergie

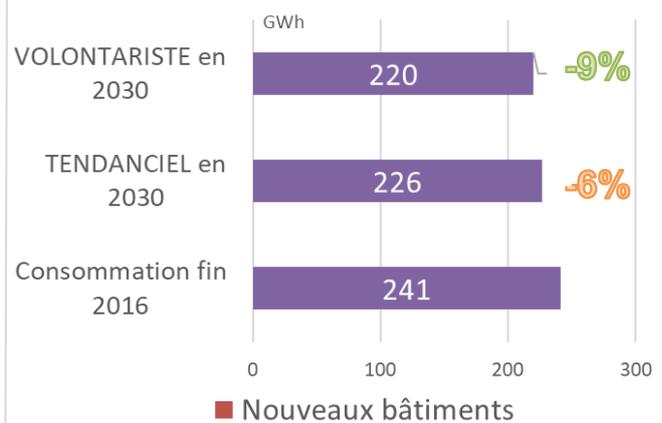
Une baisse de la consommation depuis 2008 mais qui tend à se stabiliser depuis 2014, après une forte chute des consommations dues à la fermeture de la grosse industrie Candia au Lude (CC Sud Sarthe).



RECUPERATION DE CHALEUR FATALE DANS L'INDUSTRIE (T > 100°C)	Compresseur	Groupe froid	Chaudière	Four	Séchage
MWh/an	3 280	2 760	1 450	3 210	28 850

Source : Axenne

Potentiel de réduction des consommations d'énergies



L'incertitude sur la dynamique du secteur industriel nous a fait prendre une hypothèse conservatrice en raisonnant à parc constant.
 Scénario tendanciel : gain énergétique attendu et l'absence de mesure (scénario « laisser faire »)
 Scénario volontariste : gain énergétique attendu avec une accentuation des actions de maîtrise de l'énergie.



2.4.1 DESCRIPTION DU SECTEUR INDUSTRIEL

INDUSTRIE	nb total de salariés		nb d'établissements	
Industrie des produits minéraux et autres extractions	60	2%	27	8%
Métallurgie et fabrication de produits métalliques	907	23%	40	12%
Chimie, caoutchouc, plastique	467	12%	9	3%
Industrie alimentaire	352	9%	82	25%
Textile	32	1%	3	1%
Habillement et cuir	50	1%	18	6%
Industrie du bois, du papier et du carton	205	5%	20	6%
Fabrication de meubles	183	5%	28	9%
Industrie équipements du foyer, édition et imprimerie	301	8%	68	21%
Industrie de l'automobile et du transport	64	2%	5	2%
Industrie pharmaceutique	0	0%	0	0%
Fabrication de produits (électriques, machines, informatique)	1 244	32%	25	8%
Total :	3 865	100%	325	100%

Source : INSEE - 2016

En nombre d'établissements, 3 branches se détachent : l'industrie alimentaire, l'industrie équipements du foyer et l'industrie de la métallurgie.

Ces trois branches représentent 58% des entreprises du territoire.

En nombre de salariés, ce sont l'industrie de la fabrication de produits, l'industrie de la métallurgie, la chimie-caoutchouc-plastique qui représentent 67% des emplois.

Pour autant cette répartition n'a que peu de lien avec les consommations énergétiques, celles-ci étant fortement dépendantes de l'intensité énergétique des activités économiques.

2.4.2 CONSOMMATION DU SECTEUR INDUSTRIEL

Le secteur industriel représente 14% des consommations totales du territoire.

Industrie (MWh/an) en 2016	Industrie des produits minéraux et autres extractions	Métallurgie et fabrication de produits métalliques	Chimie, caoutchouc, plastique	Industrie alimentaire	Textile	Habillement et cuir	Industrie du bois, du papier et du carton	Fabrication de meubles	Industrie équipements du foyer, édition et imprimerie	Industrie de l'automobile et du transport	Industrie pharmaceutique	Fabrication de produits (électriques, machines, informatique)	TOTAL par combustible (MWh/an)	teqCO2 (amont + combust.)
Produits pétroliers	2 172	1 546	8 785	799	21	6	142	56	40	5	0	244	13 816	4 481
Gaz	3 596	18 972	42 011	9 666	547	84	7 898	734	759	547	0	5 756	90 569	21 284
Charbon	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vapeur	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bois/Autres EnRs	1 263	5 069	1 736	1 509	0	0	29 928	3 961	0	0	0	0	43 466	1 434
Electricité	0	41 672	24 828	8 658	0	75	12 398	1 329	0	0	0	4 283	93 242	4 662
Autre combustibles	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total par branches MWh/an	7 031	67 259	77 360	20 631	568	165	50 365	6 080	799	552	0	10 283	241 093	31 861
teqCO2 (amont + combust.)	1 591	7 211	14 020	3 013	135	25	3 509	388	191	130	0	1 646		

Sources : Insee (avec l'emploi salarié par département en 2016)

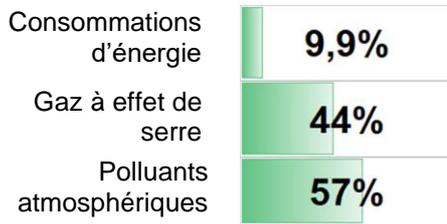
Axceléo

Les branches de l'industrie les plus consommatrices sur le territoire sont la chimie-caoutchouc-plastique, la métallurgie et l'industrie du bois, du papier et du carton. Ces trois branches représentent 81% de la consommation du secteur de l'industrie.

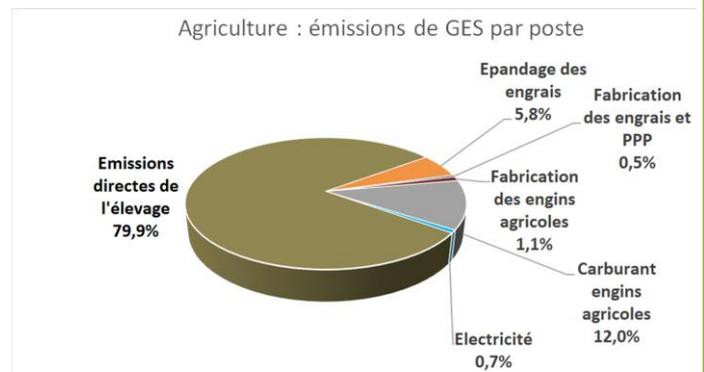
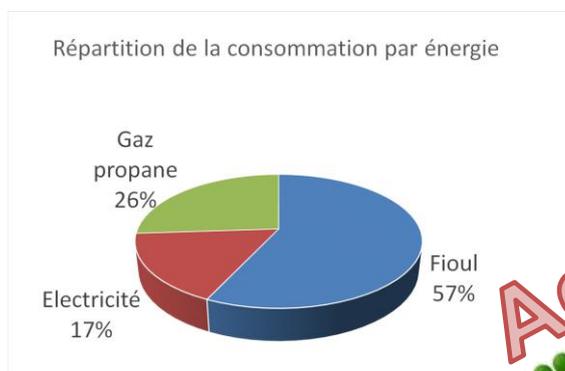
Les données sont recalées avec les informations de l'observatoire régionale de l'énergie.

2.5 LE SECTEUR AGRICOLE - SYNTHESE

Part de l'agriculture sur le total en 2017



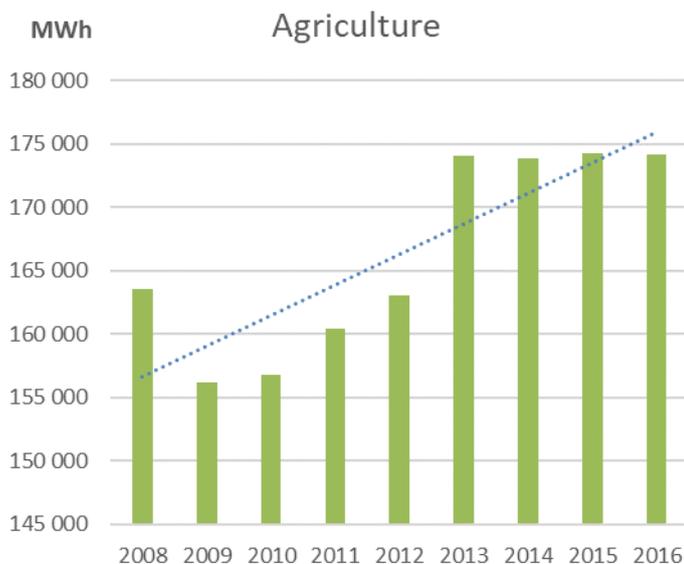
Enjeux du secteur agricole



Cheptel en 2010	
Bovins	66 581
Vaches laitières	9 086
Vaches allaitantes	10 410
Equidés	1 682
Chèvres	447
Brebis	1 419
Porcins	41 969
Truies	
Poulets	1 585 688
TOTAL	1 717 282

Source : AGRESTE 2010

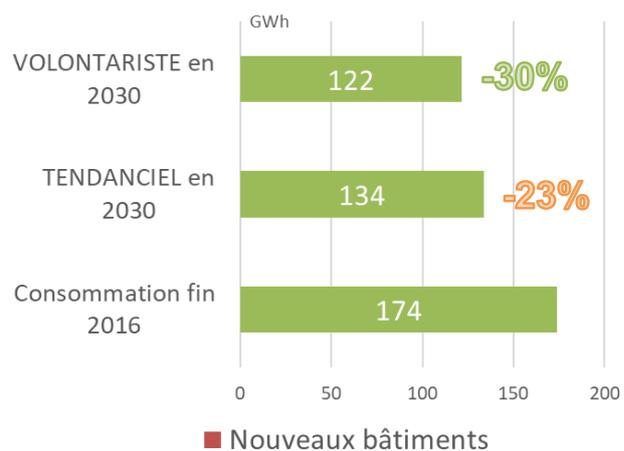
Evolution des consommations



Sources : OREGES (à climat normal)

Une baisse de la consommation depuis 2010 mais qui tend à se stabiliser depuis 2014.

Potentiel de réduction des consommations d'énergies



L'incertitude sur la dynamique du secteur agricole nous a fait prendre une hypothèse conservatrice en raisonnant à parc constant.
 Scénario tendanciel : gain énergétique attendu et l'absence de mesure (scénario « laisser faire »)
 Scénario volontariste : gain énergétique attendu avec une accentuation des actions de maîtrise de l'énergie.



Les consommations sont estimées à partir des données du recensement agricole de 2010 à l'échelle des cantons. Les cantons ne se regroupent pas forcément sur l'EPCI de sorte qu'un arbitrage a été effectué pour conserver un canton s'il recouvrait en majeure partie l'EPCI et à le supprimer s'il représentait à la marge l'EPCI. Le secret statistique entraîne une perte d'information sur le nombre exact d'exploitations agricoles. S'il y a moins de trois exploitations d'un même type sur un canton, le secret statistique impose de ne pas indiquer le nombre. Les données sont recalées avec les informations de l'OREGES.

Le secteur agricole représente 10% des consommations totales du territoire.

Agriculture (MWh) en 2016	Fioul	Electricité	Gaz propane	Bois et Enrs	Total	teqCO2 (amont + combust.)
Sciage et rabotage du bois	126	1 598	240		1 964	237
Grandes cultures	9 601	1 716	553	0	11 870	3 449
Maraîchage, horticulture	204	227	1 646	0	2 076	530
Viticulture	283	121	99	0	504	130
Fruits et autres cultures perm.	24 067	8 404	199	0	32 670	8 661
Bovins lait	6 216	884	194	0	7 294	2 170
Bovins élevage et viande	1 668	396	82	0	2 145	603
Bovins lait, élevage et viande	1 244	482	109	0	1 834	478
Ovins, autres herbivores	1 273	1 464	2 628	0	5 364	1 248
Porcins, volailles	54 354	14 151	39 621	0	108 127	29 741
Polyculture, polyélevage	129	165	45	0	339	68
					174 187	47 315
TOTAL par énergie MWh/an	99 165	29 606	45 416	0		
teqCO2 (amont + combust.)	32 625	2 428	12 262	0		

Sources : AGRESTE - RICA 2009

Axceléo

La consommation de fioul est majoritairement pour les carburants des tracteurs. La part de chauffage de l'électricité est estimée à 30%, le reste est utilisé dans le pompage, les moteurs électriques, l'éclairage, etc.

2.6 LE TRANSPORT

Part du transport sur le total en 2017

	Transport des citoyens	Transport transit
Consommations d'énergie	24%	7%
Gaz à effet de serre	16%	5%
Polluants atmosphériques	10%	3%

Enjeux du secteur transport

Mode de transport pour aller au travail	Vallée du Loir	SARTHE	France
Travail à domicile	5,3%	5,2%	4,4%
A pied	5,1%	5,3%	12%
Deux roues	4,2%	3,8%	
Voiture	84%	79%	70%
Transport commun	1,6%	7,0%	14%

Source : Insee (RGP 2016)

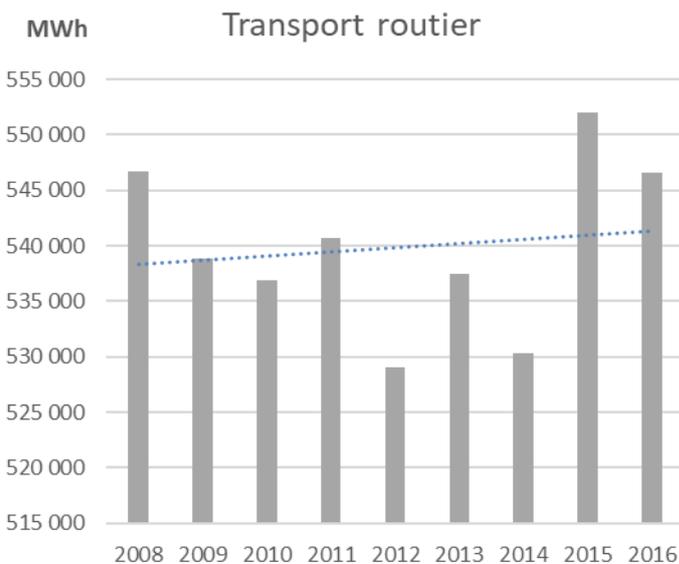
	Vallée du Loir	SARTHE	France
Domicile/travail sur la commune de résidence	35%	35%	35%
Domicile/travail hors de la commune de résidence	65%	65%	65%

Source : Insee (RGP 2016)

Alors que 28% des personnes travaillent sur leur commune de résidence, 86% prennent leur voiture pour se rendre au travail.



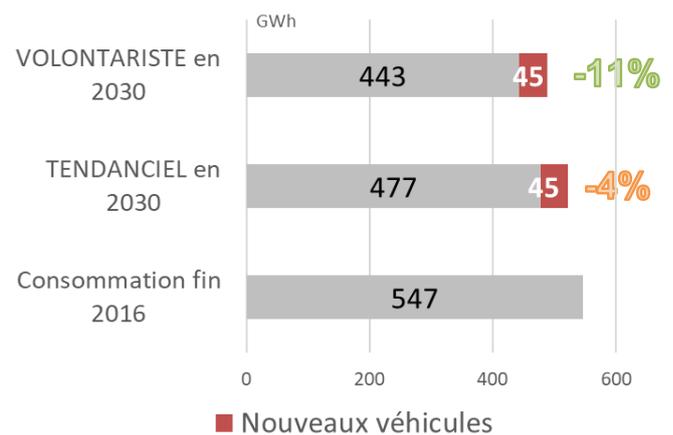
Evolution des consommations



Sources : Observatoire régional de l'énergie

Les données de l'observatoire semblent incohérentes d'une année sur l'autre, il est difficile de se prononcer sur une tendance.

Scénarios de réduction des consommations d'énergies



Le nombre de véhicules en plus a été calculé en fonction de la dynamique de construction et des nouveaux habitants sur le territoire d'ici 2030

Scénario tendanciel : gain énergétique attendu essentiellement sur le renouvellement de 40% du parc des véhicules.

Scénario volontariste : gain énergétique attendu essentiellement sur le renouvellement de 60% du parc des véhicules et des actions de co-voiturage domicile ↔ travail (2 000 salariés par jour), d'utilisation de modes doux pour les trajets courts du quotidien (2 000 personnes concernés) et de télétravail (600 salariés, une fois par semaine).

2.6.1 DONNEES SUR LE TRANSPORT

Les données sur le transport se basent sur le recensement de la population de 2014.

	nb ménages	% ménages
Nb de ménages avec 1 voiture	14 530	51%
Nb de ménages avec 2 voitures	12 095	42%
Nb de ménages avec 3 voitures ou plus	2 059	7%
Source : Insee (RGP 2016)	28 684	100%

La voiture est le mode de transport plébiscité pour se rendre au travail. Globalement les parts respectives de mode de transport pour se rendre au travail sont très proches de celles constatées à l'échelle du département.

Mode de transport pour aller au travail	Vallée du Loir	SARTHE	France
Travail à domicile	5,3%	5,2%	4,4%
A pied	5,1%	5,3%	12%
Deux roues	4,2%	3,8%	
Voiture	84%	79%	70%
Transport commun	1,6%	7,0%	14%

Source : Insee (RGP 2016)

2.6.2 CONSOMMATION DU SECTEUR DES TRANSPORTS

Le transport représente 31% des consommations totales du territoire. Au-delà des consommations des véhicules personnels des habitants et des véhicules utilitaires des professionnels, nous avons affecté une part des transports maritimes, aériens et routiers aux citoyens du territoire (règle de trois sur les données nationales). En effet, ceux-ci sont responsables par leurs achats, leur déplacement professionnel et touristique d'une partie des transports constatés en métropole.

Les consommations sont ensuite corrélées avec les données de l'observatoire régional de l'énergie qui comptabilise également la part du trafic routier en transit sur le territoire (poids lourds et touriste). Cette part de transit routier sur laquelle il sera difficile d'agir représente 7% des consommations totales du territoire.

Consommation des transports en MWh/an		Essence	Gazole	GPL	Electricité	Total	teqCO2 (amont + combust.)
Transport interne	Voiture	48 126	192 361	1 212		241 699	77 635
	Véhicule utilitaire léger	1 612	34 803	156		36 571	11 802
	Poids Lourds	2 029	103 601			105 630	34 137
	Bus et cars		8 521			8 521	2 755
	Part du transp. Maritime		4 495			4 495	1 454
	Part du transp. Aérien	19 127				19 127	5 973
	Transport ferroviaire		391		1 815	2 206	155
	Transit (tourisme-camion)	51 311	76 967		0	128 278	24 888
						546 527	158 799
	TOTAL par énergie MWh/an		122 205	421 138	1 368	1 815	
teqCO2 (amont + combust.)		22 218	136 179	373	29		

2.7 BILAN DES CONSOMMATIONS ENERGETIQUES TOTALES DU TERRITOIRE

Le tableau ci-dessous présente les consommations totales du territoire. C'est sur la base de ce chiffre et de ce tableau que l'on va calculer la part d'énergie renouvelable du territoire ainsi que la part de chaleur et d'électricité couverte par les énergies renouvelables.

La consommation totale du territoire inclus donc :

- les consommations des différents secteurs en incluant les résidences secondaires,
- la consommation du transport,
- les consommations d'énergies renouvelables (solaire thermique, part renouvelable de l'aérothermie et de la géothermie). L'électricité consommée par les pompes à chaleur n'est pas comptabilisée dans la consommation ou la production d'énergie renouvelable, elle apparaît à juste titre dans la consommation d'électricité,

Consommation totale par secteur (MWh/an) en 2016	Résidentiel	Résidence secondaire	Tertiaire	Industrie	Agriculture	Transport interne	Transport tourisme/transit	Conso. par énergie MWh/an en 2016	teqCO2 (amont + combust.)
Chauffage urbain	0	0	0					0	0
Produits pétroliers	102 903	0	29 089	13 816	144 581	416 434	128 278	835 101	266 637
Gaz naturel	137 025	0	32 209	90 569	0			259 803	61 054
Electricité	232 569	0	101 927	93 242	29 606	1 815		459 159	47 616
Bois en base	105 562	0	9 125					114 687	5 219
Bois en appoint	26 713	0						26 713	882
Autres Enrs	9 496		5 015	43 466	0			57 977	0
Autres combustibles (charb)				0				0	0
								1 753 440	381 408
Total par secteur en MWh/an :	614 268	0	177 365	241 093	174 187	418 249	128 278		
teqCO2 (amont + combust.)	95 589	893	31 252	31 861	47 315	133 911	41 480		

Sources : Ceren, AGRESTE - RICA 2009, SITADEL2016, Insee : RGP 2016, emploi salarié par département en 2016

Accéléo

Afin d'établir la part de la consommation finale de chaleur fournie par les énergies renouvelables ainsi que la part de l'électricité renouvelable produite sur le territoire, nous avons réparti les consommations des différents secteurs dans trois catégories : chaleur, électricité et transport.

La chaleur correspond à toute énergie (hors électricité) utilisée à des fins de chauffage des bâtiments, production d'eau chaude sanitaire et cuisson.

L'électricité représente toutes les consommations y compris le chauffage, la production d'eau chaude sanitaire et la cuisson.

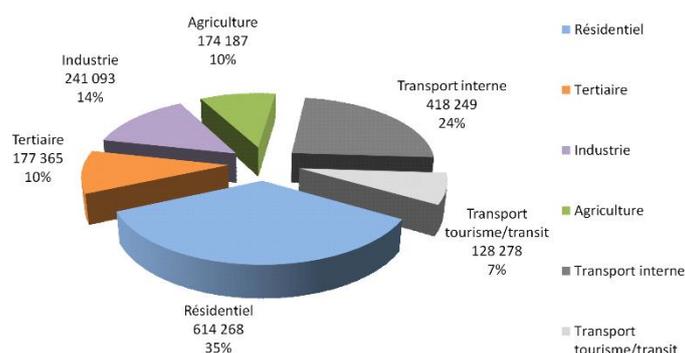
Le transport inclut tous les modes de transport y compris les consommations énergétiques de l'agriculture destinées au carburant des tracteurs et engins agricoles.

Consommation totale par usage (GWh/an) en 2016	Résidentiel	Résidence secondaire	Tertiaire	Industrie	Agriculture	Transport interne	Transport tourisme/transit	Total par usage
Consommation de chaleur	382	0	75	148	49			654
Consommation d'électricité	233	0	102	93	30			457
Consommation des transport						96	418	128
								642

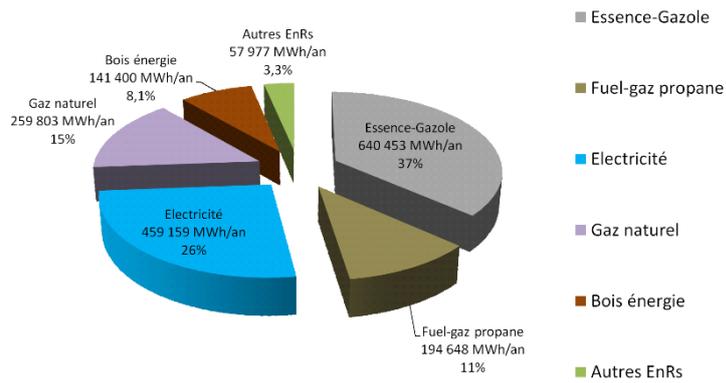
Sources : Ceren, AGRESTE - RICA 2009, SITADEL2016, Insee : RGP 2016, emploi salarié par département en 2016

1 753

Consommation totale par secteur (MWh/an) en 2016

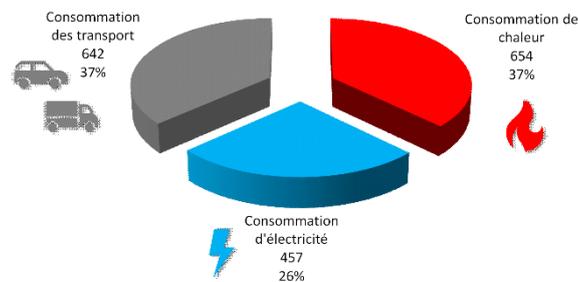


Conso. par énergie MWh/an en 2016



Dans le graphique ci-dessous, nous présentons la consommation d'électricité dans sa totalité (éclairage, chauffage, cuisson, élec. Spécifique) et la consommation de chaleur provenant des énergies fossiles et des énergies renouvelables.

Consommation totale par usage (GWh/an) en 2016



3 PRODUCTION ENERGETIQUE EN 2017

3.1 METHODOLOGIE

Le bilan de la production d'énergie renouvelable à fin 2017 est établi conformément à la directive européenne 2009/28/CE suivie par la France dans le cadre de l'élaboration du bilan énergétique national.

Il s'agit bien d'un bilan de production d'énergies renouvelables et non d'un bilan de consommation d'énergies renouvelables (on ne va pas tenir compte de la part d'énergie renouvelable électrique contenue dans le mix de la consommation d'électricité). Toutefois, le bois énergie fait exception puisque l'on ne comptabilise pas la production de ressource bois énergie produite sur le territoire, mais la part de consommation de bois énergie dans les équipements (poêles, chaudières individuelles ou collective ainsi que la consommation dans les réseaux de chaleur au bois).

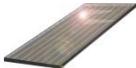
La méthodologie est simple et respecte **le principe de la frontière des territoires** de sorte que si l'exercice était réalisé sur l'ensemble des territoires de France, il n'y aurait pas de double compte et le total des productions d'énergies renouvelables des territoires correspondrait au chiffre exact de production d'énergies renouvelables de la France.

Cela signifie que l'on comptabilise la totalité des installations de productions d'énergies renouvelables thermiques, électriques et de type biogaz qui sont situées sur le territoire.

Les règles définies par la directive européenne que nous connaissons et appliquons au bilan EnRs :

- On ne prend en compte que 50% de la production des UIOM pour la chaleur et la production d'électricité d'origine renouvelable (il n'y en a pas sur le territoire).
- Seule la part renouvelable produite par les pompes à chaleur (géothermie ou aérothermie) doit être prise en compte, soit, Production finale d'énergie x $(1-1/Cop)$. Le Cop étant le coefficient de performance de la pompe à chaleur. Le bilan national français des EnRs retient toute la production des pompes à chaleur qui utilisent la chaleur de l'air, mais pour le calcul des objectifs de la France et conformément à la directive européenne le COP doit être supérieur à $1,15 \times (1/\mu)$ avec $\mu = 38,6\%$ en 2017 soit **un COP supérieur à 2,97** (μ représente en France le ratio entre la production brute totale d'électricité et la consommation énergétique primaire requise pour cette production d'électricité). De notre côté nous retenons également que les pompes à chaleur qui ont un COP $>2,97$, cela signifie notamment que nous ne prenons jamais en compte les milliers d'appareils de type Split.
- Le froid produit par les pompes à chaleur (géothermie et aérothermie) n'est pas comptabilisé en tant qu'énergie renouvelable sauf s'il s'agit d'un réseau de chaleur/froid auquel cas si ce réseau est alimenté par une énergie renouvelable, le froid est comptabilisé. On comptabilise également le froid « direct » puisé par exemple dans une nappe sans intervention d'une pompe à chaleur,
- L'électricité renouvelable pour l'hydraulique doit être comptabilisée avec la puissance du parc à l'année N multipliée par la valeur moyenne du nb d'heure de fonctionnement à Pnominale sur les 15 dernières années et pour l'éolien sur les 5 dernières années (dans les faits, on ne fait pas ce calcul n'ayant pas les données précises pour le faire. On utilise une valeur moyenne horaire annuelle de production à Pnominale).
- Le calcul des rejets de CO₂ évités tient compte du mix énergétique présent dans les maisons et les logements collectifs du territoire (voir en annexe la note sur les rejets de CO₂ évités pour une approche prospective).

Hypothèse pour la production des installations d'énergies renouvelables :

Filière	Type d'installation	gCO ₂ évités/kWh
 Solaire thermique	Chauffe-eau solaire individuel	100,0 gCO ₂ /kWh
	Système solaire combiné	323 gCO ₂ /kWh
	Chauffe-eau solaire collectif	130 gCO ₂ /kWh
 Photovoltaïque	Maison	300 gCO ₂ /kWh
	Immeuble collectif	
	Industrie	
	Centrale au sol	
 Chauffage bois	Maison	323 gCO ₂ /kWh
	Immeuble collectif	333 gCO ₂ /kWh
 Hydroélectricité	Moulin (fil de l'eau)	300 gCO ₂ /kWh
	Hydro lac ou barrage	
	Petite hydroélectricité	
 Aérothermie	Maison	323 gCO ₂ /kWh _{enr}
	Immeuble collectif	333 gCO ₂ /kWh _{enr}
 Géothermie	Maison	323 gCO ₂ /kWh _{enr}
	Immeuble collectif	333 gCO ₂ /kWh _{enr}

kWh_{enr} : part de l'énergie renouvelable produite en soustrayant la consommation électrique de la pompe à chaleur

3.2 SOURCE DES DONNEES

Il est difficile pour certaines filières d'évaluer précisément le nombre d'installations en fonctionnement sur le territoire. C'est notamment le cas des filières qui ne sont suivies précisément par aucun organisme et dont la comptabilité n'a jamais véritablement existé : la géothermie, l'aérothermie, le chauffage au bois des ménages.

Il faut noter ici que pour le secteur de l'habitat, l'Insee n'a pas jugé utile de recenser précisément ces installations tandis que les modes de chauffage (collectif ou individuel) et l'énergie de chauffage (électricité, fuel, propane, gaz naturel et réseau de chaleur) sont demandés lors des enquêtes.

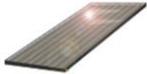
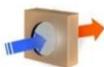
Nous proposons à chaque commune d'inclure une feuille supplémentaire (voir en annexe) qui peut être jointe au recensement afin de préciser les équipements d'énergies renouvelables présents dans le logement. La mise en place d'une base de données simple permettra en outre de renseigner lors du dépôt du permis de construire le mode de chauffage et de production d'eau chaude sanitaire envisagé par le futur propriétaire.

Le tableau suivant présente les sources des données utilisées pour chaque filière. La dernière colonne précise la fiabilité des données : Faible ++++ Forte

	Filière	Source des données	Fiabilité
CHALEUR	Solaire thermique	Observatoire régional de l'énergie	+++
	Bois énergie (chaudières collectives tertiaires et industrielles y compris réseau de chaleur)	Observatoire régional de l'énergie	+++++
	Poêles, cheminées et inserts	INSEE (la catégorie "Autre" pour le type de chauffage en base est essentiellement le bois dans les maisons)	+++++
		CEREN utilisation du bois en base et en appoint sur la région. Permet d'estimer le nombre de ménages qui utilisent le bois en appoint d'un autre mode de chauffage.	+++
	Géothermie	Données nationales AFPAC (2017) recalées sur le territoire par un ratio sur le nombre de maisons. Contact avec les professionnels du territoire.	++
		BRGM (BDSS – Banque Du Sous-Sol) ne présente qu'une part infime des installations chez les particuliers	++
	Aérothermie	Données nationales AFPAC (2017) recalées sur le territoire par un ratio sur le nombre de maisons	+
	Biogaz	Observatoire régional de l'énergie	+++++
Biomasse	Observatoire régional de l'énergie (données 2016) et estimation des industries utilisant de la biomasse au prorata de celle utilisée à l'échelle de l'ancienne région Rhône-Alpes.	+	
Valorisation énergétique des déchets (chaleur)	SINOE	Pas d'installation	
ELECTRICITE	Hydroélectricité	Observatoire régional de l'énergie et ODRE 2018	++++
	Photovoltaïque		Les puissances raccordées sont fournies par ODRE. La production est estimée via un ratio.
	Eolien		Le petit éolien n'est pas comptabilisé.
	Biogaz	Observatoire régional de l'énergie	
	Valorisation énergétique des déchets (électricité)	-	Pas de production d'électricité

Figure 1 : Sources de données et de leur fiabilité pour la constitution du bilan des énergies renouvelables

3.3 BILAN DE LA PRODUCTION D'ENERGIES RENOUVELABLES A FIN 2018

Bilan des énergies renouvelables 2018		Vallée du Loir
PRODUCTION DE CHALEUR ET DE FROID	Solaire thermique nb installations nombre de m ² production annuelle (MWh/an) rejet de CO ₂ évité (tCO ₂ /an)	 nc 2 534 m ² 887 MWh/an 89
	Bois énergie (chaudières collectives) nb installations puissance installée (kW) tonnes de bois valorisées par an production annuelle (MWh/an) rejet de CO ₂ évité (tCO ₂ /an)	 6 nc 2 607 9 125 MWh/an 2 993
	Poêles Cheminées Chaudières (Estimation) nb d'équipements (cheminées, inserts, poêles, chaudières) tonnes de bois valorisées par an production annuelle (MWh/an) rejet de CO ₂ évité (tCO ₂ /an)	 14 933 35 290 132 275 MWh/an 42 725
	Géothermie (Estimation) nb installations puissance installée (kW) production renouvelable (MWh/an) rejet de CO ₂ évité (tCO ₂ /an)	 378 1 614 kW 6 578 MWh/an 2 158
	Aérothermie - pompes à chaleur (Estimation) nb d'installations puissance installée (kW) production renouvelable (MWh/an) rejet de CO ₂ évité (tCO ₂ /an)	 369 1 729 kW 7 046 MWh/an 2 276
	Biogaz nb de site production de chaleur (MWh/an) rejet de CO ₂ évité (tCO ₂ /an)	 0 1 700 MWh/an 566
	Biomasse (production de chaleur industrie) nb de site production de chaleur (MWh/an) rejet de CO ₂ évité (tCO ₂ /an)	 43 466 MWh/an 14 474
	Valorisation des déchets ménagers nb de site <u>sur le territoire</u> production de chaleur (MWh/an) rejet de CO ₂ évité (tCO ₂ /an)	 0 0 MWh/an 0
	TOTAL PRODUCTION THERMIQUE (MWh/an) production annuelle thermique (MWh/an) rejet de CO ₂ évité (tCO ₂ /an)	201 077 MWh/an 65 280

PRODUCTION D'ELECTRICITE	Hydroélectricité nb installations puissance installée (kW) production annuelle (MWh/an) rejet de CO ₂ évité (tCO ₂ /an)	 11 0 kW 79 MWh/an 24
	Photovoltaïque (31/12/2018) nombre de m ² puissance installée (kWc) production annuelle (MWh/an) rejet de CO ₂ évité (tCO ₂ /an)	 45 614 m ² 6 386 kWc 6 753 MWh/an 2 026
	Eolien nb d'éoliennes puissance installée (kW) production annuelle (MWh/an) rejet de CO ₂ évité (tCO ₂ /an)	 4 8 000 kW 17 600 MWh/an 5 280
	Biogaz (Production d'électricité) nb de site production d'électricité (MWh/an) rejet de CO ₂ évité (tCO ₂ /an)	 0 0 MWh/an 0
	Biomasse (production d'électricité) nb de site production d'électricité (MWh/an) rejet de CO ₂ évité (tCO ₂ /an)	 0 0 MWh/an 0
	Valorisation des déchets (production d'électricité) nb de site <u>sur le territoire</u> production d'électricité (MWh/an) rejet de CO ₂ évité (tCO ₂ /an)	 0 0 MWh/an 0
	TOTAL PRODUCTION ELECTRIQUE (MWh/an) production annuelle électrique (MWh/an) rejet de CO ₂ évité (tCO ₂ /an)	24 432 MWh/an 7 330
	Agrocarburant nb de site Production annuelle (MWh/an)	 0 0 MWh/an
	TOTAL TOUTES ENERGIES RENOUVELABLES production annuelle (MWh/an) rejet de CO ₂ évité (tCO ₂ /an) Part de la consommation totale du territoire	225 509 MWh/an 72 610 12,9%

Sources : OREGES, ODRE, AFPAC, AXENNE

3.4 SITUATION DU TERRITOIRE PAR RAPPORT AUX OBJECTIFS A L'HORIZON 2030

Le tableau suivant présente quelques indicateurs énergétiques sur le territoire, ainsi que sur la région pour l'année 2018 (source Observatoire régional de l'énergie) et en France⁴ pour l'année 2017.

INDICATEURS SUR LES ENERGIES RENOUVELABLES EN 2018	Vallée du Loir	Pays de la Loire	France 2017	Objectifs de la loi TECV en 2030
Nb de m ² de capteurs solaires thermiques pour 1000 hab. 	34	32	52	
Nb de m ² de modules photovoltaïques pour 1000 hab. 	610	738	898	
Part de la prod. locale d'énergies renouvelables sur la consommation totale (y compris transport) 	12,9%	14,0%	16,3%	32,0%
Part de la prod. locale des Enrs thermiques sur la conso. de chauffage et d'eau chaude* 	30,8%	15,4%	21,3%	38,0%
Part de la prod. locale des Enrs élec. sur la consommation totale d'électricité** 	5,3%	8,0%	19,9%	40,0%
Part des EnRs injectée dans le réseau de gaz naturel 	0,7%	nc	0,04%	10,0%

* Consommation de chauffage et d'eau chaude sanitaire des énergies fossiles et renouvelables

** Consommation totale d'électricité y compris les usages chauffage et eau chaude sanitaire

Indicateurs de la production d'énergies renouvelables

La France s'est engagée dans un objectif ambitieux de développement des énergies renouvelables dans la loi sur la transition énergétique pour la croissance verte : porter la part des énergies renouvelables à 23 % de la consommation finale brute d'énergie en 2020 et à 32 % de cette consommation en 2030. A cette date, pour parvenir à cet objectif, les énergies renouvelables doivent représenter :

- 40 % de la production d'électricité (**consommation totale** d'électricité : éclairage, chaleur, eau chaude sanitaire, électricité spécifique, etc.),
- 38 % de la consommation finale de chaleur (consommation finale de chaleur provenant des énergies fossiles : fuel, gaz naturel, propane et des énergies renouvelables thermiques : solaire thermique, biomasse, part d'EnRs de l'aérothermie et de la géothermie)
- 15 % de la consommation finale de carburant,
- 10 % de la consommation de gaz.

Voici la situation du territoire en 2017 par rapport à ces différents objectifs :

	Objectifs 2030 (loi TECV)	Vallée du Loir à fin 2018	France 2017
Couverture des besoins de chaleur par les Enrs	38%	30,8%	21,3%
Couverture des besoins d'électricité par les Enrs	40%	5,3%	19,9%
Couverture du gaz naturel par les EnRs	10%	0,0%	0,04%
Couverture globale des consommations par les Enrs	32%	12,9%	16,3%

Nous verrons par la suite que les objectifs de couverture des énergies renouvelables pour la chaleur et l'électricité assignées à la France peuvent tout à fait être reportés sur le territoire. En effet, celui-ci possède les gisements nécessaires à la réalisation de ces objectifs.

⁴ France métropolitaine pour les indicateurs de solaire thermique et photovoltaïque

4 POTENTIELS DE REDUCTION DES CONSOMMATIONS ENERGETIQUES

4.1 POTENTIELS MAXIMUMS THEORIQUES DE MAITRISE DE L'ENERGIE

Pour chaque secteur (résidentiel, tertiaire, etc.), des actions en faveur de **l'utilisation rationnelle de l'énergie** ont été définies. Nous avons identifié les cibles sur lesquelles ces actions peuvent s'appliquer et nous avons ainsi estimé les **potentiels théoriques** à l'horizon 2030.

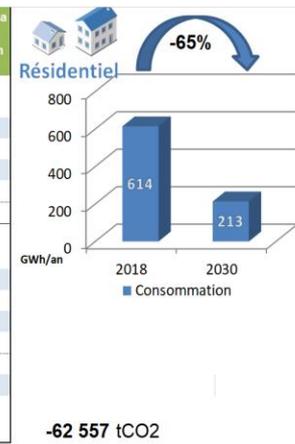
Les **potentiels théoriques** représentent les **gains maximums théoriques** si tous les maîtres d'ouvrages mettaient en œuvre les actions d'efficacité énergétique définies. Ce gisement permet de quantifier le maximum théorique sur le territoire et ainsi de fixer une limite haute maximale. Il n'est **pas atteignable** dans la mesure où tous les propriétaires n'auront jamais les moyens financiers de mettre en œuvre autant d'actions sur leur patrimoine. D'autre part, le nombre d'artisans pour réaliser ces travaux est largement insuffisant.

Différents types d'actions sont définis suivant les secteurs :

- des actions sur le bâti et les systèmes de chauffage,
- des actions sur la sobriété énergétique et le comportement pour le secteur de l'habitat,
- une action sur la performance énergétique des équipements électroménagers pour le secteur de l'habitat (amélioration tendancielle lors du renouvellement des appareils),
- des actions sur les équipements performants (tertiaire, industrie, agriculture). Ces actions sont éligibles aux certificats d'économie d'énergie.
- des actions sur les pratiques des éleveurs, le réglage des équipements et la consommation de carburant pour le secteur agricole,
- une amélioration tendancielle de la consommation de carburant pour tous les modes de transport.

Les tableaux et graphiques suivants mettent en évidence l'évolution des consommations énergétiques des différents secteurs si l'ensemble des actions de maîtrise de l'énergie identifiées était mis en œuvre, et **hors constructions neuves**.

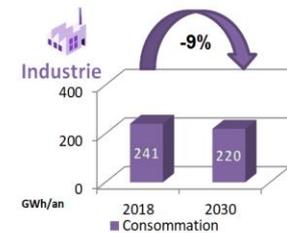
BILAN DES GISEMENTS NETS DE LA MAITRISE DE L'ENERGIE	GAIN THEORIQUE SUR L'EXISTANT en MWh/an			en % de la consommation actuelle	Economie sur la facture énergétique en 2030 k€/an
HABITAT MAISONS INDIVIDUELLES	Electricité	Energie fossile	Energie bois	Economie théorique	
Action sur le bâti et les systèmes de chauffage	-49 588	-145 469	-80 688	-49%	-60 747
Sobriété énergétique et comportement	-41 823	-23 376	-11 905	-14%	-14 871
Electromenager performant	-14 067			-2%	-5 229
GAINS THEORIQUES DANS LES MAISONS :	-105 478	-168 846	-92 593	-65%	-80 847
HABITAT LOGEMENTS COLLECTIFS					
Action sur le bâti et les systèmes de chauffage	-5 416	-19 747		-52%	-4 731
Sobriété énergétique et comportement	-3 606	-3 329		-14%	-1 338
Electromenager performant	-1 813			-4%	-674
GAINS THEORIQUES DANS LES LOGEMENTS COLLECTIFS :	-10 835	-23 076		-70%	-6 743
Sous-total :	-116 313	-191 921	-92 593	-65%	-87 590
Rappel de la consommation de l'habitat en 2016 :	614 268				
GAIN THEORIQUE TOTAL DU SECTEUR DE L'HABITAT :			-400 827		



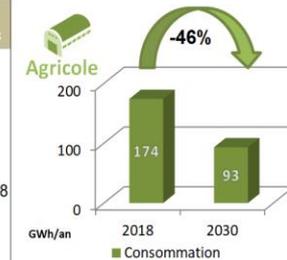
BILAN DES GISEMENTS NETS DE LA MAITRISE DE L'ENERGIE	GAIN THEORIQUE SUR L'EXISTANT en MWh/an		en % de la consommation actuelle	tCO2 évités
SECTEUR TERTIAIRE	Electricité	Energie fossile	Economie théorique	
Action sur le bâti et les systèmes de chauffage	-75 537		-43%	
Equipements performants	-14 456		-8%	
GAIN THEORIQUE TOTAL DANS LE SECTEUR TERTIAIRE :	-89 993		-51%	-13 004
Rappel de la consommation du tertiaire en 2016 :	177 365			



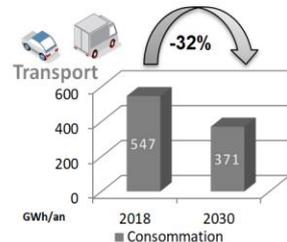
BILAN DES GISEMENTS NETS DE LA MAITRISE DE L'ENERGIE	GAIN THEORIQUE SUR L'EXISTANT en MWh/an		en % de la consommation actuelle	tCO2 évités
SECTEUR INDUSTRIEL	Electricité	Energie fossile	Economie théorique	
Action sur le bâtiment	-5 637		-2%	
Utilités	-14 574	-816	-6%	
Sous-total :	-20 211	-816	-9%	
Rappel de la consommation de l'industrie en 2016 :	241 093			
GAIN THEORIQUE TOTAL DANS LE SECTEUR INDUSTRIE :		-21 028		-2 194



BILAN DES GISEMENTS NETS DE LA MAITRISE DE L'ENERGIE	GAIN THEORIQUE SUR L'EXISTANT en MWh/an		en % de la consommation actuelle	tCO2 évités	tonnes d'ammoniac
SECTEUR AGRICOLE	Electricité	Energie fossile	Economie théorique		
Action sur le bâti et les systèmes de chauffage	-46 296		-27%	-9 380	
Pratiques des éleveurs / réglage des équip.	-14 697		-8,4%	-3 034	
Consommation de carburant		-19 877	-11%	-5 367	
Modification de l'alimentation (TeqCO2 évités)				-21 334	
Pratique sur l'épandage (incorporation rapide, stockage, etc.)					-138
Sous-total :	-60 993	-19 877	-46%		
Rappel de la consommation de l'agriculture en 2016 :	174 187				
GAIN THEORIQUE TOTAL DANS LE SECTEUR AGRICOLE :		-80 870		-39 115	



BILAN DES GISEMENTS NETS DE LA MAITRISE DE L'ENERGIE	GAIN THEORIQUE SUR L'EXISTANT en MWh/an		en % de la consommation actuelle	tCO2 évités
SECTEUR TRANSPORT	Electricité	Energie fossile	Economie théorique	
Equipement		-13 588	-29%	
Service		-11 351	-24%	
Amélioration tendancielle		-150 762		
GAIN THEORIQUE TOTAL DANS LE SECTEUR TRANSPORT :		-175 701	-32%	
Rappel de la consommation du transport en 2016 :		546 527		



4.2 SCENARIO TENDANCIEL DE MAITRISE DE L'ENERGIE

4.2.1 HYPOTHESES

Les potentiels théoriques définissent des économies d'énergies maximales sur chaque secteur. Ce sont bien sûr des chiffres théoriques et il n'est pas envisageable de réaliser la totalité des travaux et des actions identifiés. Toutefois, ces chiffres permettent de connaître les marges globales dans chacun des secteurs considérés en définissant une valeur "haute".

Afin de se fixer des objectifs plausibles d'économie d'énergie sur le territoire à l'horizon 2030, il s'agit de prendre en compte pour chaque secteur :

- les évolutions actuelles sur le territoire des consommations d'énergie par secteur (entre 2010 et 2017),
- la dynamique actuelle de rénovation des maisons (basée sur les données nationales qui précise les types de travaux engagés par les propriétaires de maisons et le nombre de propriétaires qui engagent des travaux chaque année – source ADEME Open Campagne 2015), **cette information est ajustée avec la consommation réelle constatée sur le territoire sur les 8 dernières années,**
- les gains tendanciels attendus sur le changement des équipements,
- les pratiques en matière d'efficacité énergétique pour les secteurs considérés (au plan national, les consommations unitaires du secteur tertiaire ont baissé de 0,8% entre 2005 et 2012 et celles de l'industrie de 1 % entre 2001 et 2012), **ces informations sont ajustées avec les consommations réelles constatées sur le territoire sur les 8 dernières années,**
- les dispositifs actuels favorisant les économies d'énergie (certificat d'économie d'énergie, Opération Programmée d'Amélioration de l'Habitat, etc.),
- la réglementation en matière d'efficacité énergétique (les bâtiments chauffés collectivement doivent prévoir un plan de travaux d'économies d'énergie ou d'un contrat de performance énergétique).

Les tableaux à la page suivante présentent le % des potentiels théoriques proposés comme objectifs plausibles à l'horizon 2030, il s'agit d'un scénario tendanciel dans la mesure où les actions mises en jeu sont issues des évolutions connues dans les différents secteurs sans interventions des pouvoirs publics. La colonne "nb" représente le nombre de cibles concernées par l'action à l'horizon de temps défini.

Les rejets de CO₂ évités par chaque action sont indiqués en fonction de la répartition moyenne du chauffage et de l'eau chaude sanitaire sur le territoire, de même que le contenu moyen de l'électricité par usage (Source ADEME Bilan Carbone©). Dans **une logique prospective**, toute action tendant à substituer 1kWh pour le chauffage électrique serait de nature à réduire significativement les rejets de CO₂ bien au-delà de la valeur moyenne indiquée dans le bilan carbone ; la valeur de 500 gCO₂/kWh substitué est donc retenue conformément à la note ADEME / RTE.

Chiffre du chauffage sur le territoire en 2016	Répartition des modes de chauffage par type d'énergie		Répartition des modes de chauffage de l'ECS par type d'énergie		gCO ₂ /kWh chauffage	gCO ₂ /kWh ECS	Chauffage gCO ₂ /kWh		ECS gCO ₂ /kWh	
	Log. collectif	Maison indiv	Log. collectif	Maison indiv			Log. collectif	Maison indiv	Log. collectif	Maison indiv
gaz	52%	23%	52%	22%	198	198	103,4	44,7	102,9	42,9
élec	44%	42%	47%	71%	500	47	221,8	211,6	21,9	33,5
fuel	3%	24%	1%	7%	272	272	7,4	66,6	3,7	18,9
bois	0,6%	10,6%	0%	0%	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0
chauffage urbain	0%	0,0%	0%	0%	12	12	0,0	0,0	0,0	0,0
	100%	100%	100%	100%	On retient (gCO₂/kWh) :		333,0	323,0	130,0	100,0

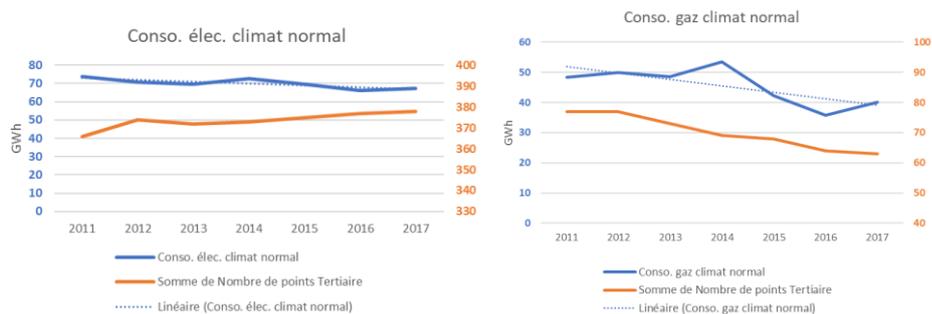
L'indépendance énergétique du point de vue de l'utilisateur est exprimée en %. Ce pourcentage représente ce que "gagne l'utilisateur" par le biais de cette action au regard de la consommation totale du logement.

Le chiffre d'affaires total (matériel et pose) ainsi que la part locale du chiffre d'affaires est estimé.

Enfin l'impact sur la facture énergétique du ménage est indiqué en pourcentage ainsi qu'en €/an.

		2030		Proposition d'un objectif en % du gisement identifié				IMPACT DES ACTIONS		DONNEES ECONOMIQUES			
		GAIN ENERGETIQUE SUR L'EXISTANT				INDICATEURS ENERGETIQUE & GAZ A EFFET DE SERRE		ECONOMIE LOCALE		FACTURE ENERGETIQUE POUR UN LGT < 1975			
		%	nb	Electricité MWh/an	Bois énergie MWh/an	Fuel, gaz nat., gaz propane MWh/an	tCO2 évités/an en 2030	Indépendance énergétique du point de vue de l'usager	Chiffre d'Affaires (k€)	Part locale du CA (k€)	% d'économie sur la facture énergétique	Gain sur la facture énerg. (€/an)	
Action sur le bâti et les systèmes de chauffage	HABITAT												
	MAISONS INDIVIDUELLES												
	Réglage des équipements de chauffage		9%	976			-244 MWh/an	-56	1%	146	146	-1%	-19
	Auxiliaires de chauffage, calorifugeage												
	Vannes thermostatiques sur les émetteurs de chaleur		3%	328			-614 MWh/an	-142	10%			-7%	-150
	Calorifugeage des ballons ECS (gain 8%)		8%	1 544	-226 MWh/an			-15	1%			-1%	-23
	Régulation T° de chauffage par sondes (ch. Fossile)		3%	328			-447 MWh/an	-103	7%	1 761	440	-5%	-109
	Régulation T° de chauffage par sondes (ch. élec)		3%	285	-93 MWh/an			-20	2%			-2%	-69
	Changement des émetteurs de chaleur (ch. élec)		3%	285	-224 MWh/an			-47	4%			-5%	-166
	Amélioration thermique du bâti (chauffage énergie fossile)												
	Isolation des combles		13%	1 395			-6 406 MWh/an	-1 477	23%	8 901	2 670	-16%	-368
	changement des fenêtres		15%	1 595			-3 255 MWh/an	-750	10%	8 296	2 489	-7%	-163
	Isolation des murs		13%	1 411			-5 278 MWh/an	-1 217	19%	7 038	2 111	-13%	-300
	Amélioration thermique du bâti (chauffage électrique)												
	Isolation des combles		13%	1 212	-2 279 MWh/an			-448	10%	7 731	2 319	-12%	-373
	changement des fenêtres		15%	1 386	-1 158 MWh/an			-228	4%	7 205	2 162	-5%	-166
	Isolation des murs		13%	1 225	-1 878 MWh/an			-369	8%	6 112	1 834	-10%	-304
	Amélioration thermique du bâti (chauffage au bois)												
	Isolation des combles		7%	575		-2 373 MWh/an							
	Changement des fenêtres		8%	657		-1 206 MWh/an							
Isolation des murs		7%	581		-1 955 MWh/an								
Nb de ménages effectuant un bouquet de travaux chaque année (fenêtres+combles, etc.)			260										
Sous-total actions sur le bâti et chauffage :					-5 859 MWh/an	-5 534 MWh/an	-16 244 MWh/an	-4 871		47 192	14 172		
Sobriété énergétique et comportement	Mesures diverses sur le chauffage, la cuisson, le froid, etc.												
	Baisser de 1°C le thermostat (gain 7% sur le chauffage).		20%	5 746	-836 MWh/an		-2 500 MWh/an	-1 196	8%				-85
	Fermer les volets la nuit (gain 2% sur le chauffage).		70%	20 111	-836 MWh/an		-2 500 MWh/an	-1 196					-4
	Mettre un couvercle sur la casserole lorsque l'on fait bouillir de l'eau		30%	8 619	-363 MWh/an		-202 MWh/an	-42					-1
	Eteindre le four avant la fin de la cuisson		20%	5 746	-48 MWh/an		-26 MWh/an	-6					-3
	Décongeler d'abord les aliments dans le réfrigérateur		30%	4 741	-76 MWh/an			-6					-16
	Dégivrer au moins deux fois par an le réfrigérateur		50%	14 308	-1 378 MWh/an			-113					-26
	Optimiser l'ouverture des portes du réfrigérateur et du congélateur		20%	5 723	-919 MWh/an			-75					-13
	Utiliser la touche éco du lave-vaisselle		50%	8 734	-1 402 MWh/an			-115					-26
	Laver le linge à basse température, choisir un cycle court		50%	13 848	-1 111 MWh/an			-91					-13
	Réduction des débits d'eau		20%	5 746	-1 878 MWh/an		-929 MWh/an	-230					-54
	Prendre des douches plutôt que des bains		30%	8 619	-1 127 MWh/an		-557 MWh/an	-138					-21
Couper les veilles des équipements (gain 500kWh/an)		30%	8 619	-2 767 MWh/an			-227					-53	
Sous-total sobriété énergétique et comportement :					-12 740		-6 714 MWh/an	-3 436					
Electromenager performant	Gain tendanciel sur le changement de l'électroménager												
	Réfrigérateurs				-2 165			-130					
	Réfrigérateur-congélateur												
	Congélateur				-1 199			-72					
	Lave-linge				-1 126			-68					
	Sèche-linge				-160			-10					
	Lave-vaisselle				1 599			96					
	Eclairage performant				-5 558			-333					
	Plaque de cuisson				-3 026			-166					
	Fours				-2 433			-134					
Audio-visuel													
Sous-total électroménager performant :					-14 067			-817					
GAINS ENERGETIQUES DANS LES MAISONS :					-32 666	-5 534	-22 958	-9 123					
Rappel de la consommation des maisons en 2016 :				563 582 MWh/an									
Consommation supplémentaire nouvelles maisons en 2030 :				21 851 MWh/an		hors conso suppl.							
							-11%				-6,8%		
Consommation totale des maisons individuelles en 2030 :				504 424 MWh/an			526 275						

Evolution des consommations constatées depuis 2011 à climat normal (source : agence ORE, traitement Axenne à climat normal) :



Attention !! pour l'électricité le secteur tertiaire ne comprend que les raccordements supérieurs à 36kVA.

D'après les données de l'agence ORE, la consommation d'électricité baisse tandis que le nombre d'abonnés augmente et celles de gaz chute également mais avec une baisse du nombre d'abonnés. Nous avons retenu une baisse de 22% des consommations sur le parc existant et au global, avec les nouvelles constructions - 15%.

La loi Elan définit les objectifs de performance énergétique pour les bâtiments tertiaires.

Un décret qui sera promulgué en 2019 viendra préciser la surface et l'activité principale des bâtiments concernés par les objectifs de performance énergétique.

En cas de vente ou de location du bien, les propriétaires devront faire évaluer le respect de l'obligation. Cela induit donc la réalisation d'un audit énergétique. De même, des dispositions contractuelles vont venir lier le propriétaire et le preneur de bail. Ainsi, ils devront définir ensemble les actions destinées à réduire les consommations énergétiques et les mettre en œuvre.

Afin de suivre la réduction des consommations d'énergie finale, les propriétaires auront accès, dès le 1er janvier 2020 à une plateforme informatique. Celle-ci aura pour objectif de recueillir l'ensemble des données de consommation, mais de façon anonyme.

Le décret devra également préciser la procédure de sanction administrative en cas de non-respect de l'obligation de réduction de niveau de consommation d'énergie finale.

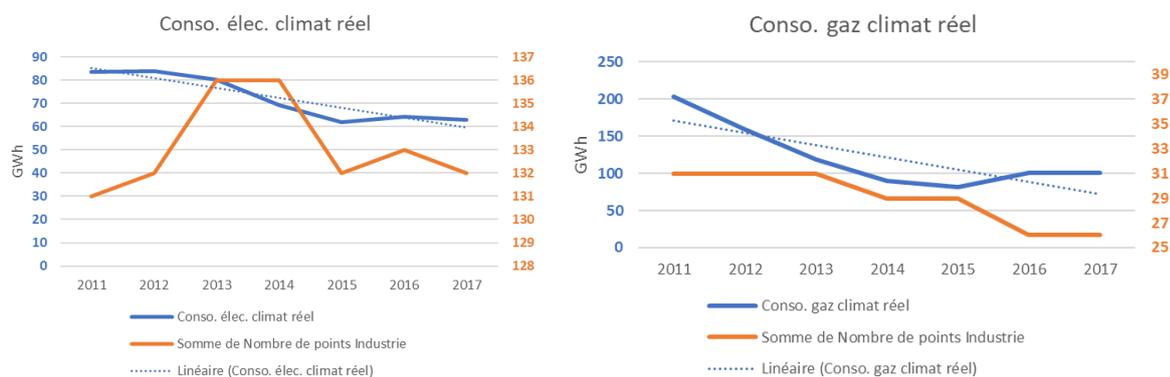
L'article définit, pour les bâtiments tertiaires ou une partie de bâtiments, une réduction des consommations d'énergie finale d'au moins de 40% dès 2030 puis de 50% en 2040 et 60% en 2050, par rapport à 2010. Cependant, les objectifs de réduction des consommations pourront être adaptés en fonction :

- Des contraintes techniques, architecturales ou patrimoniales.
- D'un changement de l'activité.
- Des coûts manifestement disproportionnés des actions par rapport aux avantages attendus en termes de consommation d'énergie finale.

La chaleur fatale autoconsommée par les bâtiments ainsi que la recharge des véhicules électriques et hybrides rechargeables pourront être déduites des consommations énergétiques.

2030		Proposition d'un objectif en % du gisement identifié					IMPACT DES ACTIONS	
		GAIN ENERGETIQUE SUR L'EXISTANT					INDICATEURS ENERGETIQUE & GAZ A EFFET DE SERRE	
		%	nb	Electricité MWh/an	Bois énergie MWh/an	Fuel, gaz nat., gaz propane MWh/an	tCO2 évité/an en 2030	Indépendance énergétique du point de vue de l'utilisateur
SECTEUR INDUSTRIEL								
Action sur le bâtiment	Bloc autonome d'éclairage de sécurité à faible consommation	70%	228	-35			-2	
	Système de mise au repos automatique de blocs autonomes d'éclairage de sécurité	70%	228	-37			-2	
	Luminaire pour tube fluorescent T5 sur un dispositif d'éclairage intérieur	70%	228	-1 939			-116	
	Dispositif de gestion horaire d'une installation d'éclairage intérieur	70%	228	-632			-38	
	Déstratificateur ou brasseur d'air	70%	228	-279				
	Tubes à LED à éclairage hémisphérique	70%	228	-1 024				
	Sous-total actions sur le bâtiment :			-3 946 MWh/an			-158	
Utilités	Système de variation électronique de vitesse sur un moteur asynchrone	70%	228	-5 328 MWh/an			-293	
	Système de récupération de chaleur sur un compresseur d'air	70%	228	-1 190 MWh/an			-65	
	Economiseur sur les effluents gazeux d'une chaudière de production de vapeur	70%	228			-85 MWh/an	-56	
	Système de récupération de chaleur sur un groupe de production de froid	70%	228	-1 376,9 MWh/an				
	Brûleur micro-modulant sur chaudière industrielle	70%	228			-459 MWh/an		
	Moteur premium de classe IE3	70%	228	-909,7 MWh/an				
	Moto-variateur synchrone à aimants permanents	70%	228	-309,4 MWh/an				
	Compresseur d'air basse pression à vis ou centrifuge	70%	228	-647,0 MWh/an				
	Brûleur avec dispositif de récupération de chaleur sur un four	70%	228			-27 MWh/an		
	Amélioration des systèmes de pompage	70%	228	-440,9 MWh/an				
Sous-total actions sur les utilités :			-10 202 MWh/an		-571 MWh/an	-415		
GAIN ENERGETIQUE TOTAL DANS LE SECTEUR INDUSTRIE :			-14 148		-571	-572		
Rappel de la consommation de l'industrie en 2016 : 241 093 MWh/an								
Consommation supplémentaire en 2030 : 0 MWh/an				hors conso. suppl.				
				-6%			-6,1%	
Consommation totale du secteur industriel en 2030 :			226 374 MWh/an		226 374			

Evolution des consommations constatées depuis 2011 à climat réel (source : agence ORE, traitement Axenne) :



D'après les données de l'agence ORE, la consommation d'électricité baisse et celles de gaz encore plus dans l'industrie (avec toutefois une baisse du nombre d'industries raccordées au réseau de gaz naturel). Nous avons retenu une baisse de 6% des consommations.

2030		Proposition d'un objectif en % du gisement identifié					IMPACT DES ACTIONS	
		GAIN ENERGETIQUE SUR L'EXISTANT					INDICATEURS ENERGETIQUE & GAZ A EFFET DE SERRE	
		%	nb	Electricité MWh/an	Bois énergie MWh/an	Fuel, gaz nat., gaz propane MWh/an	tCO2 évité/an en 2030	Indépendance énergétique du point de vue de l'utilisateur
SECTEUR AGRICOLE								
Action sur le bâti et les systèmes de chauffage	Amélioration de l'isolation / étanchéité / talutage	20%	53		-4 358 MWh/an		-861	
	Choix des équipements de chauffage	20%	67		-4 360 MWh/an		-861	
	Ventilation	20%	79	-308 MWh/an			-14	
	Eclairage performant (tube + balast électronique)	20%	66	-162 MWh/an			-10	
	Actions sur la production d'eau chaude	20%	56		-25 MWh/an		-1	
	Tank à lait	20%	25	-44 MWh/an			-2	
	Actions sur la thermovinification, l'air comprimé	20%	14	-2 MWh/an			0	
Sous-total actions sur le bâti et chauffage :					-9 259 MWh/an		-1 750	
Pratiques des éleveurs / réglage des équip.	Réglage et positionnement des équipements	20%	48		-995 MWh/an		-196	
	Coordonner le couple chauffage/ventilation	20%	48		-1 838 MWh/an		-363	
	Utilisation de la pompe à vide	20%	25	-5 MWh/an			0	
	Action sur les pompes (irrigation)	20%	49	-101 MWh/an			-6	
Sous-total pratiques des éleveurs :				-2 939	0		-565	
Consommation de carburant	Banc d'essai tracteurs	20%	250			-1 981 MWh/an	-641	
	Techniques culturales sans labour	20%	39			-288 MWh/an	-93	
	Raisonnement des interventions sur les parcelles : optimisation des trajets, couplage d'opérations	20%	86			-256 MWh/an	-83	
	Contrôle et préconisations de réglage du moteur d'un tracteur	20%	250			-1 451 MWh/an	-469	
Sous-total consommation de carburant :						-3 975 MWh/an	-1 285	
GAIN ENERGETIQUE TOTAL DANS LE SECTEUR AGRICOLE :					-16 174			
Rappel de la consommation de l'agriculture en 2016 :					174 187 MWh/an			
Consommation supplémentaire en 2030 :					0 MWh/an	hors conso. suppl. -9%		
Consommation totale du secteur agricole en 2030 :					158 013 MWh/an		-9,3%	
							CO2 évité :	-3 601

Evolution des consommations constatées depuis 2011 à climat réel (source : agence ORE, traitement Axenne) :

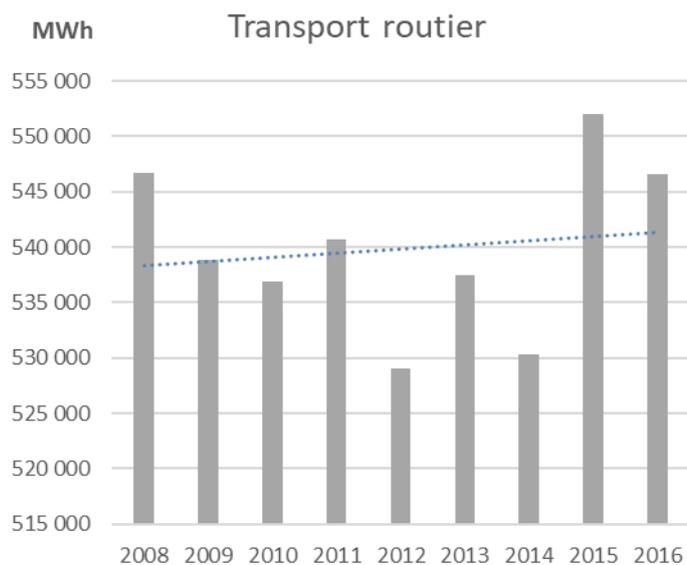


Les consommations d'électricité baissent entre 2011 et 2017, les consommations de gaz naturel augmentent mais compte tenu du nombre très faible d'agriculteurs utilisant cette énergie, il est difficile d'en tenir compte pour établir une tendance. Nous avons pris une hypothèse de 9% d'économie d'énergie d'ici 2030.

2030		Proposition d'un objectif en % du gisement identifié					IMPACT DES ACTIONS	
		GAIN ENERGETIQUE SUR L'EXISTANT					INDICATEURS ENERGETIQUE & GAZ A EFFET DE SERRE	
		%	nb	Electricité MWh/an	Bois énergie MWh/an	Fuel, gaz nat., gaz propane MWh/an	tCO2 évité/an en 2030	Indépendance énergétique du point de vue de l'utilisateur
SECTEUR TRANSPORT								
Equipement	Suivi des consommations de carburants grâce à des cartes privées	40%	2 292			-742 MWh/an	-240	
	Pneus de véhicules légers à basse résistance au roulement	40%	2 292			-1 195 MWh/an	-387	
	Changement de catégorie de consommation des véhicules de flottes professionnelles	40%	2 292			-3 497 MWh/an	-1 131	
	Amélioration tendanciel de la consommation de carburant pour tous les modes de transport	40%				-60 305 MWh/an	-19 286	
Sous-total équipement :						-65 740 MWh/an	-21 044	
Service	Formation d'un chauffeur de véhicule (voitures particulières et camionnettes) à la conduite économique	40%	2 292			-1 375 MWh/an	-445	
	Covoiturage domicile/travail	20%	2 626			-1 575 MWh/an	-509	
	Gonflage des pneumatiques pour véhicules légers et véhicules utilitaires légers	40%				-16 MWh/an	-5	
Sous-total pratiques des éleveurs :						-2 966 MWh/an	-959	
GAIN ENERGETIQUE TOTAL DANS LE SECTEUR TRANSPORT :						-68 705	-22 003	
Rappel de la consommation du transport en 2016 : 546 527 MWh/an						<input checked="" type="checkbox"/> Conso. supplémentaire		
Consommation supplémentaire en 2030 : 44 895 MWh/an						hors conso. suppl.		
						8%	-13%	-4,4%
Consommation totale du secteur transport en 2030 :						477 822 MWh/an	522 716	

CO2 évité :

-22 003



Bien que les consommations soient en hausse sur le territoire, nous avons choisi en tendanciel d'afficher une baisse de 4% des consommations énergétiques avec l'émergence rapide des motorisations hybrides, rechargeables et tout électrique.

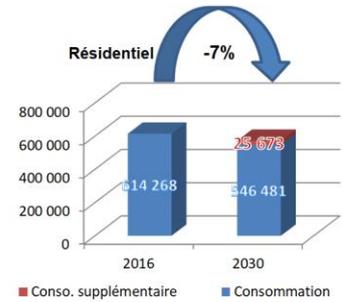
4.2.2 SYNTHÈSE DES GAINS ÉNERGETIQUES EN 2030 – SCENARIO TENDANCIEL

GAIN ÉNERGETIQUE POUR L'ENSEMBLE DES SECTEURS :			-205 751	CO2 évité :	-42 675
Rappel de la consommation en 2016 :	1 753 440 MWh/an				
Consommation supplémentaire en 2030 :	82 129 MWh/an				
	hors conso. suppl.				
	-12%				
Consommation totale en 2030 :	1 547 689 MWh/an		1 629 818		

Les gains sur les polluants atmosphériques sont calculés précisément en fonction des modes de chauffage des maisons et logements collectifs et des énergies économisées dans les différents secteurs (tertiaire, agriculture, industrie, etc.) :

POLLUTIONS ÉVITÉES (tonnes/an)	PM10	PM2,5	NOx	SO2	COV	NH3
POUR L'ENSEMBLE DES SECTEURS :	-15,83	-15,58	-102,90	-4,88	-33,47	-1,17

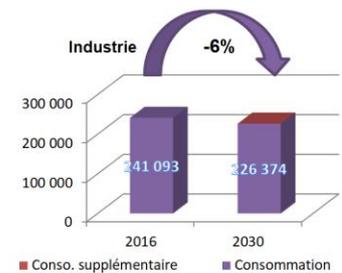
PROSPECTIVE EN 2030	GAIN ENERGETIQUE SUR L'EXISTANT		IMPACTS DES ACTIONS
	Electricité MWh/an	Autres énergies MWh/an	tCO2 évité/an en 2030
HABITAT MAISONS INDIVIDUELLES			
Action sur le bâti et les systèmes de chauffage	-5 859	-21 778	-4 871
Sobriété énergétique et comportement	-12 740	-6 714	-3 436
Electromenager performant	-14 067		-817
GAINS ENERGETIQUES DANS LES MAISONS :	-32 666	-28 492	-9 123
HABITAT LOGEMENTS COLLECTIFS			
Action sur le bâti et les systèmes de chauffage	-610	-2 202	-815
Sobriété énergétique et comportement	-1 091	-913	-343
Electromenager performant	-1 813		-105
GAINS ENERGETIQUES DANS LES LOGEMENTS COLLECTIFS :	-3 514	-3 115	-1 263
GAIN ENERGETIQUE TOTAL DANS LE SECTEUR DE L'HABITAT :	-36 180	-31 607	-10 386
Rappel de la consommation de l'habitat en 2016 :	614 268		
Consommation supplémentaire nouveaux logements en 2030 :	25 673		
Consommation totale des maisons individuelles en 2030 :	572 154		-7%



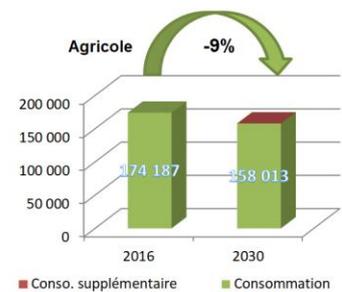
PROSPECTIVE EN 2030	GAIN ENERGETIQUE SUR L'EXISTANT		IMPACTS DES ACTIONS
	Electricité MWh/an	Autres énergies MWh/an	tCO2 évité/an en 2030
SECTEUR TERTIAIRE			
Action sur le bâti et les systèmes de chauffage	-32 408		-5 788
Equipements performants	-5 957		-325
GAIN ENERGETIQUE TOTAL DANS LE SECTEUR TERTIAIRE :	-38 365		-6 113
Rappel de la consommation du tertiaire en 2016 :	177 365		
Consommation supplémentaire en 2030 :	11 561		
Consommation totale du secteur tertiaire en 2030 :	150 561		-15%



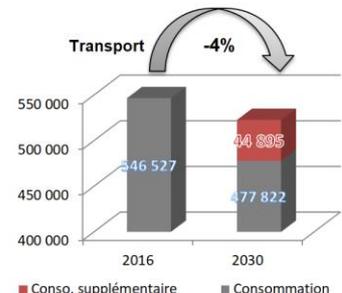
PROSPECTIVE EN 2030	GAIN ENERGETIQUE SUR L'EXISTANT		IMPACTS DES ACTIONS
	Electricité MWh/an	Autres énergies MWh/an	tCO2 évité/an en 2030
SECTEUR INDUSTRIEL			
Action sur le bâtiment	-3 946		-158
Utilités	-10 202	-571	-415
GAIN ENERGETIQUE TOTAL DANS LE SECTEUR INDUSTRIEL :	-14 148	-571	-572
Rappel de la consommation de l'industrie en 2016 :	241 093		
Consommation supplémentaire en 2030 :	0		
Consommation totale du secteur industriel en 2030 :	226 374		-6%



PROSPECTIVE EN 2030	GAIN ENERGETIQUE SUR L'EXISTANT		IMPACTS DES ACTIONS
	Electricité MWh/an	Autres énergies MWh/an	tCO2 évité/an en 2030
SECTEUR AGRICOLE			
Action sur le bâti et les systèmes de chauffage		-9 259	-1 750
Pratiques des éleveurs / réglage des équip.	-2 939		-565
Consommation de carburant		-3 975	-1 285
GAIN ENERGETIQUE TOTAL DANS LE SECTEUR AGRICOLE :	-12 199	-3 975	-3 601
Rappel de la consommation de l'agriculture en 2016 :	174 187		
Consommation totale du secteur agricole en 2030 :	158 013		-9%



PROSPECTIVE EN 2030	GAIN ENERGETIQUE SUR L'EXISTANT		IMPACTS DES ACTIONS
	Electricité MWh/an	Autres énergies MWh/an	tCO2 évité/an en 2030
SECTEUR TRANSPORT			
Equipement		-65 740	-21 044
Service		-2 966	-959
GAIN ENERGETIQUE TOTAL DANS LE SECTEUR TRANSPORT :	0	-68 705	-22 003
Rappel de la consommation du transport en 2016 :	546 527		
Consommation supplémentaire en 2030 :	44 895		
Consommation totale du secteur transport en 2030 :	522 716		-4%



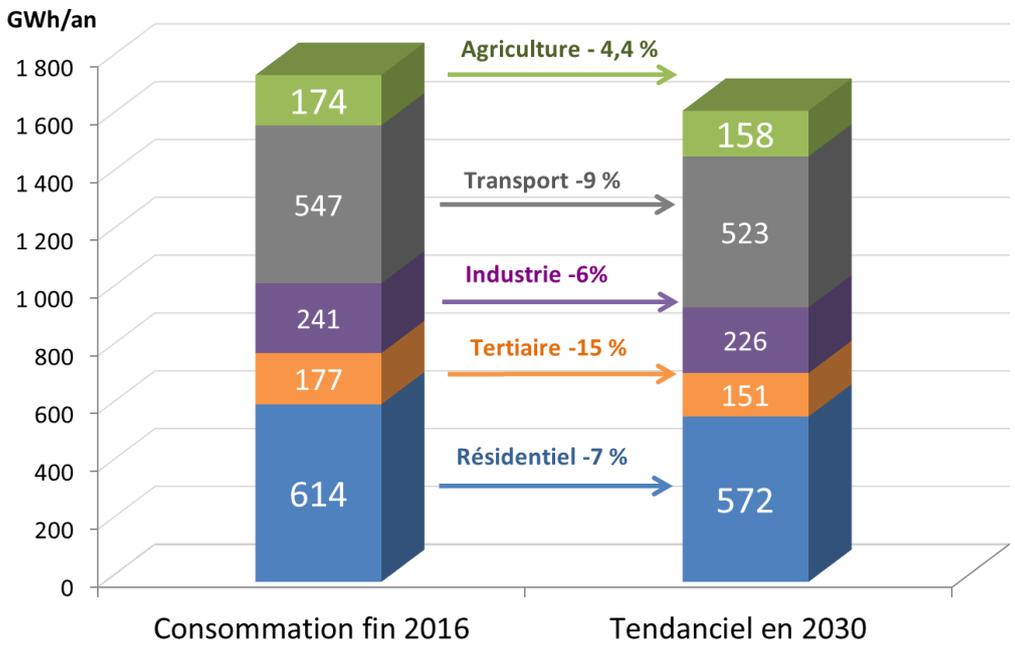
Rappel de la consommation en 2016 :
(avec les résidences secondaires)

1 753 440 MWh/an



Consommation en 2030 : 1 629 818 MWh/an

4.3 SYNTHÈSE DU SCENARIO TENDANCIEL DE MAITRISE DE L'ENERGIE



Scénario tendanciel -7% au global

Objectifs du SRADDET en 2030

- XX% 
- XX% 
- XX% 
- XX% 
- XX% 

-15% au global
SRADDET

5 POTENTIELS DE PRODUCTION D'ENERGIES RENOUVELABLES

5.1 LES FILIERES SOLAIRES

⚠ Ne confondez pas les capteurs solaires thermiques et les modules photovoltaïques



Un module photovoltaïque produit de l'électricité à partir du rayonnement solaire.

La production d'électricité n'est pas forcément liée à l'occupation du bâtiment ni aux besoins en énergie de celui-ci, l'électricité peut être autoconsommée ou renvoyée sur le réseau électrique. Elle participe à la diversification des moyens de production d'électricité en France.



Un capteur solaire thermique produit de la chaleur à partir du rayonnement solaire.
 Cette chaleur est restituée par un fluide caloporteur.

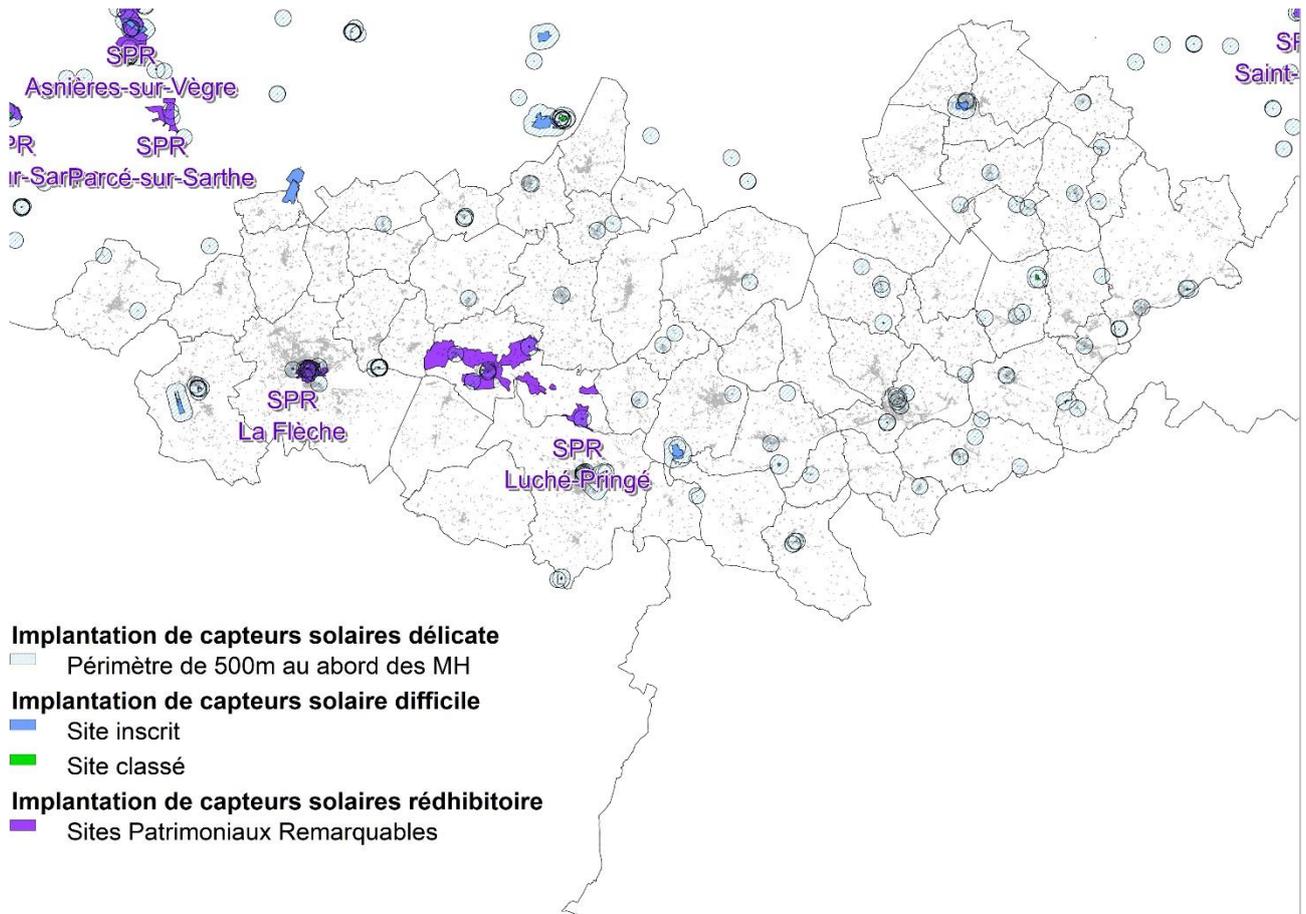
La chaleur produite vient en substitution d'un besoin en énergie actuellement couvert par une autre source d'énergie (exemple : fioul). L'installation solaire participe ainsi à la performance énergétique globale du bâti et à la réduction des rejets de CO₂ liés au secteur du bâtiment.

Il existe aujourd'hui des capteurs solaires bi-énergie qui combinent la production photovoltaïque en façade et la récupération de chaleur en face arrière pour de la production d'eau chaude ou le chauffage de l'air.

5.1.1 LES CONTRAINTES PATRIMONIALES

Dans l'objectif de protéger et conserver le patrimoine bâti présentant une importance particulière, différents types de protection existent en France : sites patrimoniaux remarquables (regroupant les anciens secteurs sauvegardés, AMVAP (Aire de Mise en Valeur de l'Architecture et du Patrimoine) et ZPPAUP), site classé, monument historique et site inscrit.

Ces protections n'ont pas les mêmes implications, notamment en ce qui concerne la possibilité d'implanter une installation solaire à proximité.





Type de protection	Définition	Objectifs	Procédures	Principes à respecter pour l'implantation de capteurs
<p>Sites patrimoniaux remarquables</p> <p>Loi du 7 juillet 2016</p> <p>ENJEU REDHIBITOIRE</p>	<p>Les sites patrimoniaux remarquables sont « les villes, villages ou quartiers dont la conservation, la restauration, la réhabilitation ou la mise en valeur présente, au point de vue historique, architectural, archéologique, artistique ou paysager, un intérêt public. »</p> <p>Les sites patrimoniaux remarquables se substituent aux anciens dispositifs de protection :</p> <ul style="list-style-type: none"> secteurs sauvegardés, zones de protection du patrimoine architectural, urbain et paysager (ZPPAUP), aires de mise en valeur de l'architecture et du patrimoine (AVAP). 	<p>La création de ce classement a pour motivation :</p> <ul style="list-style-type: none"> une simplification en remplaçant les divers dispositifs existants par un seul. La loi simplifie également le régime des travaux aux abords des monuments historiques et au sein des sites patrimoniaux remarquables. l'articulation des compétences entre l'État et les collectivités locales favoriser l'attractivité des territoires mettre en valeur et préserver les sites. faciliter la protection des abords des monuments historiques. 	<p>Le classement résulte d'une décision du ministre de la culture, après avis de la Commission nationale du patrimoine et de l'architecture, après enquête publique et après consultation des communes concernées. Le classement précise le périmètre concerné.</p> <p>Les enjeux sont retranscrits dans un plan de gestion du territoire qui peut prendre deux formes :</p> <ul style="list-style-type: none"> soit un plan de sauvegarde et de mise en valeur (document d'urbanisme) soit un plan de valorisation de l'architecture et du patrimoine (servitude d'utilité publique) <p>Chacun d'eux constitue un facteur de lisibilité pour les porteurs de projets et les habitants.</p>	<p>La lecture du règlement et son strict respect vis-à-vis de l'implantation de capteurs solaires peuvent conduire à une interdiction ou à de multiples prescriptions (par ex : invisible depuis la voie publique, encastré dans la toiture, matériaux brillants interdits (modules polycristallins), cadre en aluminium interdit, etc.).</p> <p>Les capteurs solaires devront être intégrés aux volumétries, matériaux et teintes et se fondre dans l'architecture et son environnement.</p>
<p>Site Classé</p> <p>Articles L341-1 à L341-22 du code de l'environnement</p> <p>ENJEU MAJEUR</p>	<p>Un site classé est un site à caractère artistique, historique, scientifique, légendaire ou pittoresque, dont la préservation ou la conservation présentent un intérêt général.</p>	<p>Cette procédure est utilisée en particulier en vue de la protection d'un paysage remarquable, naturel ou bâti. L'objectif de la protection est le maintien des lieux dans les caractéristiques paysagères ou patrimoniales qui ont motivé le classement.</p>	<p>Toute modification de l'état des lieux est soumise à autorisation spéciale, soit du ministre chargé de l'environnement après avis de la commission départementale de la nature des sites et des paysages (CDNPS) et, si le ministre le juge utile, de la commission supérieure des sites ; soit du préfet pour les travaux de moindre importance. L'avis conforme de l'architecte des bâtiments de France est requis dans ce dernier cas.</p>	<p>Il faut absolument éviter les pièces rapportées et les perceptions visuelles qui entreraient en concurrence avec le site classé. Il paraît très difficile d'implanter des capteurs solaires sur un bâtiment situé dans un site classé, sauf si ces derniers sont parfaitement intégrés sur la toiture du bâti existant (couleur, disposition...).</p>



Type de protection	Définition	Objectifs	Procédures	Principes à respecter pour l'implantation de capteurs
<p>Monument historique Loi du 31 décembre 1913</p> <p>ENJEU FORT</p>	<p>Au sens de la loi du 31 décembre 1913, un monument historique peut-être « toute œuvre d'art d'un intérêt historique, quelles qu'en soient les dimensions, qu'il s'agisse d'un immeuble ou d'un objet mobilier »</p> <p>Il faut d'ailleurs distinguer cinq catégories d'objets (immeubles, abords des édifices, objets mobiliers et immeubles « par destination », grottes ornées, orgues historiques) et trois types de mesures : l'instance de classement (procédure d'urgence, limitée dans le temps) ; l'inscription à l'inventaire (qui intervient avant le classement du site) ; et, enfin, le classement proprement dit.</p>	<p>La protection d'un monument historique intervient aussi bien sur le monument que sur ses abords. Il s'agit de contrôler les aménagements susceptibles d'intervenir autour du site de manière à conserver son authenticité et sa valeur patrimoniale. Pour cela, les travaux autorisés sont effectués sous surveillance de l'administration des affaires culturelles.</p> <p>La protection des monuments historiques intervient dans un périmètre de 500 m aux abords des sites. Ce périmètre peut être remplacé par un « Périmètre de protection modifié » afin de limiter la protection aux zones les plus intéressantes situées autour d'un monument historique. Cette disposition s'inscrit dans la loi 2000-1208 relative à la Solidarité et au Renouveau Urbain.</p>	<p>L'avis de l'architecte des bâtiments de France est requis ; il s'agit d'un avis conforme dans le cas d'une covisibilité entre l'installation et le monument historique ou d'un avis simple s'il n'y a pas de covisibilité.</p>	<p>L'implantation de panneaux solaires en toiture est possible dans le périmètre de 500 m de rayon autour d'un édifice protégé, sous réserve d'étudier précisément les perceptions de l'installation depuis les édifices et d'effectuer un examen des covisibilités de l'édifice et de l'installation depuis différents points de vue remarquables.</p> <p>L'implantation de panneaux solaires en toiture n'est pas possible dans le périmètre de protection modifié de l'édifice protégé.</p>
<p>Site inscrit Articles L341-1 à L341-22 du code de l'environnement Sur les bâtiments</p> <p>ENJEU FORT</p>	<p>Il s'agit de sites inscrits à l'inventaire des sites présentant un intérêt général du point de vue artistique, historique, scientifique, légendaire ou pittoresque.</p> <p>Un site inscrit peut être naturel ou bâti. Il est susceptible d'être transformé à terme en site classé (notamment les sites naturels).</p>	<p>L'inscription a pour objectif de permettre à l'État d'être informé des projets concernant le site, et d'intervenir de façon préventive, soit en vue de l'amélioration de ces projets, soit si nécessaire en procédant au classement du site.</p>	<p>L'Architecte des Bâtiments de France émet sur le projet un avis simple. Si l'intérêt du site est menacé, l'ABF peut suggérer au ministre de recourir à des mesures d'urgence ou de lancer des procédures de classement s'il estime qu'une intervention menace la cohérence du site.</p>	<p>L'implantation de panneaux solaires peut être possible dans un site inscrit, sous réserve d'étudier leur intégration en toiture (couleur, disposition, etc.).</p>

Le croisement de la cartographie des contraintes patrimoniales et de la cartographie des bâtiments existants (constituée à partir de la BDTopo de l'IGN) permet d'identifier les contraintes s'appliquant à chaque bâtiment. La table des bâtiments est alors complétée afin d'indiquer si le bâtiment est situé sur une zone à enjeu patrimonial ou non. Si l'on tient compte de l'ensemble des enjeux, il y a 79% de toitures libres de toute contrainte pour l'installation de capteurs solaires (thermiques ou photovoltaïques). Les 16% de bâtiments en « implantation délicate » peuvent tout de même accueillir ce type d'installation.

Enjeux du patrimoine culturel pour l'implantation de capteurs solaires	Surface (m ²)	
Implantation très difficile	453 167	4%
Implantation difficile	45 283	0,4%
Implantation délicate	1 936 231	16%
Pas de contrainte	9 404 043	79%
<i>Total</i>	11 838 724	

5.1.2 ORIENTATION DES BATIMENTS

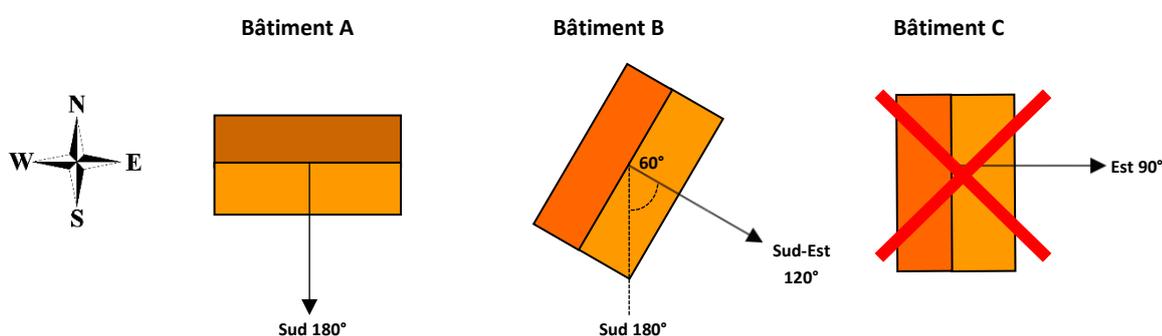
L'orientation des bâtiments est également un paramètre dont il faut tenir compte dans le cas de l'implantation d'un générateur photovoltaïque ou de capteurs solaires thermiques. Cette orientation doit être idéalement au sud.

On suppose que les bâtiments industriels et commerciaux ont une toiture-terrasse, leur orientation est donc toujours favorable.

Les maisons et immeubles qui ont une toiture orientée en deçà de 135° (le sud étant à 180°) et au-delà de 225° sont considérés comme n'étant pas favorables à l'implantation de capteurs solaires.

Les bâtiments agricoles et sportifs ont une toiture a priori moins inclinée que les maisons et immeubles. On retient donc une orientation comprise entre 120° et 240° comme favorable à l'implantation de capteurs solaires.

Ainsi, sur la figure ci-dessous, le bâtiment A est bien orienté, le bâtiment B se trouve en limite acceptable et le bâtiment C est identifié comme étant mal orienté.



Axenne a réalisé une analyse cartographique sur l'orientation des bâtiments, pour ne conserver que les toitures correctement orientées. Cette analyse se base sur la forme des bâtiments afin d'en déduire automatiquement l'orientation du faîtage.

Il s'agit d'une **estimation** dans la mesure où cette approche fonctionne bien pour une architecture où l'orientation du faîtage correspond à la longueur maximum de la maison ou de l'immeuble.

5.1.3 SYNTHÈSE DES CONTRAINTES

Le tableau ci-dessous présente les surfaces de toiture pouvant accueillir des panneaux solaires thermiques ou photovoltaïques : ces toitures sont a priori bien orientées, et ne présentent pas ou peu de contraintes patrimoniales.

Typologie de bâtiment	Surface sans aucune contrainte (m²)	en % de la surface totale de la typologie
Maison	3 115 822	72,6%
Immeuble	2 740 796	74,2%
Bâtiment industriel	860 498	88,5%
Bâtiment commercial	139 436	95,8%
Bâtiment sportif	45 814	85,5%
Bâtiment agricole	2 005 450	82,2%

5.1.4 POTENTIELS THEORIQUES DES INSTALLATIONS SOLAIRES

Le gisement théorique est calculé à partir des données statistiques (nombre de logements, nombre d'équipements publics, nombre d'exploitations agricoles, etc.), croisées avec les contraintes par typologie de bâtiment (maisons, immeubles, bâtiments industriels, etc.) qui ont été identifiées avec l'outil cartographique.

Pour l'énergie solaire thermique, seuls les bâtiments nécessitant des besoins de production d'eau chaude sanitaire ou de chaleur pour les maisons sont pris en compte.

Pour l'énergie photovoltaïque, tous les bâtiments peuvent accueillir une installation, le tarif d'achat de l'électricité permettant de vendre en totalité l'électricité produite, d'autre part, à terme l'autoconsommation collective permettra également d'utiliser au maximum les surfaces de toitures disponibles quitte à vendre le surplus sur le réseau.

5.1.4.1 Hypothèses pour les filières solaires

FILIÈRE	Type de bâtiment ou d'équipement	Source des données	Contrainte réglementaire et orientation des toitures		Cibles technico-économiques		Données socio-économiques		Caractéristique de l'installation	Caractéristique de la production	
			Surface de toiture sans contrainte (orientation, patrimoine)	% du total des surfaces sans contraintes	Cibles privilégiées	Statut d'occupation	Revenu fiscalisé des ménages				
Solaire thermique	Maisons existantes	Le parc des logements - INSEE - 2016	Analyse cartographique par grande catégorie de bâtiment (maison, immeuble, bâtiment industriel, bâtiment commercial, bâtiment agricole, bâtiment sportif).	72,6%	Toutes les maisons, sauf celles raccordées au réseau de chaleur	100,0%	80%	45%	4 m ²	0,46 MWh/an.m ²	
	Maisons neuves	Dynamique de construction			Toutes les maisons, sauf celles raccordées potentiellement à un réseau de chaleur (si existant sur le territoire)	100,0%					
SSC (système solaire combiné)	Maisons existantes hors chauffage au bois, hors chauffage urbain	Le parc des logements - INSEE - 2016			73%	Chauffage au fuel et au gaz propane	19%	80%	34%	13 m ²	0,35 MWh/an.m ²
CESC sur les logements privés	Logements collectifs existants	Le parc des logements - INSEE - 2016			74%	Immeubles chauffés collectivement (fuel, gaz naturel ou gaz propane)	16%	63%		1,0 m ² /lgt	0,50 MWh/an.m ²
	Logements collectifs neufs	Dynamique de construction			93%	Tous les nouveaux immeubles de logements					
CESC sur les logements HLM	Logements HLM existants	Le parc des logements - INSEE - 2016			74%	Immeubles chauffés collectivement (fuel, gaz naturel ou gaz propane)	25%	non pris en compte (les bailleur sociaux investissent pour le compte des locataires)			
CESC hors habitat	Hôtel, maison de retraite, hôpital, crèche, etc. existants	Base permanente des équipements INSEE - 2015			96%	Bâtiments tertiaires existants ayant des besoins d'ECS				Surface de capteurs en fonction du type de bâtiment.	0,50 MWh/an.m ²
	Hôtel, maison de retraite, hôpital, crèche, etc. neufs	Dynamique de construction (fichier Sitadel)			99%	Bâtiments tertiaires neufs ayant des besoins d'ECS					
	Equipements sportifs, culture et loisirs existants	Base permanente des équipements INSEE - 2015			85%	Bâtiments existants ayant des besoins d'ECS					
	Equipements sportifs, culture et loisirs neufs	Dynamique de construction (fichier Sitadel)			94%	Bâtiments neufs ayant des besoins d'ECS					
Agricole (ECS capteurs plans et séc)	Bâtiments agricoles d'élevage et séchage	DISAR	Pour les bâtiments neufs, uniquement du patrimoine en cochant la case.	82%	Tous les bâtiments d'élevage (bovins, ovins, etc.)			8m ² pour l'ECS et 500 m ² pour le séchage			
	Bâtiments agricoles d'élevage	Dynamique de construction (fichier Sitadel)		99%				8 m ²	0,50 MWh/an.m ²		
Clim. Solaire (tertiaire)	Bâtiments tertiaires existants	Base permanente des équipements INSEE - 2015	96%	Santé, action social, hébergement, bâtiments publics.							
	Bâtiments tertiaires neufs	Dynamique de construction (fichier Sitadel)	99%								
Haute T° (industrie)	Les industries alimentaires et de boissons	ND d'établissements actifs par activité en ARR - INSEE - Dynamique de construction (fichier Sitadel)	89%	50% de la cible				60 m ²	0,70 MWh/an.m ²		
	Toutes les industries	Dynamique de construction (fichier Sitadel)		5% de la cible					0,70 MWh/an.m ²		
Chauffage de l'eau des piscines	Piscine et centre aquatique	Ministère de la jeunesse et des sports	Surface >=200	NOM_PAYS =Vallée du Loir	Chauffage_1 <->- Solaire	Chauffage_2 <->- Solaire		230 m ²	0,30 MWh/an.m ²		

FILIERE					Enjeux patrimoniaux		Données socio-économiques			
Photovoltaïque		Type de bâtiment ou d'équipement	Cible en m²	Source des données	Contraintes prises en compte	% du total des surfaces sans contraintes	Statut d'occupation	Revenu fiscalisé des ménages	Puissance crête installée ou % de toiture équipée	Production d'énergies renouvelable (MWh par kWc installé)
Maison individuelle	Maison existante			Le parc des logements - INSEE - 2016	Orientation et patrimoine culturel.	72,6%	80%	34%	3,0 kWc	1,058
	Maison neuve			Dynamique de construction	Patrimoine culturel.	96%				
Bâtiments	Logement collectif et bâtiment tertiaire	3 696 061		BDTopo IGN	Orientation et patrimoine culturel.	74%			40%	1,058
	Logements collectifs neufs et immeubles de bureaux			Dynamique de construction	Patrimoine culturel.	93%			40%	
Equipements sportifs, culture, loisirs	Parc existant : bâtiment sportif et tribunes	53 613		BDTopo IGN	Orientation et patrimoine culturel.	85%			60%	1,058
	Parc neuf : équipements concernant la culture et les loisirs			Dynamique de construction (fichier Sitadel)	Patrimoine culturel.	94%			60%	
Enseignement	Parc neuf : collège, lycée, université, etc.			Dynamique de construction	Patrimoine culturel.	93%			40%	
Grandes toitures (industrielles, stockage)	Parc existant : bâtiment industriels et commerciaux	999 934		BDTopo IGN	Patrimoine culturel.	88,53% et 95,84%			40%	0,999
	Parc neuf : bâtiment industriels et commerciaux			Dynamique de construction (fichier Sitadel)	Patrimoine culturel.	98,6% et 98,7%			40%	
Bâtiments agricoles	Parc existant : bâtiment agricoles	2 440 929		BDTopo IGN	Patrimoine culturel.	82%			50%	1,058
	Parc neuf : bâtiment agricoles et de stockage.			Dynamique de construction (fichier Sitadel)	Patrimoine culturel.	99%			100%	
Ombrières de parking	la surface des ombrières photovoltaïques disponible correspond à la moitié de la surface des bâtiments	114 433		BDTopo IGN					50%	1,116
Centrales photovoltaïques	Carrières Décharges Autoroute Sites et sols pollués			Corine Land Cover CARENE BDTopo IGN BASOL	<input checked="" type="checkbox"/> Enjeu fort pris en compte Enjeux environnementaux		<input checked="" type="checkbox"/> Enjeu réhibitoire pris en compte			1,116

5.1.4.2 Potentiels théoriques pour les filières solaires

Le tableau suivant présente les gisements théoriques du solaire thermique par typologie de bâtiment.

INSTALLATIONS SOLAIRES THERMIQUES									TOTAL
									CHAUFFE-EAU SOLAIRE INDIVIDUEL*
dans l'existant	nombre :	7 532	1 054	63	226	568	0	36	9 479
	surface totale* :	16 567 m ²	32 586 m ²	849 m ²	5 890 m ²	4 542 m ²	0 m ²	2 178 m ²	62 612 m ²
	MWh/an :	7 621	11 405	425	2 945	2 271	0	1 524	26 191 MWh/an
sur le neuf par an	nombre :	250		5	7	10		1	273
	surface totale* :	291 m ²		33 m ²	39 m ²	79 m ²		71 m ²	514 m ²
	MWh/an :	134		16	20	40		50	259 MWh/an

Source : Axceléo

Remarques :

- On considère que l'investissement dans un système solaire combiné (chauffage et production d'eau chaude sanitaire) sera trop important au vu des faibles besoins de chauffage des maisons neuves (répondant à la RT 2012). Le gisement « sur le neuf par an » de ce système est donc nul.

5.1.4.3 Synthèse des gisements théoriques

Le tableau suivant présente les gisements théoriques du photovoltaïque par typologie de bâtiment.

INSTALLATIONS PHOTOVOLTAIQUES								TOTAL
								MAISONS INDIVIDUELLES*
dans l'existant	nombre :	5 691	5 480	55	2 542	35	10	13 812
	surface de modules :	94 844 m ²	1 096 318 m ²	27 488 m ²	1 402 699 m ²	57 217 m ²	1 270 121 m ²	3 948 687 m ²
	MWh/an :	18 054	231 871	5 814	291 971	12 774	283 554	844 038 MWh/an
sur le neuf par an	nombre :	250	5	0	4			260
	surface de modules :	5 002 m ²	550 m ²	115 m ²	8 796 m ²			14 463 m ²
	MWh/an :	793	116	24	1 850			2 784 MWh/an

Remarques :

- Le gisement d'installations solaires sur des ombrières est estimé uniquement pour des parkings existants.
- Les centrales au sol sont indiquées « dans l'existant », car ce sont des installations structurantes réalisées une seule fois d'ici 2030 (et non « par an »).

5.2 BIOMASSE COMBUSTIBLE

Différents types de gisements bois peuvent être sollicités pour la production de combustibles bois énergie :

- des produits forestiers,
- des produits connexes des entreprises de la transformation du bois,
- des bois de rebut propres,
- des refus de compostage,
- des sous-produits de la viticulture (sarments et ceps de vigne),
- des produits de l'élagage des bords de route,
- des produits de l'entretien des haies,
- des produits de l'entretien des parcs & jardins.

À partir de la ressource brute, un certain nombre d'étapes conduisent à la production de combustibles bois énergie sous forme de plaquettes :

- mobilisation du bois (selon la nature de la ressource),
- déchiquetage du bois,
- séchage du bois (selon nature de la ressource, certains gisements proposant du bois déjà sec),
- livraison du bois à la chaufferie.

Le déchiquetage peut être réalisé sur le lieu de la collecte de la ressource ou sur une plate-forme dédiée au séchage et au stockage. Les étapes de déchiquetage et séchage peuvent être interverties.

RESSOURCE ACTUELLE

L'outil ALDO© de l'ADEME estime en toute première approche la récolte théorique sur le territoire pour différents usages (bois d'œuvre, bois d'industrie, bois énergie). La récolte théorique est un calcul de l'ADEME considérant un taux de prélèvement égal à celui de la grande région écologique et une répartition entre usage égale à celui de la région administrative.

Diagnostic sur la récolte de biomasse à usage non alimentaire				
Type de biomasse	Récolte théorique actuelle (m ³ /an)*			
	Pays Fléchois	Sud Sarthe	Loir-Lucé-Bercé	PETR Vallée du Loir
Bois d'œuvre (sciage)	17 392	27 960	12 078	57 430
Bois d'industrie (panneaux, papiers)	7 693	12 224	3 041	22 958
Bois énergie	14 571	24 132	20 073	58 776

* La récolte théorique est un calcul de l'ADEME considérant un taux de prélèvement égal à celui de la grande région écologique et une répartition entre usage égale à celui de la région administrative

Source : ALDO© - ADEME

En prenant un coefficient de 700kg/m³ et 2 900 kWh/tonne, la récolte de bois énergie sur le PETR Vallée du Loir serait en toute première approche de 119 315 MWh.
Pour rappel la consommation de bois est de 141 400 MWh.

METHODOLOGIE POUR EVALUER LA RESSOURCE MOBILISABLE SUPPLEMENTAIRE

La seule évaluation des gisements physiquement présents sur le territoire n'est pas suffisante : il est nécessaire de considérer la part de ces gisements qui ne peut pas être prélevée pour des raisons techniques et environnementales, et enfin la part qui est déjà prélevée pour d'autres usages. C'est pourquoi trois niveaux de gisements sont généralement étudiés.

La figure suivante présente la définition des différents gisements évalués.

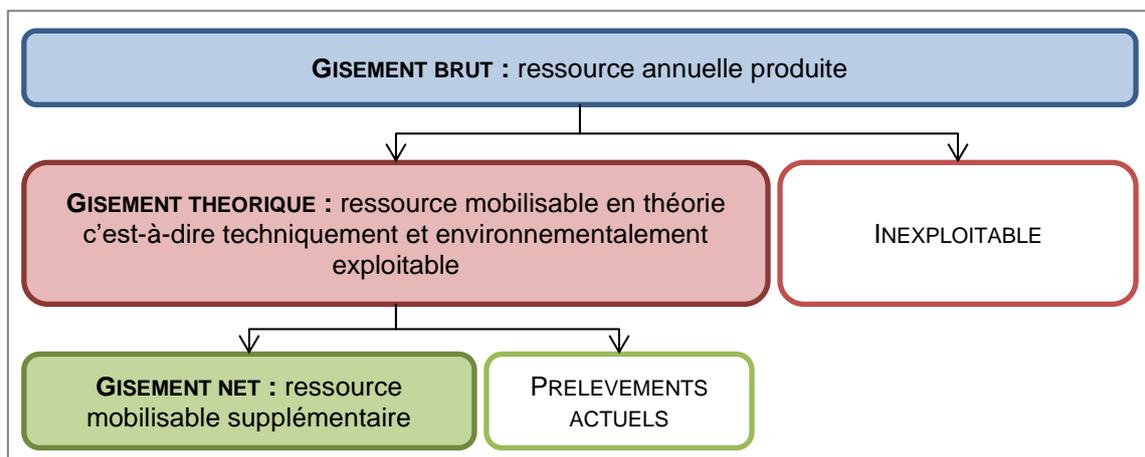


Figure 2 : Définition des différents gisements

Remarque : en l'absence d'une étude poussée sur les gisements mobilisables à l'échelle du territoire, nous avons utilisé les données de l'étude *Disponibilités en bois d'origine forestière à l'horizon 2035 – ADEME février 2016* sur l'évaluation de la biomasse supplémentaire disponible pour l'énergie à l'horizon 2035. Les données étant disponible à l'échelle de la région, une règle de trois a été effectuée sur les superficies de forêts.

5.2.1 RESSOURCES FORESTIERES

LA FORET SUR LE TERRITOIRE

Au total la forêt occupe 22% du territoire, ce sont les forêt de feuillus qui sont le plus représentées avec 16 158 hectares.

Occupation du territoire (ha)	Vallée du Loir	
Territoires artificialisés	5 564	4%
Territoires agricoles	103 690	73%
Forêts	31 961	22%
Milieux semi-naturels	757	1%
Zones humides	0	0%
Surfaces en eau	745	1%

Source : Corine Land Cover 2016

RESSOURCE MOBILISABLE SUPPLEMENTAIRE

A partir des données de l'étude sur la *Disponibilités en bois d'origine forestière à l'horizon 2035* et en appliquant une règle de trois sur les superficies de forêt entre la région et le territoire on obtient :

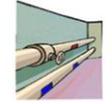
- Une disponibilité supplémentaire pour le bois énergie de 8 099 tonnes dans le cadre d'une scénario tendanciel d'exploitation du bois, soit 31 588 MWh supplémentaires.
- Une disponibilité supplémentaire pour le bois énergie de 20 002 tonnes accessible dans le cadre d'un scénario ou l'ensemble de la filière (bois d'œuvre, bois industrie) se développe beaucoup plus, soit 78 008 MWh supplémentaire.

En toute logique, on retiendra la disponibilité haute pour estimer en 2030 la part du bois énergie consommée par rapport à la ressource sur le territoire.

5.2.2 HYPOTHESES POUR LA FILIERE BIOMASSE COMBUSTIBLE

FILIERE Bois énergie Chaudières automatiques	Type de bâtiment ou d'équipement	Source des données	Contraintes techniques		Cibles technico-économiques		Données socio-économiques		Caractéristique de l'installation	Caratéristique de la producion
			Contraintes prises en compte	% de la cible retenu <input checked="" type="checkbox"/>	Cibles privilégiées <input checked="" type="checkbox"/>	Statut d'occupation <input checked="" type="checkbox"/>	Revenu fiscalisé des ménage: <input checked="" type="checkbox"/>			
Chaudière automatique	Maisons existantes <u>hors celles déjà chauffées au bois et reliées au réseau de chaleur</u>	Le parc des logements - INSEE - 2016	Maison > 100m ² au sol (analyse cartographique)	45%	Les maisons chauffées au fuel et au gaz	19%	80%	34%	5 kW	13 MWh/an
Chaudière collective (immeubles logts)	Logements collectifs <u>hors ceux raccordés au réseau de chaleur</u>	Le parc des logements - INSEE - 2016	Accessibilité, silo, implantation de la chaudière.	50%	Immeuble : chauffage collectif au fuel et au gaz propane.	3%				6 MWh/an
Chaudières collectives (tertiaire)	Bâtiments existants	Base permanente des équipements INSEE - 2015	Accessibilité, silo, implantation de la chaudière.	30%	Enseignement, santé, bâtiments publics, etc.					Basée sur les conso. prévisionnelles en fonction du type de bâtiment.
	Bâtiments neufs	Dynamique de construction (fichier Sitadel)	Accessibilité, contrainte des immeubles à proximité (cheminée).	50%	Enseignement, santé, bâtiments publics, etc.					Basée sur la RT2012 en fonction du type de bâtiment.
Chaudières dans l'industrie		Nb d'établissements actifs par activité en A88 - INSEE - 2016			TRI <2 ans	10%			500 kW	2 200 h
Chaudière secteur agricole	Bâtiments agricoles	DISAR			Uniquement les exploitations ayant des besoins de chaleur.	49%				
Réseaux de chaleur	Groupement de bâtiments	Base de données des équipements géolocalisés de l'INSEE			24 équipements retenus sur les 182 pour être éligible à un réseau de chaleur				250 kW	4 000 h
Poêles et inserts performants	Maisons existantes.	Le parc des logements - INSEE - 2016	Création d'un conduit, intégration d'un insert. Autres contraintes	70%	Les poêles et foyers ouverts existants. Les maisons non équipées.				6 kW	8 MWh/an
	Maisons neuves	PLH : 260 maisons		100%	Toutes les maisons				2 kW	2 MWh/an
Micro-cogénération bois (tertiaire)	Bâtiments existants	Base permanente des équipements INSEE - 2015	Accessibilité, silo, implantation de la chaudière.	30%	Enseignement, santé, bâtiments publics, etc.					Basée sur les caractéristiques des typologies de bâtiment (social, santé, etc.)
	Bâtiments neufs	Dynamique de construction (fichier Sitadel)	Accessibilité, contrainte des immeubles à proximité (cheminée).	50%	Enseignement, santé, bâtiments publics, etc.					Basée sur la RT2012 en fonction du type de bâtiment.
Micro-cogénération bois (individuelle)	Maisons existantes	Le parc des logements - INSEE - 2016	Taille de l'installation, raccordement au réseau.	30%			80%	34%		20 MWh/an
	Maisons neuves	Dynamique de construction		100%	Toutes les maisons neuves.					3 MWh/an
Poêles bouilleurs (ECS + chauffage)	Maisons existantes	Le parc des logements - INSEE					80%	34%	8 kW	20 MWh/an

5.2.3 POTENTIELS THEORIQUES POUR LA FILIERE BIOMASSE COMBUSTIBLE

CHAUDIÈRES AUTOMATIQUES AU BOIS ET RESEAU DE CHALEUR								TOTAL HORS COGENERATION
								CHAUDIÈRE AUTOMATIQUE COLLECTIVE DANS L'HABITAT
dans l'existant	nombre : MWh/an :	7 573	92 1 671	92 1 671	435 27 577	11 22 400	36 36 000	582 88 221 MWh/an
sur le neuf par an	nombre : MWh/an :	8 117	9 157	9 157	14 6			30 281 MWh/an

INSTALLATIONS DE CHAUFFAGE AU BOIS						MICRO-COGENERATION BOIS INDIVIDUELLE	TOTAL HORS COGENERATION
							RENOUVELLEMENT POELES ET INSERTS PERFORMANTS*
dans l'existant	nombre : MWh/an :	14 933 124 417	9 658 104 458	653 10 077	653 10 077	653 9 424	25 244 238 952 MWh/an
sur le neuf par an	nombre : MWh/an :		260 724			260 724	260 724 MWh/an

Nous n'avons pas additionné les gisements nets des poêles bouilleurs ou de la micro-cogénération au bois, en effet un particulier installera soit un poêle traditionnel, soit un poêle bouilleur ou encore soit une chaudière automatique ou soit une micro-cogénération.

PRODUCTION D'ELECTRICITE PAR COGENERATION		Micro-cogénération dans l'habitat	Micro-cogénération dans le tertiaire	Valorisation des déchets ou de la biomasse	TOTAL
potentiel global	Nb de machines Puissance (MW) Production (MWh/an)	2 394 3 11 516	92 0 278	0 0 0	2 486 3 11 795

5.3 FILIERE METHANISATION

La digestion anaérobie, également appelée méthanisation, est la décomposition biologique de matières organiques par une activité microbienne naturelle ou contrôlée, en l'absence d'oxygène. Ce procédé conduit à la production de biogaz.

La formation de biogaz est un phénomène naturel que l'on peut observer par exemple dans les marais. Elle apparaît également dans les décharges contenant des déchets organiques.

Les déchets organiques pouvant être valorisés en méthanisation proviennent de différents types de producteurs :

- Les déchets organiques des **exploitations agricoles** sont principalement des effluents d'élevage (lisiers, fumiers) ainsi que des résidus de cultures (pailles de céréales ou d'oléagineux, cannes de maïs). Il est également possible de dédier certaines parcelles à l'exploitation de cultures.
- Les déchets organiques des **industries agroalimentaires** sont de natures très variées. Par exemple, une industrie de préparation de viande produira des graisses de cuisson, des sous-produits animaux, ainsi que des effluents. Une usine de fabrication de lait produira du lactosérum et des effluents, etc. L'industrie peut également être amenée à produire des boues et graisses si elle dispose d'une station d'épuration des effluents sur son site.
- Les **ménages et collectivités locales** produisent également des déchets organiques de types variés : biodéchets des ménages et des grandes surfaces, boues issues de stations d'épuration, huiles alimentaires usagées produites par la restauration, etc.

La méthanisation consiste à stocker ces déchets dans une cuve hermétique appelée « digesteur » ou « méthaniseur », dans laquelle ils seront soumis à l'action des bactéries, en l'absence d'oxygène. La fermentation des matières organiques peut durer de deux semaines à un mois, en fonction de plusieurs paramètres dont la température de chauffage du mélange⁵.

La méthanisation des ressources organiques permet de produire :

- Du **biogaz** : composé majoritairement de méthane (de l'ordre de 60 à 80%) et de dioxyde de carbone (20 à 40%) ; il contient également des « éléments traces » (hydrogène sulfuré, ammoniac, etc.). Le débit de production et la qualité du biogaz dépendent de la qualité en matière organique et du type de déchet traité. Le biogaz peut être valorisé par combustion sous chaudière, cogénération, comme carburant après épuration, ou encore être injecté sur le réseau de gaz naturel après épuration.
- Un **digestat** : fraction organique résiduelle de la méthanisation. Il a une valeur fertilisante et amendante. Il peut subir une séparation de phase solide / liquide. La fraction liquide peut être utilisée en engrais, et la fraction solide en compost.

⁵ La flore bactérienne indispensable à la méthanisation est influencée par le pH et la température du milieu de réaction, ainsi que son potentiel d'oxydoréduction. La quantité de biogaz produite et sa teneur en méthane dépendent de la teneur en matières organiques, de la nature et granulométrie de ces matières ainsi que de la technique de brassage du mélange.

La figure suivante met en évidence les différentes étapes de la méthanisation, de la collecte des déchets à la valorisation de l'énergie produite.

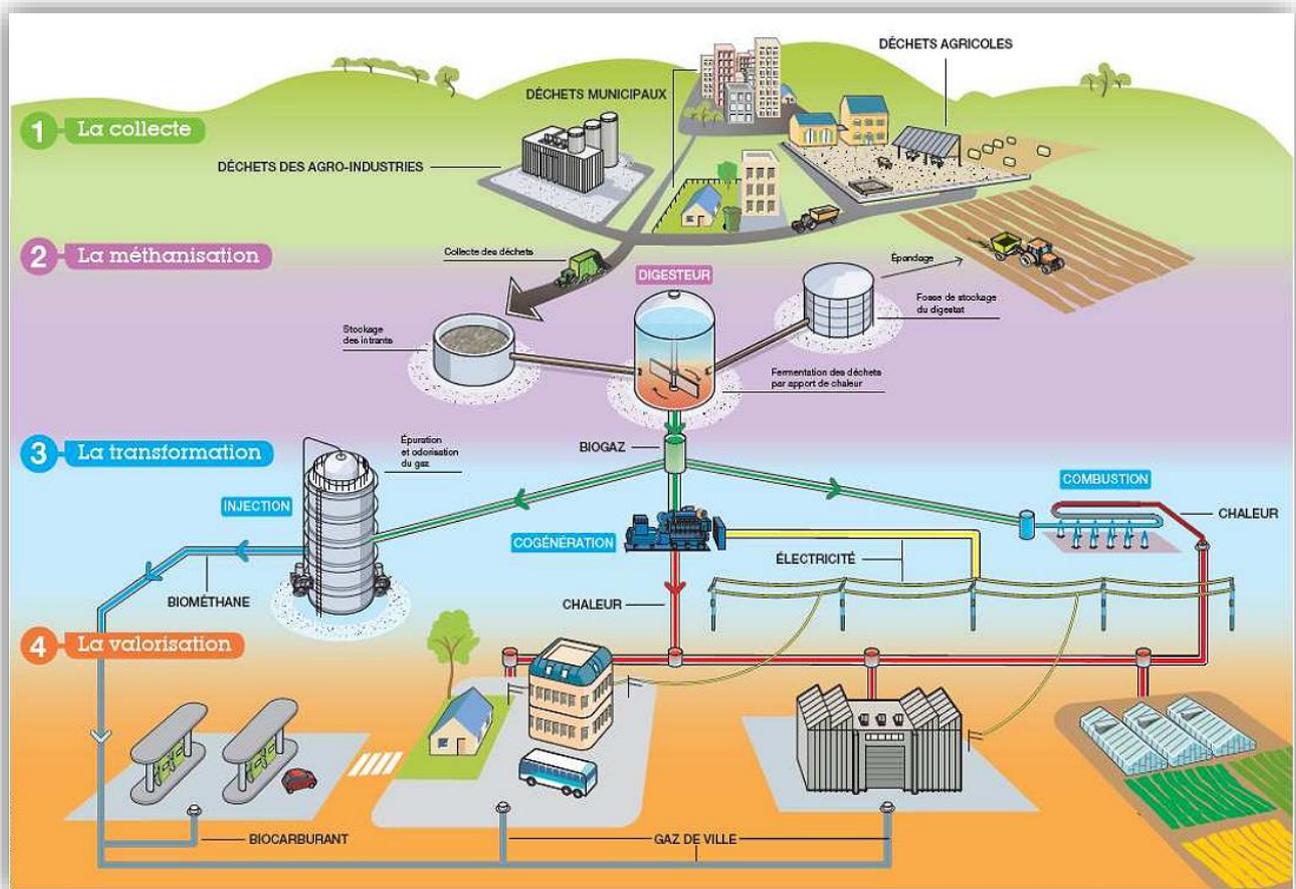


Figure 3 : Les étapes de la méthanisation (Ministère de l'Écologie, du Développement Durable, des Transports et du Logement)

5.3.1 POTENTIELS THEORIQUES

Plusieurs sources nous permettent d'appréhender le potentiel théorique de méthanisation sur le territoire, nous les présentons ci-dessous :

- GRDF a estimé le potentiel à 406 000 MWh sur la base de l'étude ADEME 100% gaz renouvelable en 2050,
- En 2014, une étude du conseil général de la Sarthe menée par Akajoule présente un gisement théorique de 154 360 MWh

Axcéléo estime également les gisements en toute première approche (460 578 MWh) sur la base de données statistiques (par exemple les surfaces cultivées, le nombre de tête par typologie d'exploitation agricole, etc.) ainsi que des ratios pour évaluer les ressources théoriques de chaque gisement.

Type de ressource	Gisement total [t Matière Brute]	Gisement mobilisable [t Matière Brute]	Gisement mobilisable [t Matière Organique]	Production de méthane [Nm ³ CH ₄]	Energie primaire [MWh]	Production d'électricité [MWh]	Production de chaleur [MWh]
Effluents d'élevages	1 042 781	571 304	117 451	26 421 594	262 631	97 173	115 557
Résidus de culture	336 254	105 707	78 348	18 461 476	183 507	67 898	80 743
Issues de silos	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc
Déchets des IAA	1 760	1 408	563	259 072	2 575	953	1 133
Boues de STEP		21 411	786	209 130	2 079	769	915
Graisses de STEP	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc
Biodéchets des ordures ménagères et déchets verts	3 004	3 004	927	285 627	2 839	1 050	1 249
Déchets verts	8 526	8 526	2 194	688 972	6 848	2 534	3 013
Huiles alimentaires usagées	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc
Biodéchets de la restauration (<i>hors HAU</i>)	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc
Biodéchets des grandes et moyennes surfaces	141	104	32	9 907	98	36	43
TOTAL	1 392 466	711 464	200 302	46 335 776	460 578	170 414	202 654

Source : Axenne sur la base des données DISAR, INSEE, Plan départemental des déchets

Il y a actuellement un projet en réflexion sur la commune de Loir-en-Vallée avec 8 à 10 exploitations agricoles et un tonnage estimatif de 1 à 15 000 tonnes/an (effluents agricoles + biodéchets collectivités). La production attendue serait de 9GWh/an injecté dans le réseau.

Le tableau ci-dessous présente les potentiels **théoriques** mobilisables si l'on conserve 10% du gisement pour des projets en cogénération et 90% pour de l'injection dans le réseau de gaz naturel :

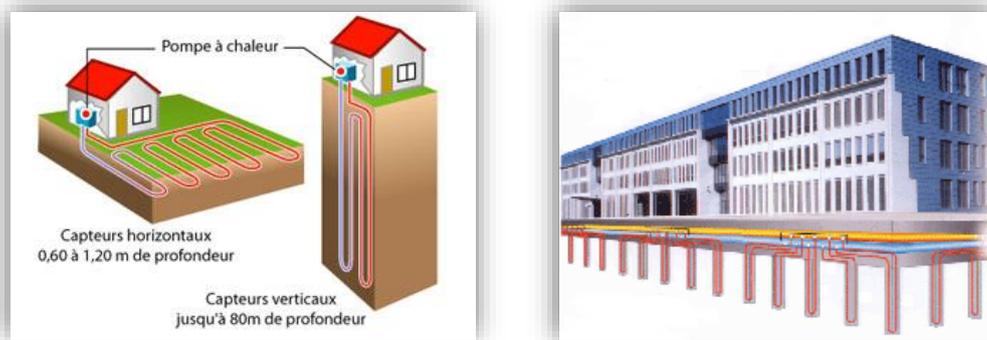
INSTALLATION DE METHANISATION		 Méthanisation	 Injection	TOTAL
potentiel global	Thermique MWh/an :	11 556		11 556
	Electrique MWh/an :	9 717		9 717
	Biométhane :		434 315	434 315
				455 588

5.4 FILIERE GEOTHERMIE

5.4.1 RESSOURCES BRUTS

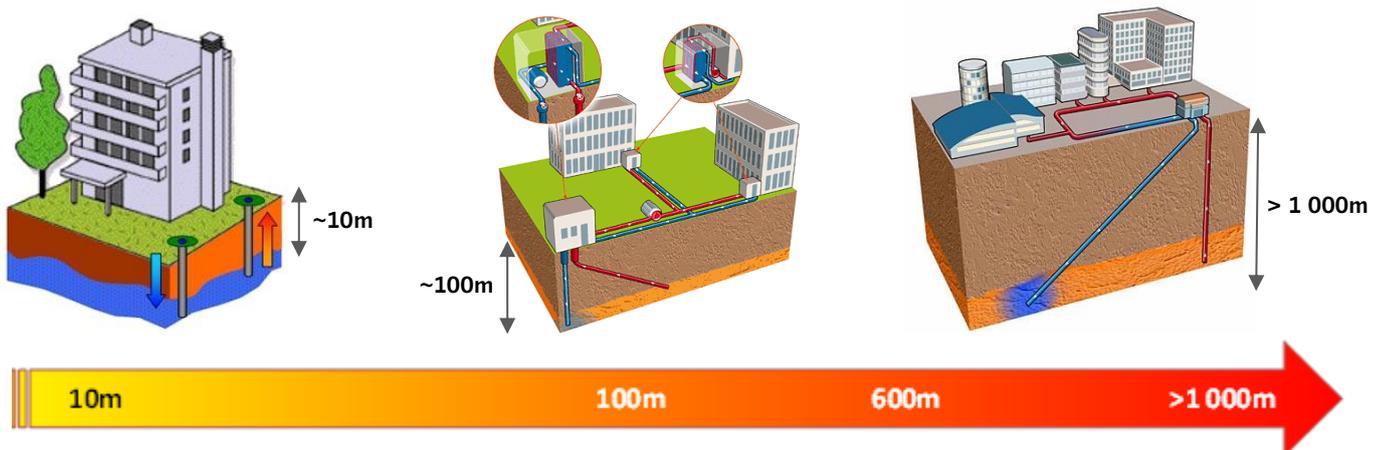
La géothermie est l'exploitation de la chaleur du sous-sol. Elle peut se faire à travers deux types d'installations :

- les calories sont puisées dans le sol par le biais de sondes géothermiques,



Les températures accessibles sont inférieures à 30°C, il s'agit de géothermie **très basse énergie** faisant appel à des pompes à chaleur.

- les calories sont puisées dans une nappe aquifère par le biais d'un ou plusieurs forages (on parle souvent de doublet géothermique, avec un forage d'extraction et un forage de réinjection).



Les ressources accessibles en dessous de 600m ont généralement une température inférieure à 30°C, il s'agit de géothermie très basse énergie.

Au-delà de 600m les températures atteignent généralement entre 30° et 90°C, il s'agit de géothermie basse énergie.

Sur le territoire les projets envisageables feront appels à la géothermie très basse énergie.

5.4.2 POMPES A CHALEUR SUR CAPTEURS HORIZONTAUX

La conductivité thermique d'un terrain varie suivant deux paramètres principaux : son humidité et sa texture. En effet, plus un sol est humide et plus sa texture est fine, meilleure sera sa conductivité thermique.

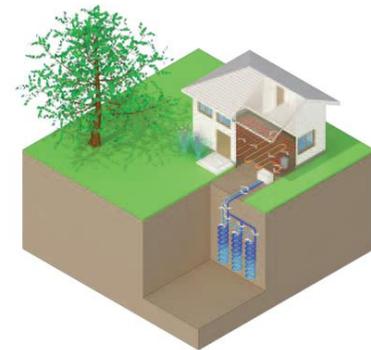


Capteurs horizontaux
© geothermie-perspectives.fr, ADEME-BRGM

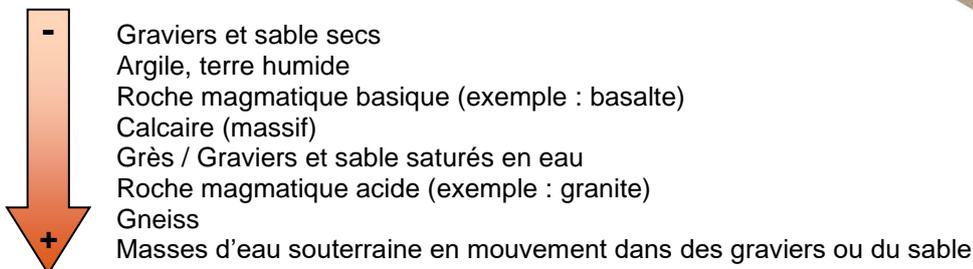
Remarque : les pompes à chaleur géothermiques sur capteurs horizontaux nécessitent de disposer d'une surface de terrain suffisante pour les capteurs. En moyenne, on estime la surface nécessaire de capteurs à 1,5 à 2 fois la surface habitable à chauffer. Ainsi, le chauffage d'une habitation de 150 m² nécessitera entre 225 et 300 m² de jardin utilisable. Ce type d'équipement est donc a priori réservé aux maisons individuelles neuves : il paraît plus difficile de décaisser un terrain sur lequel on peut trouver des arbres, un jardin, etc. Cependant, les investissements à consentir pour ce type de chauffage ne sont plus justifiés au regard des faibles besoins de chauffage des maisons neuves. Ce type d'installation ne sera donc pas traité ici.

5.4.3 POMPES A CHALEUR SUR CAPTEURS VERTICAUX

La géothermie sur capteurs verticaux (ou géothermie sur sondes) consiste à capter les calories dans le sol. La température exploitée est inférieure à 30°C (généralement comprise entre 9 et 15°C). Pour exploiter cette gamme de températures, il est nécessaire de recourir à l'utilisation de pompes à chaleur (PAC).



L'intérêt de l'opération dépend essentiellement de la conductivité thermique des terrains traversés. Celle-ci varie selon l'humidité et la texture du terrain. La figure ci-dessous montre la variation de la conductivité thermique en fonction du type de sous-sol :



En revanche, la présence de cavités (notamment les vides karstiques) peut abaisser la performance des installations, la conductivité thermique de l'air étant plus faible que celle des terrains traversés.

Sur le département de la Sarthe, le BRGM n'a pas réalisé de cartographie du potentiel pour les projets sur sonde.

Au-delà du potentiel qui définit la capacité à extraire des calories du sol, il faut également s'intéresser à la réglementation sur la géothermie de minime importance (GMI). Cette réglementation définit un zonage sur les possibilités réglementaires d'exploiter un gisement géothermique. Sur le territoire **il est possible de réaliser ce type d'installation n'importe où sur le territoire dans les zones en vert sur la carte à la page suivante**. Les zones en orange stipulent la présence d'une contrainte (présence de cavités, zone d'évaporites, etc.) qu'il faut lever par une étude avant de réaliser un projet.

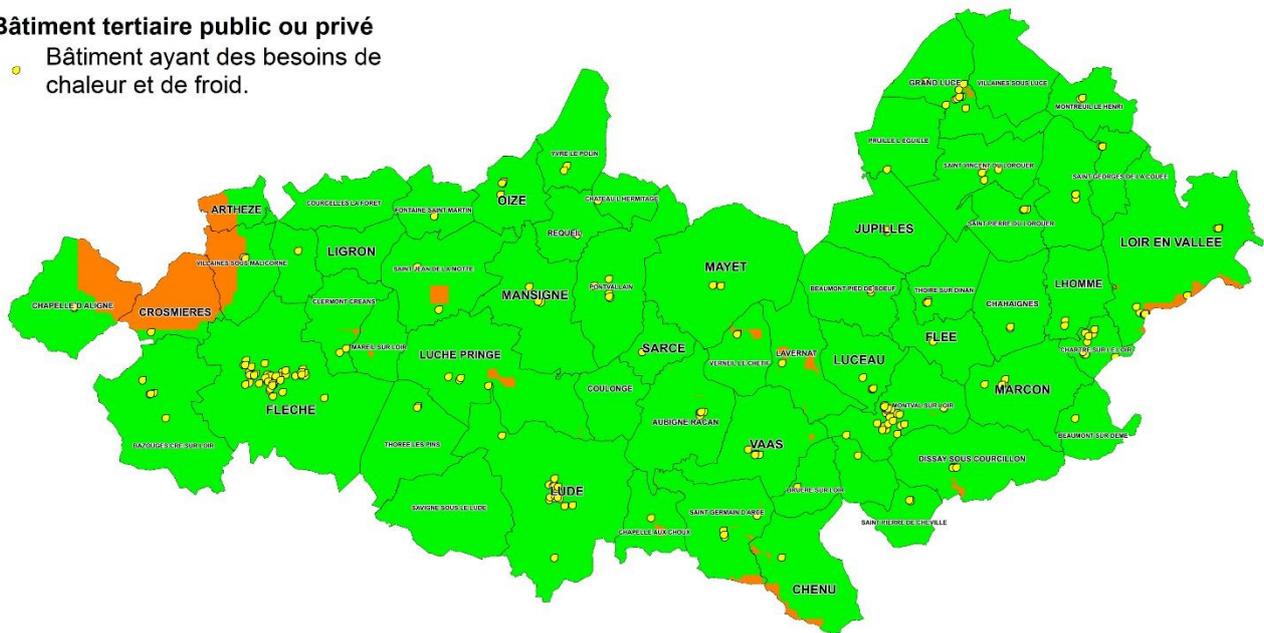
La carte suivante présente des contraintes non rédhibitoires en orange, mais nécessitant un avis d'expert de par la présence d'évaporite, parfois de cavités minières et plus rarement de mouvement de terrain.

Réglementation sur la géothermie de minime importance (GMI) sur sonde
50m de profondeur

- GMI autorisée
- GMI autorisée avec avis d'expert
- GMI interdite

Bâtiment tertiaire public ou privé

- Bâtiment ayant des besoins de chaleur et de froid.



Sources : Base de données des équipements géolocalisés de l'INSEE - 2017 (traitement Axenne), BRGM - géothermie perspective

Axenne©

Carte réglementaire pour la réalisation de projet de minime importance sur sonde – source BGRM

La quasi-totalité du territoire se prête à la géothermie, seules quelques zones du fait notamment de mouvements de terrain et de cavités sont éligibles avec avis d'expert (plus d'information sur <http://www.geothermie-perspectives.fr/cartographie?mapid=35>).

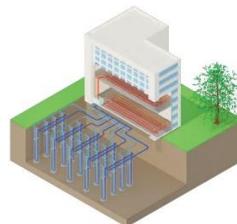
Sur un bâtiment neuf, il est très simple d'intégrer les sondes dans les fondations ou sur le terrain de l'immeuble, pour une maison existante, on va privilégier des capteurs sur sondes à la verticale plutôt qu'à l'horizontale (de nombreuses contre-références existent avec des capteurs qui n'ont pas été enterrés suffisamment profonds).



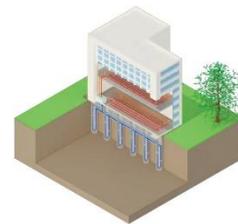
Sondes verticales



Echangeurs compacts



Champ de sondes



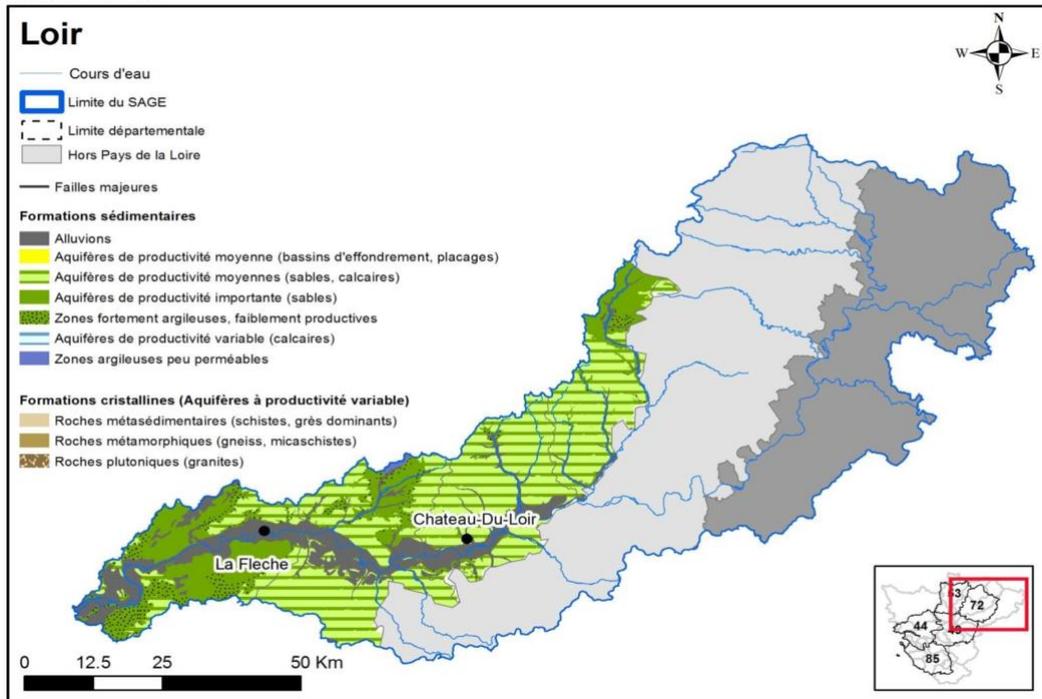
Fondations thermoactives

© geothermie-perspectives.fr, ADEME-BRGM

5.4.1 POMPES A CHALEUR SUR NAPPE

Sur le département de la Sarthe, le BRGM n'a pas réalisé de cartographie du potentiel pour les projets sur nappe. Par contre, la synthèse hydrogéologique des Pays-de-la-Loire réalisée par le BRGM en 2014 fournit une carte de potentialité des aquifères sur le sud du territoire du PETR.

AQUIFERES



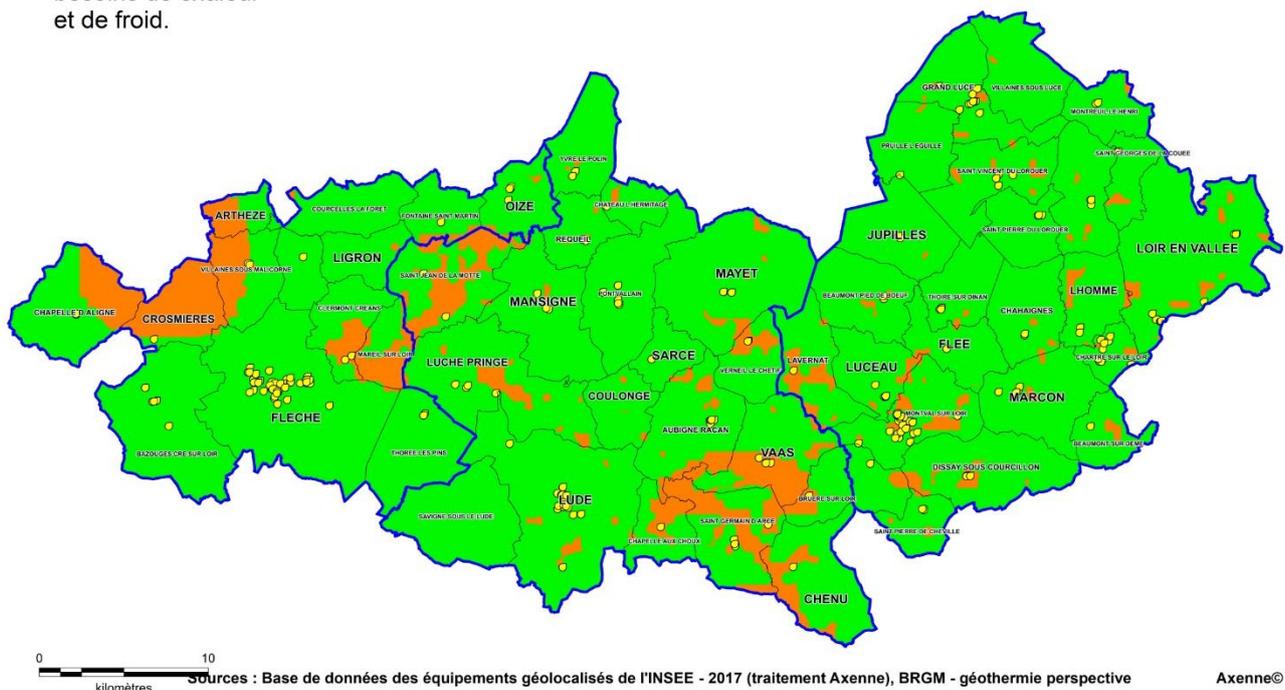
La carte sur la réglementation de minime importance pour les projets sur nappe est un peu plus restrictive que celle sur les sondes.

Réglementation sur la géothermie de minime importance (GMI) sur nappe

- GMI autorisée avec avis d'expert
- GMI autorisée

Bâtiment tertiaire public ou privé

- Bâtiment ayant des besoins de chaleur et de froid.



Carte réglementaire pour la réalisation de projet de minime importance sur la nappe – source BGRM

5.4.1 HYPOTHESES POUR LA FILIERE GEOTHERMIE

FILIERE Géothermie		Type de bâtiment ou d'équipement	Source des données	Contraintes réglementaires	Sur sonde	Sur nappe	Contraintes techn. % lié à la difficulté technique (forage, etc.)	Cibles technico-économiques	Données socio-économiques		Production d'énergie renouvelable		
					% de la cible retenu <input checked="" type="checkbox"/>	% de la cible retenu <input checked="" type="checkbox"/>		Cibles privilégiées <input checked="" type="checkbox"/>	Statut d'occupation <input checked="" type="checkbox"/>	Revenu fiscalisé des ménages <input checked="" type="checkbox"/>			
Géothermie sur sonde dans l'habitat		Maisons existantes hors chauffage au bois	Le parc des logements - INSEE - 2016	Réglementation relative à la géothermie de minime importance. Si la contrainte n'est pas prise en compte (cases décochées) les zones éligibles ET éligibles avec avis d'expert sont prises en compte. Sinon, seules les zones éligibles sont prises en compte	89%	89%	70%	Chauffage au fuel et au gaz propane.	19%	80%	34%	9 MWh/an	
Géothermie sur nappe pour les immeubles de logements		Logements collectifs existants hors chauffage urbain et autres moyens	Le parc des logements - INSEE - 2016		50%	89%	70%	Chauffage collectif au fuel et au gaz. 8 lgts de 70 m²	21%				4 MWh
Géothermie sur sondes ou nappe pour les immeubles de logements		Logements collectifs neufs	Dynamique de construction		89%	89%		Tous les immeubles. 8 lgts de 70 m² en moyenne					1 MWh
Géothermie sur nappe		Bâtiment tertiaire existant	Base permanente des équipements INSEE - 2015		50%	89%	70%	Santé, action social, hébergement, bâtiments publics.					hypothèse individuelle en fonction du type de bâtiment (source CEREN, Axenne)
					50%	95%	80%	Equipements sportifs, culture et loisirs					
Géothermie sur sondes ou nappe		Bâtiment tertiaire neuf	Dynamique de construction (fichier Sitaldel)		89%	89%		Santé, action social, hébergement, bâtiments publics.					Basée sur la RT2012 en fonction du type de bâtiment.
				95%	95%		Equipements sportifs, culture et loisirs						
Bâtiments industriels		Bâtiments existants	Nb d'établissements		92%	92%	100%	Industrie alimentaire et des boissons					
Réseau de chaleur géothermique		Groupement de bâtiments			100%			Immeubles résidentiels et tertiaires (idem géothermie sur nappe)					

5.4.2 POTENTIELS THEORIQUES POUR LA FILIERE GEOTHERMIE

INSTALLATIONS GEOTHERMIQUES							TOTAL
dans l'existant	nombre : MWh/an* : 9 755	901 3 809	61 3 809	132 4 659	76 28 345	18 5 400	1 188 51 968 MWh/an
sur le neuf par an	nombre : MWh/an* : 482	231 78	7 78	16 216			254 777 MWh/an

5.5 FILIERE AEROTHERMIE

5.5.1 GISEMENTS BRUTS

L'aérothermie regroupe les systèmes de production de chaleur, d'eau chaude sanitaire et de climatisation à partir des calories prélevées dans l'air. Ces systèmes font le plus souvent appel à des pompes à chaleur qui récupèrent les calories de l'air extérieur pour produire de l'énergie. Ils sont toutefois intégrés au bilan des énergies renouvelables conformément à la directive européenne et à sa transposition française avec les conditions suivantes :

- seule la part de production d'énergie renouvelable est comptabilisée,
- seules les PAC ayant un COP supérieur à 2,57 sont prises en compte,
- seule la chaleur renouvelable est comptabilisée, le froid produit en climatisation n'est pas comptabilisé comme énergie renouvelable.

Il n'y a que peu de contraintes à l'installation des systèmes utilisant des pompes à chaleur (air/air et air/eau).

Par contre, ils présentent plusieurs inconvénients :

- L'impact sur le réseau électrique n'est pas neutre aussi bien en hiver qu'en été puisque la plupart du temps ces systèmes sont également utilisés pour la climatisation des locaux.
- Les modules placés à l'extérieur des bâtiments ou des maisons sont générateurs de bruit.
- L'intégration architecturale de ce module peut, en outre, poser des problèmes dans des secteurs protégés au titre du patrimoine culturel.
- Le Coefficient de Performance (COP) qui représente la performance énergétique de la pompe à chaleur fonctionnant en mode chauffage est donné pour une température extérieure de 7°C. Plus le milieu est froid et plus l'efficacité énergétique de la PAC diminue.

Par exemple, une pompe à chaleur présentant un COP de 4 par 7°C extérieur verra son COP chuter à 3,2 à 0°C, et 2,8 à -5°C. Pour une même fourniture de chaleur, l'électricité consommée sera d'autant plus importante.

5.5.2 POTENTIELS THEORIQUES DE LA FILIERE AEROTHERMIE

Le tableau suivant présente les gisements théoriques de l'aérothermie par typologie de bâtiment.

INSTALLATIONS AEROTHERMIQUES (AIR/AIR et AIR/EAU)					TOTAL
dans l'existant	nombre : MWh/an : 28 660	Maison 5 258 28 660	Immeuble 46 1 354	Immeubles tertiaires 322 8 944	5 627 38 958 MWh/an
sur le neuf par an	nombre : MWh/an : 362	260 362	8 58	36 150	304 571 MWh/an

5.6 FILIERE RECUPERATION DE CHALEUR

L'énergie fatale est une production de chaleur dérivée d'un site de production qui n'en constitue pas l'objet premier, et qui, de ce fait, n'est pas nécessairement récupérée. Les sources de chaleur fatale sont très diversifiées. Il peut s'agir de sites de production d'énergie (les centrales nucléaires), de sites de production industrielle, de bâtiments tertiaires d'autant plus émetteurs de chaleur qu'ils en sont fortement consommateurs, comme les hôpitaux, les réseaux de transport en lieu fermé, ou encore les sites d'élimination comme les unités d'incinération de déchets.

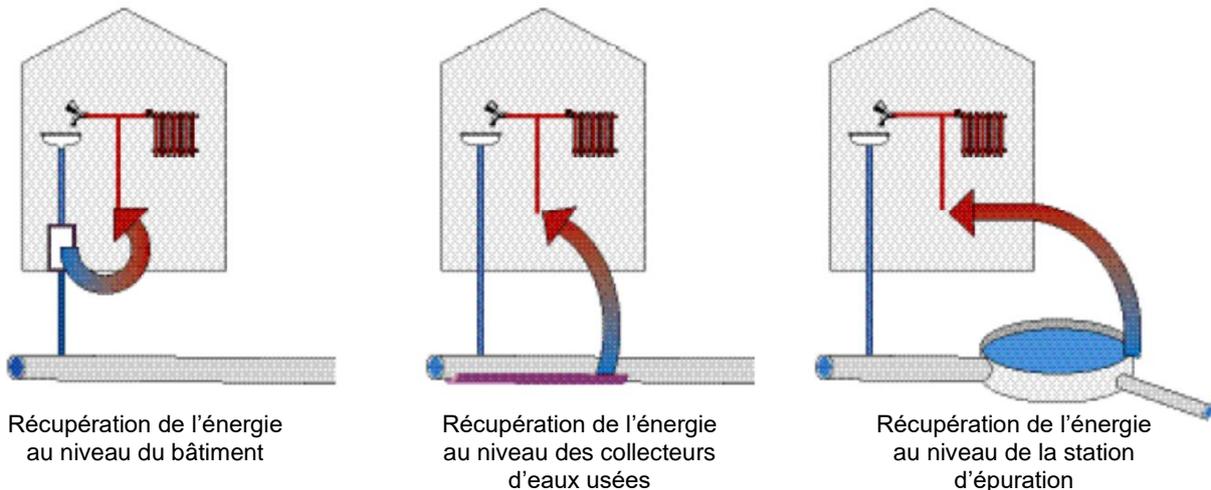
(Source : Programmation Pluriannuelle des Investissements Chaleur).

5.6.1 VALORISATION DES EAUX USEES

5.6.1.1 Technologie

La température des eaux usées oscille entre 10°C et 20°C toute l'année. En hiver, les eaux usées sont plus chaudes que l'air extérieur, constituant ainsi une source de chaleur. Le cas inverse se produit en été ; les bâtiments peuvent être rafraîchis grâce aux eaux usées.

La récupération de chaleur (ou de froid) se fait de manière simple : un fluide caloporteur capte l'énergie des eaux usées par l'intermédiaire d'un échangeur de chaleur, et conduit les calories vers une pompe à chaleur qui va élever (ou abaisser) la température de l'eau chauffant (ou refroidissant) les bâtiments. L'énergie peut être récupérée à différents niveaux : au niveau du bâtiment, au niveau de la station d'épuration, ou au niveau des collecteurs d'eaux usées.



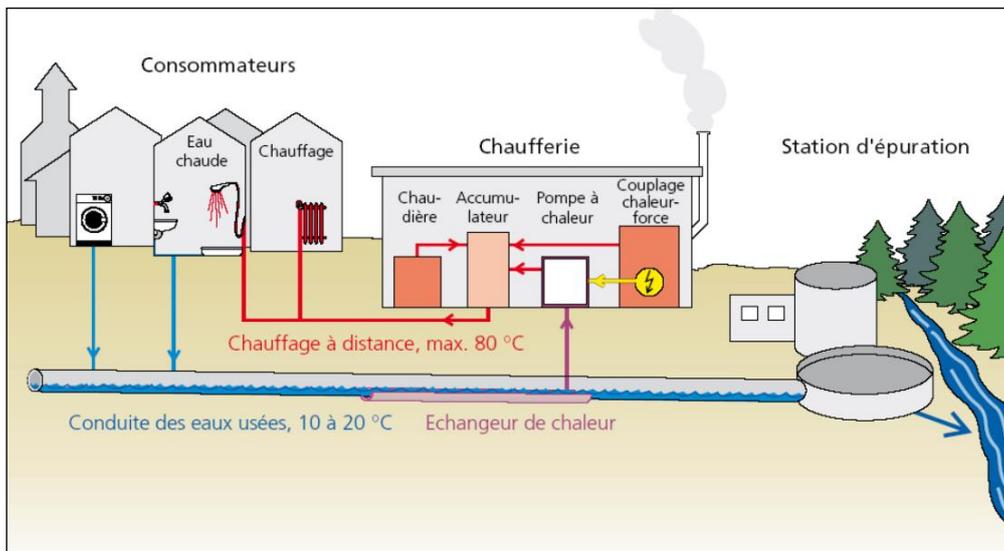
Récupération de l'énergie des eaux usées (Gestion et services publics, Suisse)

5.6.1.2 Récupération de l'énergie des eaux usées au niveau des collecteurs

PRESENTATION

Le chauffage collectif des bâtiments peut se faire de manière centralisée ou décentralisée. Dans le premier cas, la chaleur est produite au sein d'une unique chaufferie puis l'eau est acheminée à haute température vers les lieux de consommation via des canalisations isolées. Ce système est idéal lorsque les consommateurs sont proches les uns des autres.

Dans le cas d'un système décentralisé, l'eau est acheminée à basse température (entre 7 et 17°C) vers les chaufferies présentes dans chaque bâtiment. Cette solution présente l'avantage d'utiliser des canalisations non isolées et donc meilleur marché, ainsi que de réduire les pertes de chaleur. Elle est adaptée dans le cas de consommateurs éloignés de la source de captage de l'énergie. En revanche, les coûts d'installation et de maintenance de plusieurs chaufferies seront plus importants.

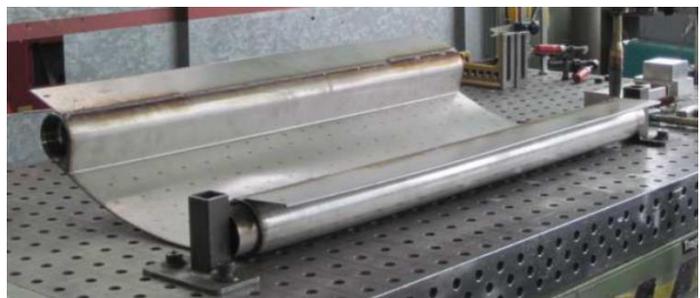


Principe de fonctionnement de la récupération de chaleur des eaux usées sur les canalisations (Susanne Staubli)



Dans le cas d'un réseau d'assainissement neuf ou lors d'une rénovation de tronçons, les échangeurs de chaleur peuvent être intégrés à la canalisation. Dans le cas inverse, les systèmes sont réalisés au cas par cas et déposés au fond des canalisations. Cependant, la mise en place de ce système, qui est aisée pour des constructions nouvelles, sera difficile et chère pour des canalisations anciennes et de petits diamètres.

Canalisation préfabriquée avec échangeur de chaleur intégré (Guide pour les maîtres d'ouvrages et les communes, OFEN)



Échangeur installé dans un ovoïde existant (Rabtherm), échangeur pour collecteur existant (Uhrig) (Lyonnaise des eaux)

PERFORMANCE DU SYSTEME ET ECONOMIES D'ENERGIE

La performance du système est conditionnée par le système de chauffage des bâtiments alimentés (haute ou basse température), le débit des eaux, leur température et la configuration du réseau des eaux usées. Suez Environnement indique une diminution de 30 à 60% de la consommation d'énergie non renouvelable grâce au système Degrés Bleus.

Le système de chauffage influence la performance de la pompe à chaleur, le COP. Celui-ci dépend de la différence entre la température de condensation et la température d'évaporation du fluide frigorigène. Les meilleurs COP sont obtenus avec de faibles différences de température. Un réseau d'eau chaude basse température est donc préférable pour obtenir une bonne performance du système.

Selon le bureau d'études BPR-Europe, la performance varie de 2 à 5 kW de puissance de chauffage/m² d'échangeur à chaleur, soit 1,8 à 8,4 kW par mètre linéaire d'échangeur. La longueur de l'échangeur est généralement comprise entre 40 et 80 m.

CONDITIONS DE MISE EN ŒUVRE

La mise en œuvre de la récupération de chaleur sur eaux usées nécessite que certaines conditions soient respectées par le réseau d'eaux usées et le (ou les) bâtiment(s) à alimenter.

Sur les bâtiments à chauffer/rafraîchir :

Paramètre	Contrainte/Recommandation
<u>Type de bâtiment</u>	La demande de chauffage ou d'ECS doit être régulière pour assurer un temps d'exploitation élevé des pompes à chaleur, et améliorer leur rentabilité. Bâtiments les plus adaptés : piscines, résidences de logements, hôpitaux, maisons de retraite, hôtels. Les salles de sports, salles de spectacles et centres commerciaux sont à éviter.
<u>Distance collecteur/bâtiments</u>	Préférable : inférieure à 350 m Cas favorable : distance inférieure à 200 m
<u>Température de fonctionnement</u>	Une température d'exploitation basse permet une meilleure efficacité des pompes à chaleur utilisées par la récupération de chaleur sur eaux usées. Les systèmes de chauffage basse température sont préconisés dans le cas de constructions neuves (T < 55°C)
<u>Puissance thermique</u>	Minimum 150 kW
<u>Volume de consommation</u>	Une consommation supérieure à 1 200 MWh/an est très favorable à la mise en place de l'installation de récupération de chaleur. Une consommation inférieure à 800 MWh/an est plutôt défavorable.
<u>Climatisation</u>	Utiliser des pompes à chaleur réversibles pour climatiser le bâtiment en été permet d'augmenter la rentabilité de l'installation.

Contraintes et recommandations sur les bâtiments alimentés par la chaleur des eaux usées (OFEN, Lyonnaise des Eaux)

Sur le réseau de collecte des eaux :

Paramètre	Contrainte/Recommandation
<u>Débit des eaux usées</u>	Débit minimum 12 L/s (moyenne quotidienne par temps sec). Ce débit est atteint pour 8 000 à 10 000 personnes raccordées au réseau. Débit favorable : entre 15 et 30 L/s Débit très favorable : supérieur à 50 L/s
<u>Diamètre du collecteur</u>	Collecteur existant : diamètre minimum de 800 mm pour que l'échangeur de chaleur puisse être installé. Renouvellement ou extension de réseau : un diamètre de 400 mm est suffisant (l'échangeur est intégré directement à la canalisation). Installation impossible : diamètre inférieur à 400 mm.
<u>Température des eaux usées</u>	La température des eaux en entrée de la station d'épuration doit de préférence être supérieure à 12°C ⁶ . L'abaissement de la température des eaux usées peut avoir des effets négatifs sur la nitrification et l'élimination de l'azote dans les STEP à boues activées. Cet aspect doit être étudié lors de l'étude de faisabilité.
<u>Âge des conduites</u>	L'installation d'un échangeur de chaleur est plus avantageuse dans le cas où la canalisation doit être rénovée ou remplacée.

Contraintes et recommandations sur les canalisations d'eaux usées (OFEN, VSA (Association Suisse des professionnels de la protection des eaux), Lyonnaise des Eaux)

GISEMENTS

Seule la commune de la Flèche pourrait disposer, compte tenu de son nombre d'habitants, d'un potentiel sur un collecteur d'eaux usées.

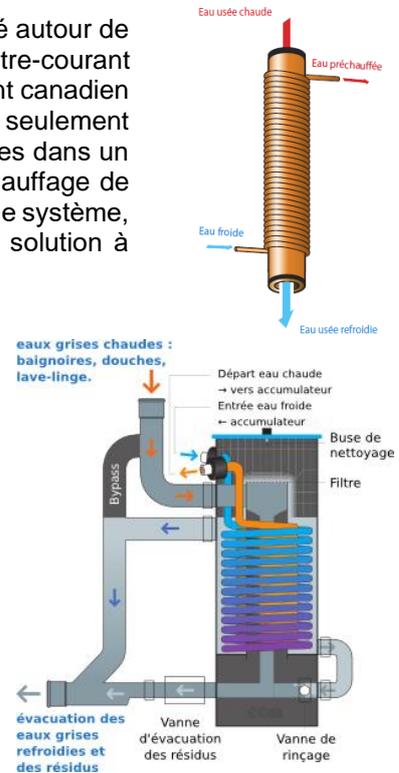
⁶ Rabtherm, société ayant développé le procédé de récupération de chaleur sur eaux usées, a étudié l'impact de ce procédé sur la température des eaux usées. Pour un débit de 60 L/s et une puissance de chauffage de 500 kW, la température est diminuée de 1°C pour un gain de 4°C du fluide caloporteur. À l'inverse, en mode froid, les eaux usées sont réchauffées de 4°C (de 24 à 28°C) alors que le fluide caloporteur perd 6°C

5.6.1.3 Récupération de l'énergie des eaux usées au niveau du bâtiment

Il est également possible de récupérer la chaleur des eaux usées avant que celles-ci n'atteignent le collecteur. La récupération se fait au niveau du bâtiment.

Les eaux usées issues des usages quotidiens (douches, vaisselle, lave-linge..) sont généralement tièdes lorsqu'elles sont évacuées par le collecteur d'eaux usées de la maison ou de l'immeuble. Ces calories perdues peuvent être récupérées afin de préchauffer l'eau chaude sanitaire. Plusieurs systèmes existent pour cela :

- Le système le plus simple consiste en un serpentin métallique enroulé autour de la canalisation d'eaux usées et dans lequel circule l'eau froide à contre-courant (schéma ci-contre). Ces systèmes, tel que le ThermoDrain du fabricant canadien Eco Innovation et le Power Pipe de Solenove Energie, fonctionnent seulement lorsque l'eau est évacuée et utilisée en même temps (cas des douches dans un hôtel ou une maison de retraite par exemple) et permettent le préchauffage de l'ECS. La société Gaïa Green propose plusieurs variantes de ce type de système, depuis le simple échangeur intégré au bac de douche jusqu'à une solution à échangeurs multiples adaptée aux logements collectifs.
- Plus évolués, des systèmes à échangeur externe permettent d'augmenter les échanges de chaleur, mais doivent intégrer une solution de filtrage des eaux usées afin de limiter les pertes de charge et l'encrassement. Ce type de système est proposé par la société Domelys sous l'appellation CalH₂O. Le système Thermocycle de Forstner permet en plus un stockage tampon des eaux usées afin de décorrélérer l'utilisation et l'évacuation d'eau chaude. Ces solutions sont plus adaptées aux logements collectifs.



Echangeur de chaleur externe avec filtration Thermocycle de Forstner

- Enfin, il existe des systèmes intégrant une PAC afin d'optimiser la récupération de chaleur tel que l'Energy Recycling System de l'entreprise française Biofluide Environnement. Ce système plus complexe est réservé aux usages collectifs ayant une consommation d'eau chaude élevée.

Les eaux usées des cuisines, salles de bain, lave-linge et lave-vaisselle sont acheminées à une température moyenne de 28 °C vers l'Energy Recycling System (ERS). L'ERS est composé d'un échangeur inox à forte inertie et d'une pompe à chaleur. Un système de filtration automatique et d'auto-nettoyage améliore le rendement de l'échangeur à chaleur. Les calories des eaux usées sont transférées à la pompe à chaleur via l'échangeur. Les eaux usées ressortent ainsi à 9 °C. L'écoulement des eaux grises n'est pas interrompu.

En parallèle, l'eau en provenance d'un ballon de préchauffage est chauffée à 45 °C par le circuit condenseur de la pompe à chaleur de l'ERS. Une chaudière augmente ensuite la température de cette eau jusqu'à 55 °C, température nécessaire à l'eau chaude sanitaire.

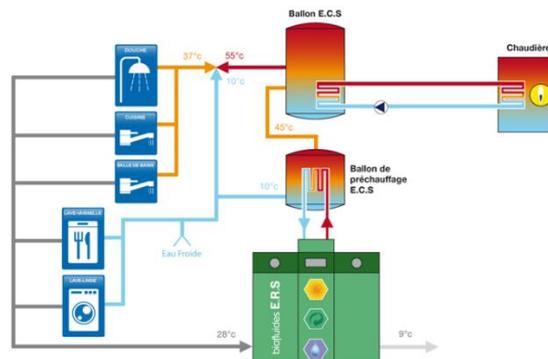


Schéma de principe de la récupération de chaleur sur eaux usées au niveau du bâtiment (Procédé ERS, Biofluide Environnement)

ÉCONOMIES D'ÉNERGIE

Une réduction de 40 à 60 % de la consommation énergétique en eau chaude sanitaire est envisageable. Ce type d'installation peut être couplé à une installation solaire thermique, pouvant alors couvrir jusqu'à 80 % de la demande en ECS.

CONTRAINTES

Il est nécessaire de séparer les eaux grises des eaux-vannes avant le dispositif de récupération de chaleur. Ceci peut nécessiter la mise en place d'un nouveau collecteur. Dans certains cas, il peut être impossible de séparer les eaux usées.

GISEMENTS

Si la séparation des eaux grises des eaux-vannes peut conduire à des coûts importants sur des bâtiments existants, cette contrainte engendre peu de surcoûts pour des bâtiments à construire. L'utilisation de ces systèmes est réservée aux immeubles dont l'eau chaude est produite et distribuée collectivement (maison de retraite, hôtels, etc.).

5.6.1.4 Récupération de l'énergie des eaux usées au niveau de la station d'épuration

La récupération de chaleur en sortie de station d'épuration (STEP) est un procédé présentant un potentiel énergétique important. Cette énergie peut être utilisée sur le site ou peut assurer le chauffage de bâtiments situés à une distance acceptable de la STEP. La puissance disponible dépend de différents facteurs :

- le débit minimal par temps sec hivernal en sortie de STEP,
- la température minimale de l'eau en sortie de STEP,
- la température minimale de rejet des eaux épurées dans le milieu naturel, si une valeur limite est imposée par l'autorité compétente (protection des eaux de rivières, etc.).

La récupération de chaleur sur les eaux usées se fait via un échangeur de chaleur (échangeurs à plaques, échangeurs tubulaires, etc.).

Positionner l'échangeur en sortie de STEP permet de réduire l'encrassement de celui-ci, par rapport à une installation en entrée de STEP ou au sein du process de celle-ci. En effet, les eaux en sortie de STEP ont été épurées et contiennent donc moins d'éléments susceptibles d'encrasser l'échangeur (particules, boues, sables, feuilles, etc.).

Figure 4: Echangeur tubulaire en sortie de STEP (Lyonnaise des Eaux, ISTINOX, ANTEA)



ATOUTS

Cette solution de récupération de chaleur des eaux usées présente de nombreux atouts :

- Très fort potentiel de puissance thermique,
- Simplicité de mise en œuvre (génie civil limité, pas d'arrêt d'exploitation du réseau en amont, pas de contrainte d'installation d'équipements sur le domaine public, nombre d'acteurs généralement plus restreint que pour une installation sur le réseau d'eaux usées, etc.),
- Elle s'applique parfaitement aux solutions de production de chaleur centralisée, sous réserve que des besoins de chaleur suffisants existent à proximité,
- Pas d'effet sur la STEP (pas de problème de refroidissement des eaux usées avant rejet),
- Retours d'expérience positifs (une trentaine de stations d'épuration sont équipées en Suisse).

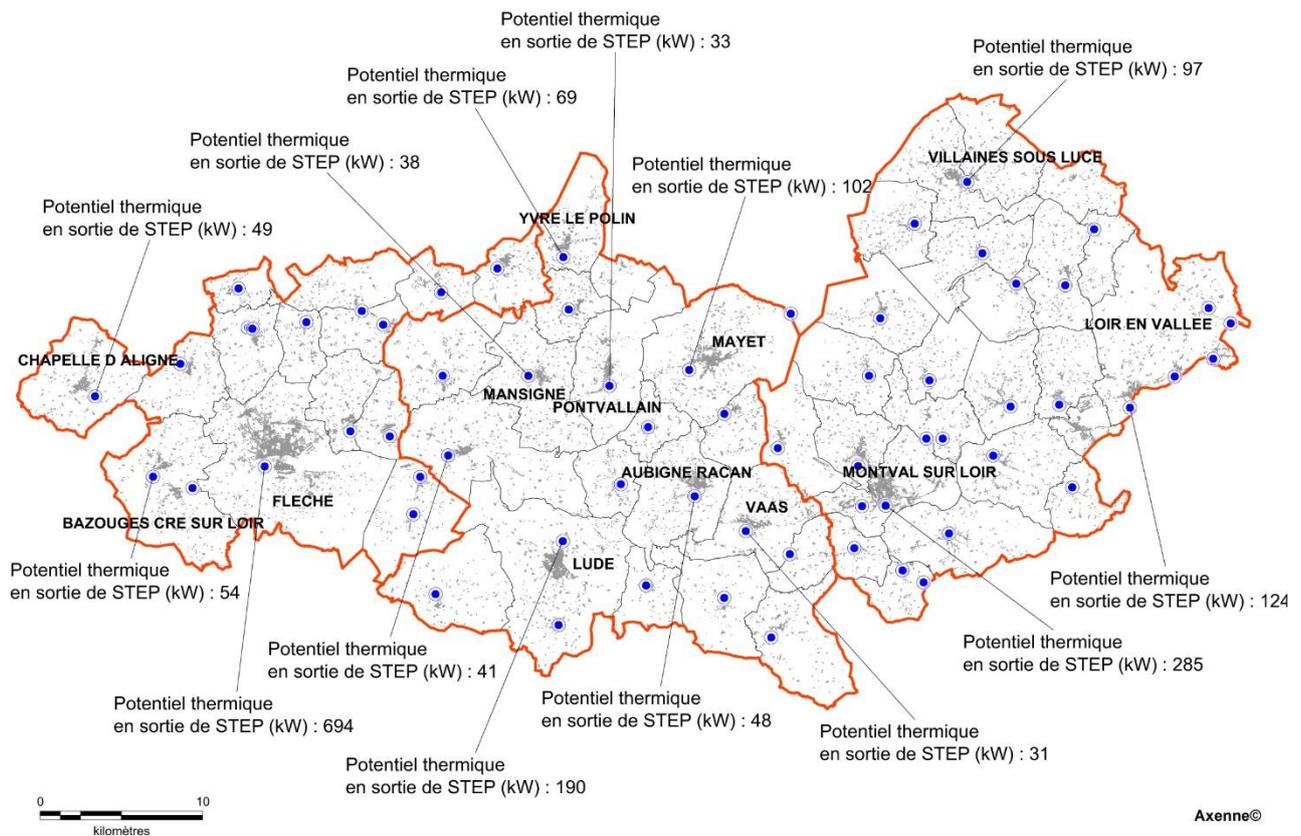
CONTRAINTES ET RECOMMANDATIONS

Plusieurs contraintes sont à prendre en compte :

- Les besoins de chaleur à proximité de l'installation doivent être suffisants pour que celle-ci soit viable. Le réseau de chaleur permettant de chauffer ces consommateurs doit avoir une densité énergétique minimale de 1,5 MWh/mètre linéaire de canalisations. Cette valeur correspond au critère de l'ADEME pour bénéficier du Fonds chaleur.
- La STEP doit avoir une capacité minimale de 20 000 équivalent-habitants, afin que le débit des eaux épurées soit suffisant. Un débit hivernal par temps sec minimal de 15 L/s est recommandé.
- Il doit y avoir une adéquation entre les variations du débit des eaux usées et les variations des besoins en chaleur des consommateurs.
- La STEP doit disposer d'un espace suffisant pour implanter les éléments nécessaires à la récupération de chaleur. En effet, la taille des échangeurs est importante.
- Cette solution ne convient pas aux territoires d'altitudes élevées, pour lesquels les températures de rejet des eaux usées sont trop faibles.
- Il est préférable de mettre en place un circuit intermédiaire entre les eaux usées épurées et la pompe à chaleur, car celle-ci n'est pas conçue pour travailler avec des fluides agressifs.
- Une bonne conception et une bonne exploitation permettent d'éviter la corrosion et l'encrassement des échangeurs de chaleur.

GISEMENTS

La carte suivante présente le positionnement des stations d'épuration et leur potentiel respectif en sortie de STEP.



5.6.2 CHALEUR FATALE DES ENTREPRISES INDUSTRIELLES

Les industries peuvent être génératrices de chaleur fatale au niveau des équipements qu'elles utilisent : fours, séchoirs, groupes froid, chaudières, compresseurs, colonnes de distillation, etc.

Les actions de récupération de chaleur fatale éligibles aux certificats d'économie d'énergie sont utilisées pour estimer les gisements théoriques des industries du territoire. Ils seraient de l'ordre de 39 550 MWh/an.

RECUPERATION DE CHALEUR FATALE DANS L'INDUSTRIE (T > 100°C)	Compresseur	Groupe froid	Chaudière	Four	Séchage
Gisement théorique en MWh/an	3 280	2 760	1 450	3 210	28 850

La chaleur fatale des entreprises industrielles peut être valorisée en interne (besoins de chaleur de l'entreprise) ou en externe (besoins de chaleur d'une autre entreprise, réseau de chaleur), mais se heurte actuellement à plusieurs contraintes et freins d'ordre technique, économique ou encore réglementaire, ainsi qu'à un manque d'informations et des réticences de la part des acteurs (voir en annexe les freins au développement de la chaleur fatale dans l'industrie).

GISEMENTS

Il n'y a pas de projet actuellement recensé sur le territoire.

5.6.3 LE CHAUFFE-EAU THERMODYNAMIQUE

Le chauffe-eau thermodynamique est un équipement de production d'eau chaude sanitaire constitué d'un ballon d'eau chaude et d'une mini pompe à chaleur située le plus souvent en partie haute du ballon.

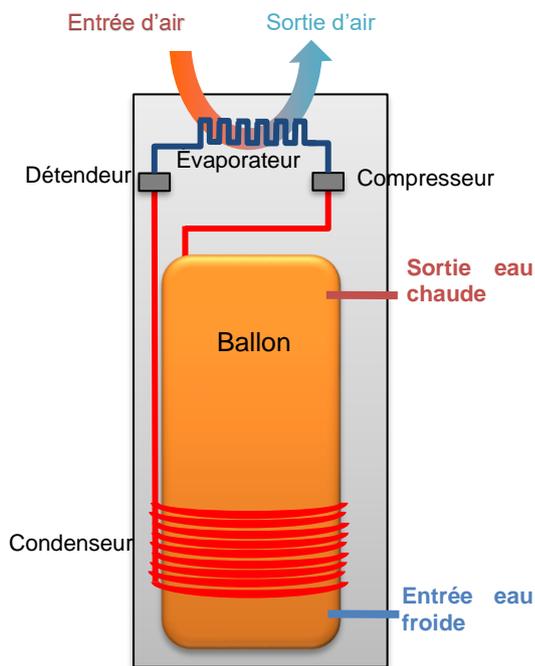


Schéma du CET

La pompe à chaleur est constituée d'un circuit fermé dans lequel circule un fluide, appelé « fluide frigorigène ». Le circuit est composé de quatre éléments :

- un évaporateur : le fluide frigorigène capte la chaleur de l'air du local et s'évapore,
- un compresseur : la vapeur du fluide frigorigène est comprimée, ce qui augmente sa température,
- un condenseur : le fluide frigorigène se condense en liquide et cède sa chaleur, via un échangeur, au ballon d'eau chaude,
- un détendeur : le fluide est ramené à la pression d'entrée dans l'évaporateur.

La pompe à chaleur puise les calories dans la source froide (le plus souvent de l'air) pour les restituer à l'eau (la source chaude).

La performance d'un chauffe-eau thermodynamique est mesurée par son Coefficient de Performance (COP) : c'est le rapport entre l'énergie produite par la pompe à chaleur et l'énergie qui lui a été fournie en entrée.

Quand la pompe à chaleur ne suffit pas (en hiver ou lors de fortes consommations d'eau chaude sanitaire), une résistance électrique interne prend le relais. Certains modèles sont équipés d'un échangeur de chaleur supplémentaire, permettant le raccordement à une autre source de production – une installation solaire thermique ou la chaudière du chauffage central par exemple.

Cet équipement pose la plupart du temps de nombreux problèmes liés à son mode de fonctionnement et à sa mise en œuvre :

- contrairement au cumulus électrique qui fonctionne en heure creuse ou à des moments opportuns⁷ (mise en route sur consigne de production photovoltaïque par exemple), le chauffe-eau thermodynamique possède une petite pompe à chaleur qui fonctionne tout le temps (à juste titre, il peut remplacer la ventilation mécanique contrôlée). Par ce fonctionnement et en remplaçant tous les cumulus électriques actuels, on va transférer une puissance qui fonctionnait en heure creuse la nuit par une puissance en base toute la journée et ainsi perdre le bénéfice du plus grand système de stockage d'énergie que possède la France : ses millions de cumulus électriques.
- A l'échelle d'une maison, le cumulus électrique représentait un des rares équipements (avec le lave-vaisselle et le lave-linge) qui aurait permis de maximiser l'autoproduction photovoltaïque de la maison.
- La mise en œuvre de ces équipements se fait souvent sans récupération de l'air vicié. Le chauffe-eau thermodynamique est installé dans une buanderie ou un garage et il absorbe l'air ambiant. Le coefficient de performance chute alors bien souvent en dessous de 2⁸.
- le seul cas de figure où cet équipement peut être préconisé est dans les constructions neuves. S'il est intégré au départ dans une construction neuve, tous les conduits de ventilation de l'air vicié vont converger vers l'appareil et capter toutes les calories de l'air vicié. Le COP est alors de 3,5 à 4 et

⁷ EDF a inventé il y a plus de 30 ans les heures creuses pour consommer le courant nucléaire la nuit. Ainsi au-delà d'un tarif avantageux pour les particuliers les incitant à mettre en route leurs équipements en heure creuse, EDF a aussi subventionné toutes les communes de France pour l'éclairage des monuments historiques (églises, etc.).

⁸ Le COSTIC a publié une note sur les performances réelles des chauffe-eau thermodynamique : http://www.doc-transition-energetique.info/GEIDFile/syntheseessaisceT.pdf?Archive=191160291934&File=syntheseEssaisCET_pdf

l'équipement fonctionne correctement. On peut regretter qu'il n'ait plus de fonction de stockage et régulation puisqu'il n'est pas possible de l'arrêter ou de le mettre en route au moment opportun.

Pour information un chauffe-eau solaire individuel conserve entièrement les bénéfices d'un cumulus électrique puisqu'il est la plupart du temps associé en appoint à une résistance électrique qui fonctionne en heure creuse ou qui peut être pilotée.

5.6.1 HYPOTHESES POUR LA RECUPERATION DE CHALEUR

FILIERE Récupération de chaleur	Type de bâtiment ou d'équipement	Cible	Source des données	Contraintes techniques	
				Contraintes prises en compte	% de la cible retenu
Chauffe-eau thermodynamique pour la production d'eau chaude sanitaire	Maisons existantes	Toutes les maisons existantes avec une facilité en substitution du cumulus électrique.	Le parc des logements - INSEE - 2016	Difficulté d'installation (perçement d'un conduit sur l'extérieur, installation du cumulus, etc.).	75%
	Maisons neuves	Toutes les maisons neuves	Dynamique de construction	Très peu de contrainte si c'est étudié en amont.	90%
Récupération de chaleur sur eau usée ou air vicié pour la production d'eau chaude sanitaire	Immeubles existants	Les immeubles avec chauffage de l'eau chaude collective (système avec PAC)	Le parc des logements - INSEE - 2016	Présence de la colonne d'eau usée à proximité de la production d'ECS	30%
	Immeubles neufs	Tous les immeubles neufs (échangeur thermique simple sans PAC)	Dynamique de construction		80%
Récupération de chaleur sur eau usée pour la production d'eau chaude sanitaire	Bâtiments tertiaires existants	Les immeubles tertiaires ayant des consommation d'ECS importants (hôtel, maison de retraite, hôpital, etc.)	Base permanente des équipements INSEE - 2015	Présence d'un stockage d'eau chaude collectif et proche de l'évacuation d'eau usée.	50%
	Bâtiments tertiaires neufs		Dynamique de construction (fichier Sitadel)		
Récupération de la chaleur fatale dans l'industrie			AXENNE 2012		100%

5.6.2 POTENTIELS THEORIQUES DE LA RECUPERATION DE CHALEUR

Le tableau ci-dessous présente en synthèse les catégories de projets possibles sur le territoire.

INSTALLATIONS DE RECUPERATION DE CHALEUR (EAUX USEES/AIR VICIE/PROCEDES INDUSTRIELS)	Maison Chauffe-eau thermodynamique récup. air vicié	Maison récup. eaux usées système statique	récup. eaux usées logements (ECS)	récup. eaux usées tertiaire (ECS)	récup. sur les collecteurs	récup. sur les stations d'épuration	récup. sur les Data Center
dans l'existant	21 548	28 730	29	112	1	15	0
	18 052	14 365	240	1 870	463	6 221	0
sur le neuf par an	234	234	7	6			
	104	117	30	23			

5.7 FILIERE HYDROELECTRICITE

Le potentiel hydroélectrique sur le territoire peut être étudié pour différent type de projet :

- L'optimisation des centrales existantes (amélioration des rendements attendus lors du changement des équipements),
- La construction de nouvelles centrales,
- La rénovation des anciens moulins,
- Le turbinage de l'eau potable,
- Le turbinage des eaux usées,

Le contexte hydrographique du territoire ne permettrait pas d'exploiter le turbinage de l'eau potable ou des eaux usées (il faut se trouver dans un territoire montagneux pour espérer avoir une hauteur de chute suffisante).

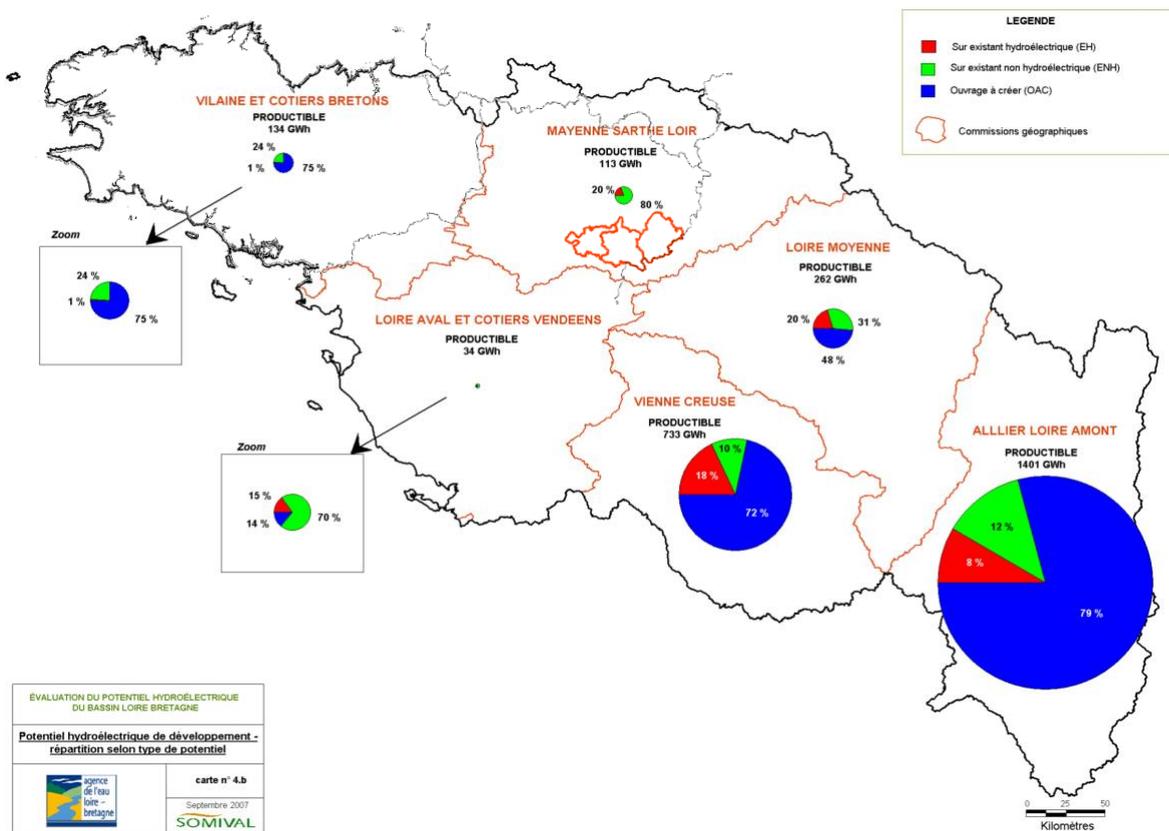
Aussi, seules les trois premières catégories de projets seront étudiées.

5.7.1 OPTIMISATION DES CENTRALES EXISTANTES

Nous avons pris comme hypothèse une augmentation de production de 5% à l'horizon 2030. C'est une hypothèse conservatrice qui tient compte d'une éventuelle baisse des précipitations dans la mesure où le changement des équipements permet une augmentation de puissance bien supérieure.

5.7.2 HYDROELECTRICITE SUR LES COURS D'EAU

L'Agence de l'eau Loire-Bretagne a réalisé une étude du potentiel hydroélectrique en 2007. Cette étude laisse apparaître, sur la commission géographique Mayenne Sarthe Loir, un potentiel inexistant sur des nouveaux ouvrages à créer (en bleu ci-dessous) et un potentiel assez faible sur l'existant (ancien ouvrage hydroélectrique ou seuil existant à d'autres usages que l'hydroélectricité) .



Nous avons donc considéré que le potentiel était nul pour la création de nouveaux ouvrages.

5.7.1 LA RENOVATION DES ANCIENS SITES HYDROELECTRIQUES

Nous avons identifié une centaine d'anciens sites hydroélectriques sur le territoire, les potentiels sur ces projets d'eau sont faibles, avec une hypothèse de 50kW par site, ils représentent 6 100kW pour une production estimée à 19 520 MWh/an.

5.7.2 LES CONTRAINTES AU DEVELOPPEMENT DE L'HYDROELECTRICITE

Les contraintes sont nombreuses (environnement, continuité écologique des cours d'eau, classement des cours d'eau, etc.).

La nouvelle réglementation issue de la loi sur l'eau du 31 décembre 2006 introduit deux nouveaux types de classement qui se substituent aux "cours d'eau réservés" et aux "cours d'eau classés à migrateurs" ; désormais les cours d'eau sont non classés, classés en liste 1 ou classés en liste 2 :

Sur un cours d'eau classé en liste 1°, de l'article L214-17-I du code de l'environnement, « aucune autorisation ou concession ne peut être accordée pour la construction de nouveaux ouvrages s'ils constituent un obstacle à la continuité écologique », ce qui ne signifie pas pour autant que l'hydroélectricité est exclue, il existe aujourd'hui des turbines ichtyophiles (respectueuses de la libre circulation des poissons). Sur ces mêmes cours d'eau, les aménagements hydroélectriques existants devront prévoir la mise en place de dispositifs permettant d'assurer la continuité écologique (libre circulation des espèces biologiques, le transport naturel des sédiments, etc.).

Les cours d'eau qui relèvent de la liste 2°, de l'article L214-17-I du code de l'environnement, peuvent être équipés d'aménagements hydroélectriques "traditionnels" pourvu que l'ouvrage soit « géré, entretenu et équipé » afin « d'assurer le transport suffisant des sédiments et la circulation des poissons migrateurs ».

La carte suivante présente le positionnement des anciens sites hydroélectriques et les cours d'eau classés (en rouge et orange).

Limite de territoire

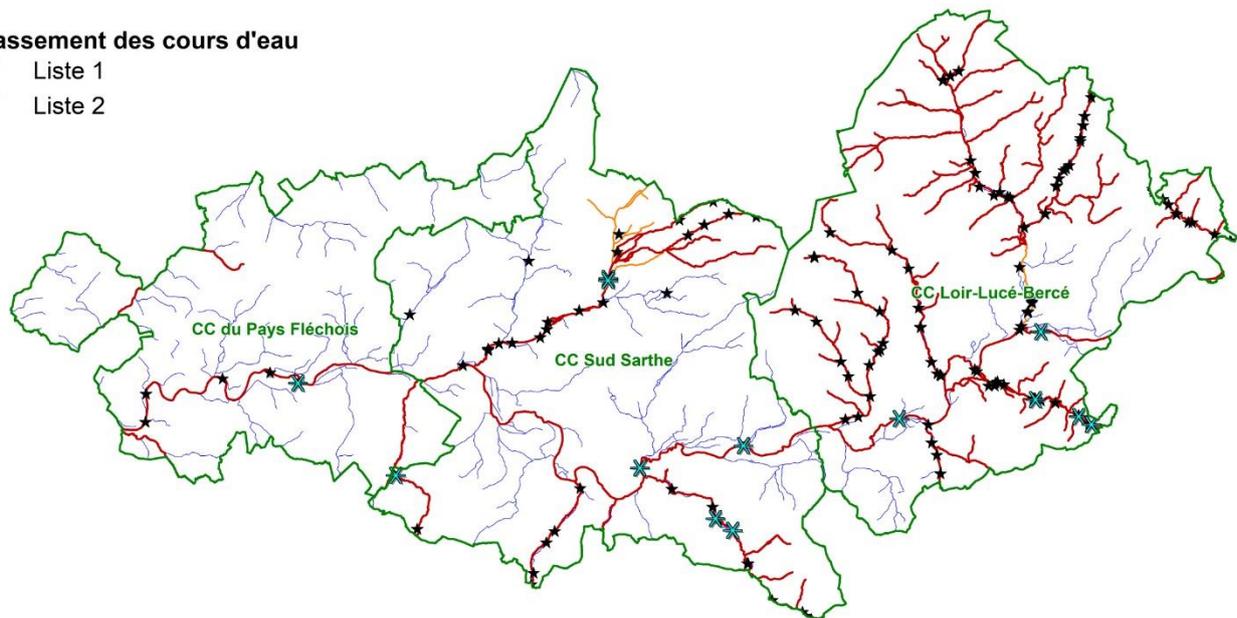
□ EPCI

Ouvrages hydroélectrique

- ✱ Usine hydroélectrique en fonctionnement
- Potentiel sur une ancienne usine, moulin, scierie

Classement des cours d'eau

- Liste 1
- Liste 2



Sources : BDD des obstacles à l'écoulement, BDCarthage

Axenne©

5.7.3 POTENTIELS THEORIQUES POUR L'HYDROELECTRICITE

Le potentiel est très faible sur le territoire.

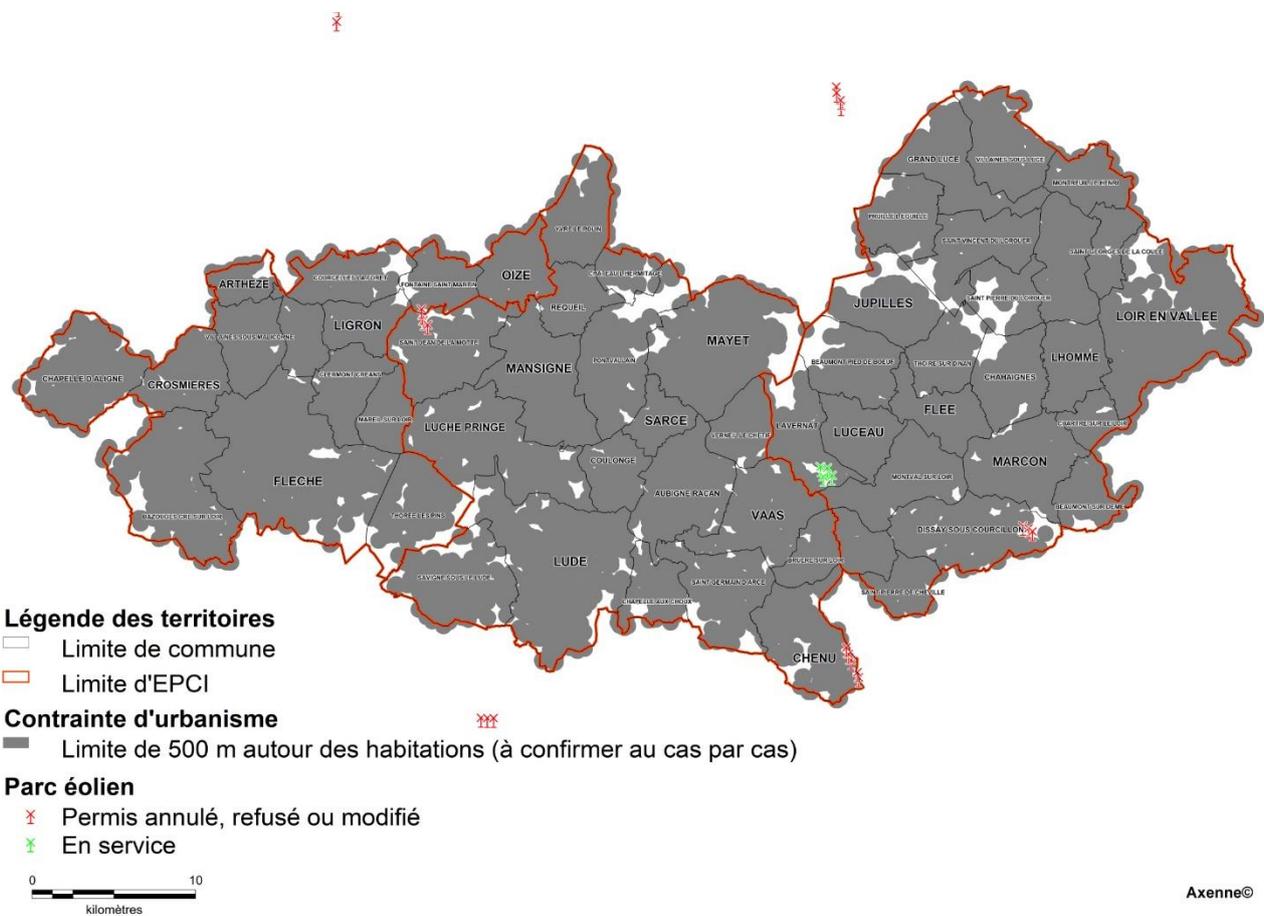
INSTALLATION HYDROELECTRIQUES								TOTAL
potentiel global	Nombre	122	0	11	0	0	0	0
	puissance (kW) :	6 100	0	4	0	0	0	6 100
	MWh/an :	19 520	0	4	0	0	0	19 524 MWh/an

5.8 L'ÉOLIEN

5.8.1 LE GRAND ÉOLIEN

Le Schéma Régional Éolien a pris en compte de nombreuses contraintes afin de déterminer des zones favorables au développement du grand éolien : espaces naturels et faunes (réserves naturelles, réserves biologiques ONF, APPB, enjeux avifaunistiques et chiroptérologiques, etc.), contraintes techniques et physiques (servitudes liées à l'aviation civile et militaire, ainsi qu'aux radars), paysage et patrimoine (sites classés, sites Unesco, etc.).

Nous avons réalisé une carte avec l'une des contraintes les plus fortes, la distance réglementaire de 500m entre les éoliennes et les habitations. Cette carte est indicative dans la mesure où certaines maisons ont pu être oubliées ou non prise en compte. Nous avons également positionné sur la carte les projets éoliens en fonctionnement et ceux qui ont été abandonnés, annulés ou dont le permis a été modifié.



Il y a actuellement 4 éoliennes en fonctionnement, nous avons considéré un potentiel de 16 machines au total qui correspond aux nombres de machines identifiées par les développeurs sur les projets qui ont été en réflexion sur le territoire.

5.8.2 LE PETIT ÉOLIEN

5.8.2.1 Réglementation

Si la hauteur du mât ne dépasse pas 12 m (sans les pales) alors il n'est pas nécessaire de déposer un permis de construire, il n'y a donc pas non plus d'enquête publique et il n'y a strictement aucune modalité d'évaluation de l'impact sur l'environnement.

Il est toutefois nécessaire de respecter la réglementation en vigueur, même si aucune autorisation n'est nécessaire. Cette remarque prévaut en particulier pour le respect de la réglementation contre le bruit de voisinage.

Un permis de construire est obligatoire dès lors que la hauteur du mât dépasse 12 m. Une évaluation environnementale doit alors être réalisée. D'autre part, les installations sont alors soumises à déclaration au titre de la législation des ICPE (tant que la hauteur du mât reste inférieure à 50 m).

Malgré ces démarches réglementaires, l'ADEME comme Rhône-Alpes Energie Environnement recommandent une hauteur supérieure à 12 m :

- « Pour éviter une demande de permis de construire, beaucoup d'installations font donc moins de 12 m de hauteur, ce qui est inefficace du point de vue de la production électrique et donc de la viabilité économique. » (Fiche technique « Petit éolien », ADEME, février 2015)
- [A moins de 12 m], l'éolienne sera encore largement tributaire des effets de turbulence liés à la rugosité du sol. Il faut aller chercher le vent là où il est le plus fort et le plus régulier, c'est-à-dire le plus haut possible. De plus, le surcoût d'un mât de quelques mètres supplémentaires est souvent faible par rapport à l'investissement total. Il est donc conseillé pour la plupart des projets de faire la demande d'un permis de construire afin d'obtenir l'autorisation d'installer la machine à 18, 24 ou 30 m (hauteurs standards de mâts). La demande de permis n'est pas très lourde au regard de l'investissement, seule la notice d'impact demande un peu de travail. Bien souvent les installateurs peuvent aider [le maître d'ouvrage] dans cette démarche. (« Le petit éolien en région Rhône-Alpes », RAEE)

5.8.2.2 Contraintes et étude de vent

Une étude de vent est indispensable dans la mesure où, « à moins de 20 mètres de hauteur, la rugosité du sol liée au type de végétation ou d'habitat constitue une couche limite dans laquelle la vitesse des vents peut diminuer de façon rapide et non linéaire à mesure qu'on s'approche du sol. Ces caractéristiques dépendent fortement de chaque site, ce qui justifie une étude de vent.

[...] L'efficacité de l'éolien dépend en premier lieu de la qualité du vent : vitesse, stabilité en direction, absence de turbulences. Une étude de vent est donc indispensable pour d'une part, dimensionner la machine et la hauteur de mât pertinente et d'autre part, évaluer l'intérêt économique.

Le coût de l'étude de vent dépend in fine de la précision et de l'intervalle de confiance demandés sur le productible prévisionnel. » (Fiche technique « Petit éolien », ADEME, février 2015).

5.8.2.3 Synthèse

On peut donc noter que l'évaluation du potentiel énergétique est particulièrement difficile à l'heure actuelle et doit être réalisée au cas par cas.

Enfin, les recommandations de l'ADEME sur le petit éolien sont les suivantes⁹ :

- **le soutien à la rénovation thermique et à la maîtrise de la consommation semble plus pertinent à privilégier en zones urbaines et péri-urbaines par rapport au petit éolien,**
- on bénéficie d'importantes économies d'échelle sur la gamme 10-50 kW.
- même pour des petites machines de quelques kW, une hauteur minimale (~12 m) est nécessaire pour assurer le facteur de charge, ce qui nécessite un permis de construire et une déclaration au titre des ICPE.

Typologie	Constat	Recommandations ADEME
Eoliennes rattachées au pignon des habitations	Peuvent mettre en danger la stabilité du bâtiment	Déconseiller systématiquement
Eoliennes en milieu urbain ou péri-urbain	Le vent est en général trop faible ou trop turbulent pour une exploitation rentable. Risque élevé de modification du paysage urbain, impactant la ressource en vent.	Déconseiller les installations

⁹ Fiche technique « Petit éolien », ADEME, février 2015

Typologie	Constat	Recommandations ADEME
Eolienne en zone rurale (connectée ou non au réseau électrique)	La ressource est plus facilement accessible. Les éoliennes à installer en milieu rural sont globalement plus homogènes, techniquement plus matures. Un soutien au déploiement sur ce secteur permettrait de suivre une courbe d'apprentissage plus rapide que pour des plus petites machines.	Secteur cible pour les petites et moyennes éoliennes. Etudes de faisabilité ou opération exemplaire pour un bouquet de travaux EnR- efficacité énergétique.

Catégorisation du petit éolien par secteur d'application et recommandations correspondantes (ADEME)

5.8.3 SYNTHÈSE DES GISEMENTS THÉORIQUES

- Grand éolien : nous avons retenu un potentiel théorique de 4 éoliennes sur le territoire compte tenu des zones identifiées par AURAEE.
- Petit éolien : en première approche, on considère un gisement théorique d'une petite éolienne par commune avec l'espoir de voir émerger une filière garantissant la pérennité des équipements et leur fiabilité (ce qui n'est pas le cas actuellement).

INSTALLATION EOLIENNE				TOTAL
	Eolienne	Petit éolien		
potentiel global	Nb de machines	16	57	73
	Puissance (MW)	48	1	49
	Production (MWh/an)	105 600	3 135	108 735

5.9 SYNTHÈSE DES POTENTIELS PLAUSIBLES

Le tableau suivant présente une synthèse des gisements théoriques par système énergétique. Les premières colonnes du tableau représentent ce qu'il est possible de réaliser sur le parc existant, ou les projets que l'on ne réalisera qu'une seule fois. Les trois dernières colonnes présentent les installations d'énergies renouvelables qu'il est possible de réaliser chaque année sur le parc neuf. Les filières innovantes sont indiquées en rouge.

Bilan des gisements d'énergies renouvelables (statut de l'occupant et des revenus financiers pris en compte)				Gisement identifié sur le neuf (nb d'inst./an)	Gisement identifié sur le neuf chaque année	Gisement identifié sur le neuf chaque année (MWh/an)	
	Gisement identifié sur l'existant (nb d'inst.)	Gisement identifié sur l'existant	Gisement identifié sur l'existant (MWh/an)				
Production de chaleur	Solaire thermique						
	CESI (chauffe-eau solaire individuel)	7 532	16 567 m ²	7 621 MWh/an	250	291 m ²	134 MWh/an
	SSC (système solaire combiné)	1 054	32 586 m ²	11 405 MWh/an			
	CESC sur les logements privés	15	211 m ²	105 MWh/an			
	CESC sur les logements HLM	49	638 m ²	319 MWh/an	5	33 m ²	16 MWh/an
	CESC hors habitat	226	5 890 m ²	2 945 MWh/an	7	39 m ²	20 MWh/an
	Agricole (ECS et séchage)	568	4 542 m ²	2 271 MWh/an	10	79 m ²	40 MWh/an
	Haute T° (industrie)	36	2 178 m ²	1 524 MWh/an	1	71 m ²	50 MWh/an
	Chauffage de l'eau des piscines	0	0 m ²	0 MWh/an			
	Réseau de chaleur solaire thermique	0	0 m ²	0 MWh/an			
	Sous-total solaire thermique :	9 479	62 612 m²	26 191 MWh/an	273	514 m²	259 MWh/an
	Bois énergie - Chaudières automatiques						
	Maison - chaudière automatique	653	2 473 kW	10 077 MWh/an			
	Chaudière collective (immeubles logts)	7	141 kW	573 MWh/an	8	29 kW	117 MWh/an
	Chaudières collectives (tertiaire)	92	428 kW	1 671 MWh/an	9	90 kW	157 MWh/an
	Chaudières dans l'industrie	11	5 600 kW	22 400 MWh/an			
	Chaudière secteur agricole	435	6 768 kW	27 577 MWh/an	14	2 kW	6 MWh/an
	Réseaux de chaleur	36	9 000 kW	36 000 MWh/an			
	Micro-cogénération bois (tertiaire)	92	428 kW	1 672 MWh/an	9	90 kW	157 MWh/an
	Micro-cogénération bois (individuelle)	653	1 735 kW	9 424 MWh/an	260	455 kW	724 MWh/an
	Sous-total bois énergie :	1 979	26 572 kW	109 393 MWh/an	299	665 kW	1 162 MWh/an
	Inserts et Poêles performants						
	Poêles et inserts renouvellement	14 933	30 536 kW	124 417 MWh/an			
Poêles et inserts nouveaux équipements	9 658	25 637 kW	104 458 MWh/an	260	455 kW	724 MWh/an	
Poêles bouilleurs (ECS + chauffage)	653	2 473 kW	10 077 MWh/an				
Sous-total chauffage au bois :	24 591	56 173 kW	228 875 MWh/an	260	455 kW	724 MWh/an	
Géothermie - PAC							
Maison géothermie verticale	901	1 796 kW	9 755 MWh/an	231	89 kW	482 MWh/an	
Immeubles collectifs (nappe ou sondes)	61	701 kW	3 809 MWh/an	7	14 kW	78 MWh/an	
Immeubles tertiaires (nappe ou sondes)	132	960 kW	4 659 MWh/an	16	44 kW	216 MWh/an	
Immeubles industriels	76	1 772 kW	28 345 MWh/an				
Réseau de chaleur géothermique	18	338 kW	5 400 MWh/an				
Sources chaudes	0	0 kW	0 MWh/an	0	0 kW	0 MWh/an	
Sous-total géothermie PAC :	1 188	5 566 kW	51 968 MWh/an	254	147 kW	777 MWh/an	
Géothermie basse et haute T°							
Géothermie profonde, prod. chaleur	0		0 MWh/an				
Sous-total géothermie basse et haute T° :	0	0 kW	0 MWh/an	0	0 kW	0 MWh/an	
Aérothermie - PAC							
Maison aérothermie (air/eau)	5 258	3 517 kW	28 660 MWh/an	260	44 kW	362 MWh/an	
Immeuble aérothermie (air/air)	46	166 kW	1 354 MWh/an	8	7 kW	58 MWh/an	
Bâtiments tertiaires	322	1 098 kW	8 944 MWh/an	36	18 kW	150 MWh/an	
Sous-total aérothermie PAC :	5 627	4 781 kW	38 958 MWh/an	304	70 kW	571 MWh/an	
Récupération de chaleur fatale							
Maisons (chauffe-eau thermodynamique)	21 548	15 083 kW	18 052 MWh/an	234	164 kW	104 MWh/an	
Maisons (ECS - eaux usées)	28 730		14 365 MWh/an	234		117 MWh/an	
Immeubles collectifs (ECS - eaux usées)	29		240 MWh/an	7		30 MWh/an	
Immeubles tertiaires (ECS - eaux usées)	112		1 870 MWh/an	6		23 MWh/an	
Collecteurs & Stations d'épuration	1	0 kW	6 684 MWh/an				
Chaleur fatale industrie	57		39 550 MWh/an				
Data center	0		0 MWh/an				
Sous-total récup. chaleur :	50 477		80 760 MWh/an	481		275 MWh/an	
Biogaz chaleur							
Projet à la ferme	0	0 kW	11 556 MWh/an				
Injection de biogaz dans le réseau	1	50 500 kW	434 315 MWh/an				
Sous-total biogaz :	1		445 870 MWh/an	0	0 kW	0 MWh/an	
Valorisation des déchets/biomasse en chaleur							
Unité de valorisation des déchets			0 MWh/an				
Unité de valorisation de la biomasse			0 MWh/an				
Sous-total incinération :	0	0 kW	0 MWh/an	0	0 kW	0 MWh/an	

Bilan des gisements d'énergies renouvelables (statut de l'occupant et des revenus financiers pris en compte)		Gisement identifié sur l'existant (nb d'inst.)	Gisement identifié sur l'existant	Gisement identifié sur l'existant (MWh/an)	Gisement identifié sur le neuf (nb d'inst./an)	Gisement identifié sur le neuf chaque année	Gisement identifié sur le neuf chaque année (MWh/an)
Production d'électricité	Photovoltaïque						
	Maison individuelle 	5 691	17 072 kW	18 054 MWh/an	250	750 kW	793 MWh/an
	Immeubles de logements	106	4 230 kW	4 473 MWh/an	4	92 kW	97 MWh/an
	Bâtiments tertiaires	5 374	215 034 kW	227 399 MWh/an	1	18 kW	19 MWh/an
	Equipements sportifs, culture, loisirs	55	5 498 kW	5 814 MWh/an	0,2	23 kW	24 MWh/an
	Grandes toitures (industrielles, stockage)	200	79 995 kW	79 895 MWh/an	1	296 kW	302 MWh/an
	Bâtiments agricoles	2 342	200 545 kW	212 076 MWh/an	4	1 463 kW	1 548 MWh/an
	Ombrières de parking	35	11 443 kW	12 774 MWh/an			
	Centrales photovoltaïques	10	254 024 kW	283 554 MWh/an			
	Sous-total photovoltaïque :	13 812	787 841 kW	844 038 MWh/an	260	2 642 kW	2 784 MWh/an
	Hydroélectricité						
	Petites hydroélectricité 	122	6 100 kW	19 520 MWh/an			
	Nouveaux sites	0	0 kW	0 MWh/an			
	Otpimisation, suréquipement	11	0 kW	4 MWh/an			
	Turbinage eau potable	0	0 kW	0 MWh/an			
Turbinage eaux usées	0	0 kW	0 MWh/an				
Hydroliennes	0	0 kW	0 MWh/an				
Sous-total hydroélectricité :	133	6 100 kW	19 524 MWh/an	0	0 kW	0 MWh/an	
Eolien							
Parc éolien (nb de machines) 	16	48 000 kW	105 600 MWh/an				
Petites éoliennes	57	1 425 kW	3 135 MWh/an				
Sous-total éolien :	73	49 425 kW	108 735 MWh/an	0	0 kW	0 MWh/an	
Biogaz électricité							
Projet à la ferme 	0	0 kW	9 717 MWh/an				
Sous-total biogaz :		0 kW	9 717 MWh/an	0	0 kW	0 MWh/an	
Valorisation de déchets & de la biomasse en électricité							
Unité de valorisation des déchets 			0 MWh/an				
Unité de valorisation de la biomasse			0 MWh/an				
Micro-cogénération bois tertiaire	92	71 kW	279 MWh/an	9	15 kW	26 MWh/an	
Micro-cogénération bois individuelle	653	578 kW	3 141 MWh/an	260	152 kW	241 MWh/an	
Sous-total incinération :		650 kW	3 420 MWh/an	269	167 kW	268 MWh/an	
Géothermie profonde électricité							
Géothermie haute et basse température	0	0 kW	0 MWh/an				
Sous-total géothermie profonde :			0 MWh/an				

Ce tableau reprend en synthèse tous les chiffres présentés précédemment pour chaque filière, il tient compte pour les particuliers du statut d'occupation du logement (propriétaire ou locataire) ainsi que des revenus financiers des ménages.

Ainsi, on considère qu'une maison qui est louée ne sera, a priori pas équipée d'énergies renouvelables dans la mesure où le propriétaire n'investirait pas pour lui.

De la même manière, la capacité financière des ménages est prise en compte en fonction des installations :

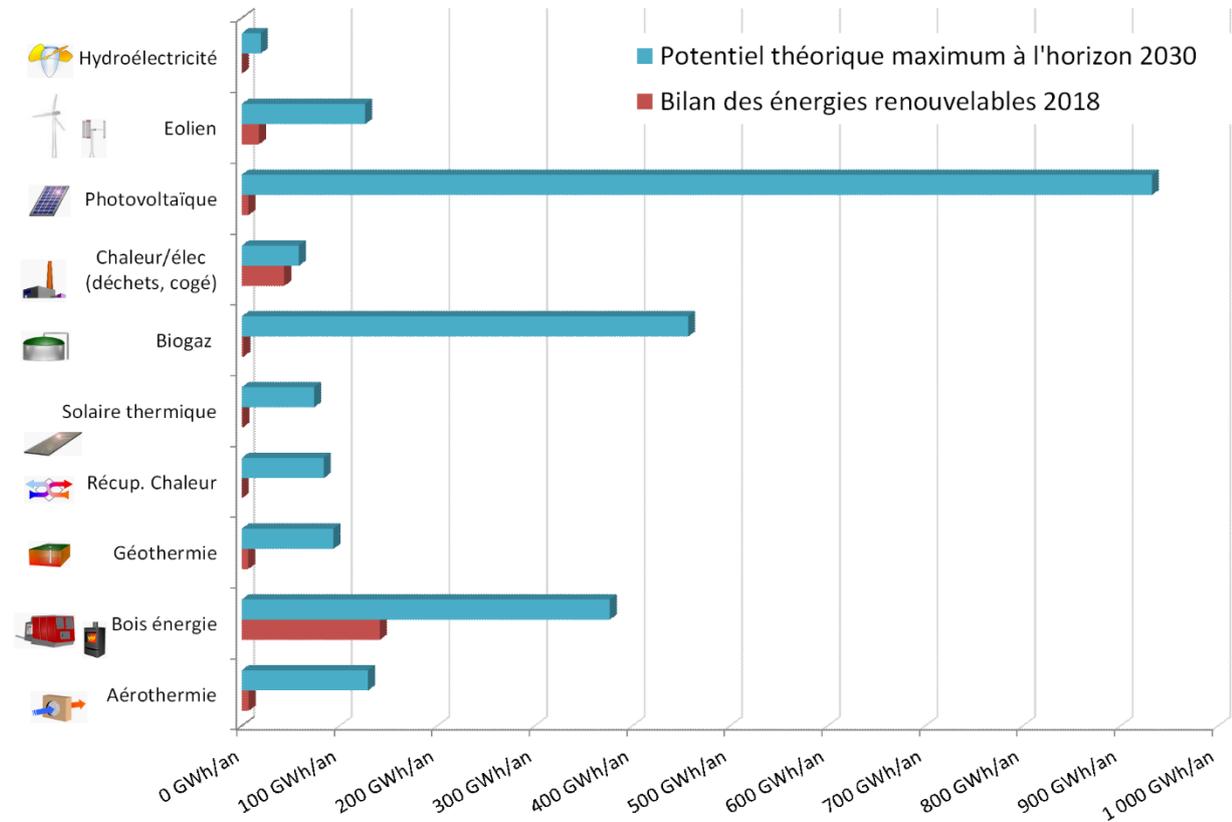
- un poêle à bois peut assez facilement être acquis par n'importe quel propriétaire compte tenu de son coût → le revenu des ménages n'est ici pas pris en compte
- une installation solaire thermique pour l'eau chaude sanitaire relève d'un coût assez élevé 5 000 euros environ → 45% des ménages pourraient s'équiper d'une telle installation sur le territoire,
- une installation de type système solaire combiné, chaudière automatique au bois ou géothermique est beaucoup plus onéreuse → 34% des ménages sur le territoire pourraient s'équiper d'une telle installation.

On retiendra comme gisement maximum atteignable, les chiffres présentés dans ce tableau dans la mesure où la construction des scénarios énergétiques en 2030 sont largement dépendant des capacités financières des maîtres d'ouvrages et de leur motivation.

Toutefois, dans le but de présenter un gisement théorique qui s'affranchi de ces deux considérations (statut d'occupation et revenu financier des ménages), nous présentons à la page suivante le tableau et le graphique des potentiels théoriques et les marges de manœuvre par rapport à l'existant.

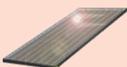
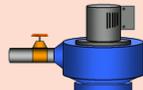
Bilan des gisements d'énergies renouvelables		Gisement identifié sur l'existant (nb d'inst.)	Gisement identifié sur l'existant	Gisement identifié sur l'existant ou réalisé une seule fois (inst. décentralisées) (MWh/an)	Gisement identifié sur le neuf (nb d'inst./an)	Gisement identifié sur le neuf chaque année	Gisement identifié sur le neuf chaque année (MWh/an)
Production de chaleur	Solaire thermique						
	CESI (chauffe-eau solaire individuel)	20 863	45 890 m ²	21 109 MWh/an	250	291 m ²	134 MWh/an
	SSC (système solaire combiné)	3 862	119 464 m ²	41 812 MWh/an			
	CESC sur les logements privés	24	337 m ²	169 MWh/an	5	33 m ²	16 MWh/an
	CESC sur les logements HLM	49	638 m ²	319 MWh/an			
	CESC hors habitat	226	5 890 m ²	2 945 MWh/an	7	39 m ²	20 MWh/an
	Agricole (ECS et séchage)	568	4 542 m ²	2 271 MWh/an	10	79 m ²	40 MWh/an
	Haute T° (industrie)	36	2 178 m ²	1 524 MWh/an	1	71 m ²	50 MWh/an
	Chauffage de l'eau des piscines	0	0 m ²	0 MWh/an			
	Réseau de chaleur solaire thermique	0	0 m ²	0 MWh/an			
	Sous-total solaire thermique :	25 627	178 940 m²	70 150 MWh/an	273	514 m²	259 MWh/an
	Bois énergie - Chaudières automatiques						
	Maison - chaudière automatique	2 394	9 067 kW	36 942 MWh/an			
	Chaudière collective (immeubles logts)	7	141 kW	573 MWh/an	8	29 kW	117 MWh/an
	Chaudières collectives (tertiaire)	92	428 kW	1 671 MWh/an	9	90 kW	157 MWh/an
	Chaudières dans l'industrie	11	5 600 kW	22 400 MWh/an			
	Chaudière secteur agricole	435	6 768 kW	27 577 MWh/an	14	2 kW	6 MWh/an
	Réseaux de chaleur	36	9 000 kW	36 000 MWh/an			
	Micro-cogénération bois (tertiaire)	92	428 kW	1 671 MWh/an	9	90 kW	157 MWh/an
	Micro-cogénération bois (individuelle)	2 394	8 479 kW	34 548 MWh/an	260	455 kW	724 MWh/an
	Sous-total bois énergie (hors cogénération) :	2 975	31 004 kW	125 163 MWh/an	30	120 kW	281 MWh/an
	Inserts et Poêles performants						
	Poêles et inserts renouvellement	14 933	30 536 kW	124 417 MWh/an	260	455 kW	869 MWh/an
	Poêles et inserts nouveaux équipements	9 658	25 637 kW	104 458 MWh/an			
	Poêles bouilleurs (ECS + chauffage)	2 394	9 067 kW	36 942 MWh/an			
Sous-total chauffage au bois (hors poêles bouilleurs) :	24 591	56 173 kW	228 875 MWh/an	260	455 kW	869 MWh/an	
Géothermie - PAC							
Maison géothermie verticale	3 304	6 583 kW	35 763 MWh/an	231	89 kW	482 MWh/an	
Immeubles collectifs (nappe ou sondes)	61	701 kW	3 809 MWh/an	7	14 kW	78 MWh/an	
Immeubles tertiaires (nappe ou sondes)	132	960 kW	4 659 MWh/an	16	44 kW	216 MWh/an	
Immeubles industriels	76	1 772 kW	28 345 MWh/an				
Réseau de chaleur géothermique	18	338 kW	5 400 MWh/an				
Sources chaudes	15						
Sous-total géothermie PAC :	3 605	10 353 kW	77 975 MWh/an	254	147 kW	777 MWh/an	
Géothermie basse et haute T°							
Géothermie profonde, prod. chaleur	0		0 MWh/an				
Sous-total géothermie basse et haute T° :	0		0 MWh/an	0	0 kW	0 MWh/an	
Aérothermie - PAC							
Maison aérothermie (air/eau)	19 278	12 894 kW	105 073 MWh/an	260	44 kW	362 MWh/an	
Immeuble aérothermie (air/air)	46	166 kW	1 354 MWh/an	8	7 kW	58 MWh/an	
Bâtiments tertiaires	322	1 098 kW	8 944 MWh/an	36	18 kW	150 MWh/an	
Sous-total aérothermie PAC :	19 646	14 158 kW	115 370 MWh/an	304	70 kW	571 MWh/an	
Récupération de chaleur fatale							
Maisons (chauffe-eau thermodynamique)	21 548	15 083 kW	18 052 MWh/an	234	164 kW	104 MWh/an	
Maisons (ECS - eaux usées)	28 730		14 365 MWh/an	234		117 MWh/an	
Immeubles collectifs (ECS - eaux usées)	29		240 MWh/an	7		30 MWh/an	
Immeubles tertiaires (ECS - eaux usées)	112		1 870 MWh/an	6		23 MWh/an	
Collecteurs & Stations d'épuration	16		6 684 MWh/an				
Chaleur fatale industrie	57		39 550 MWh/an				
Data center	0		0 MWh/an				
Sous-total récup. chaleur :	50 492		80 760 MWh/an	481		275 MWh/an	
Biogaz chaleur							
Projet à la ferme			11 556 MWh/an				
Injection de biogaz dans le réseau	1	50 500 kW	434 315 MWh/an				
Sous-total biogaz :	1		445 870 MWh/an	0	0 kW	0 MWh/an	
Valorisation des déchets/biomasse en chaleur							
Unité de valorisation des déchets							
Unité de valorisation de la biomasse	0	0 kW	0 MWh/an				
Sous-total incinération :			0 MWh/an	0	0 kW	0 MWh/an	

Bilan des gisements d'énergies renouvelables		Gisement identifié sur l'existant (nb d'inst.)	Gisement identifié sur l'existant	Gisement identifié sur l'existant ou réalisé une seule fois (inst. décentralisées) (MWh/an)	Gisement identifié sur le neuf (nb d'inst./an)	Gisement identifié sur le neuf chaque année	Gisement identifié sur le neuf chaque année (MWh/an)
Photovoltaïque	Maison individuelle 	20 863	62 588 kW	66 187 MWh/an	250	750 kW	793 MWh/an
	Immeubles de logements	106	4 230 kW	4 473 MWh/an	4	92 kW	97 MWh/an
	Bâtiments tertiaires	5 374	215 034 kW	227 399 MWh/an	1	18 kW	19 MWh/an
	Equipements sportifs, culture, loisirs	55	5 498 kW	5 814 MWh/an	0,2	23 kW	24 MWh/an
	Grandes toitures (industrielles, stockage)	200	79 995 kW	79 895 MWh/an	1	296 kW	302 MWh/an
	Bâtiments agricoles	2 342	200 545 kW	212 076 MWh/an	4	1 463 kW	1 548 MWh/an
	Ombrières de parking	35	11 443 kW	12 774 MWh/an			
	Centrales photovoltaïques	10	254 024 kW	283 554 MWh/an			
	Sous-total photovoltaïque :	28 985	833 357 kW	892 171 MWh/an	260	2 642 kW	2 784 MWh/an
	Hydroélectricité	Petites hydroélectricité 	122	6 100 kW	19 520 MWh/an		
Nouveaux sites		0	0 kW	0 MWh/an			
Otpimisation, suréquipement		11	0 kW	4 MWh/an			
Turbinage eau potable		0	0 kW	0 MWh/an			
Turbinage eaux usées		0	0 kW	0 MWh/an			
Hydroliennes		0	0 kW	0 MWh/an			
Sous-total hydroélectricité :	133	6 100 kW	19 524 MWh/an	0	0 kW	0 MWh/an	
Eolien	Parc éolien (nb de machines) 	16	48 000 kW	105 600 MWh/an			
	Petites éoliennes	57	1 425 kW	3 135 MWh/an			
Sous-total éolien :	73	49 425 kW	108 735 MWh/an	0	0 kW	0 MWh/an	
Biogaz électricité	Projet à la ferme			9 717 MWh/an			
	Injection de biogaz dans le réseau						
Sous-total biogaz :		0 kW	9 717 MWh/an	0	0 kW	0 MWh/an	
Valorisation de déchets & de la biomasse en électricité	Unité de valorisation des déchets 	0	0 kW	0 MWh/an			
	Unité de valorisation de la biomasse	0	0 kW	0 MWh/an			
	Micro-cogénération bois tertiaire	92	71 kW	278 MWh/an	9	15 kW	26 MWh/an
	Micro-cogénération bois individuelle	2 394	2 826 kW	11 516 MWh/an	260	152 kW	241 MWh/an
Sous-total Incinération et micro-cogénération :		2 898 kW	11 795 MWh/an	269	167 kW	268 MWh/an	



5.10 LES FREINS AU DEVELOPPEMENT DES FILIERES

Le tableau ci-dessous recense les principaux freins au développement des filières énergies renouvelables.

	Filières	Principaux freins	
Chaleur	Solaire thermique 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Coût d'investissement ▪ Concurrence des CET (chauffe-eau thermodynamique) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Enjeux patrimoniaux ▪ Préférence pour le photovoltaïque
	Géothermie 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Coût d'investissement ▪ Concurrence avec les PAC Air/eau et Air/air 	
	Bois énergie 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Utilisation importante en chauffage de base avec des équipements polluants. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Qualité du combustible ▪ Concurrence du gaz sur les gros projets
	Méthanisation 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Acceptabilité locale ▪ Maîtrise des technologies 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Montage des projets
Electricité	Hydroélectricité 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Réglementation sur les cours d'eau classés 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Baisse des débits dans les cours d'eau.
	Photovoltaïque 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Image dégradée qui perdure avec le démarchage agressif 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Enjeux patrimoniaux

5.11 SCENARIO TENDANCIEL DE DEVELOPPEMENT DES ENERGIES RENOUVELABLES

Tout comme pour la maîtrise de l'énergie, il s'agit maintenant de passer d'un potentiel théorique (les gisements théoriques) à un **potentiel plausible pour toutes les installations d'énergies renouvelables, que ce soit sur les bâtiments ou pour des installations décentralisées**. L'exercice consiste à se fixer des objectifs pour chaque filière qui tiennent compte des dynamiques et actions déjà engagées, des réglementations thermiques actuelles et futures, du statut des occupants des maisons (propriétaires ou locataires), des capacités financières des ménages¹⁰, de l'attractivité des installations auprès des maîtres d'ouvrage et des propriétaires, etc.

¹⁰ Tous les propriétaires de maisons individuelles n'auront pas des revenus permettant d'investir dans une installation d'énergie renouvelable. On pondère les gisements théoriques par un coefficient afin de ne considérer que les ménages à même de réaliser cet

Illustration de la méthodologie pour les chauffe-eau solaires individuels :

	Proposition d'un objectif en % du gisement identifié							
	SUR L'EXISTANT ou réalisé une seule fois				SUR LE NEUF (réalisation chaque année)			
	%	Dyn. Act.	nb d'inst.	MWh/an	%	nb d'inst.	MWh/an	
Solaire thermique CESI (chauffe-eau solaire individuel)	3%	205	← 205	207 MWh/an	2%	6	6	3 MWh/an

La dynamique sur la région est de 23 CESI installés sur le neuf et l'existant en 2015. Si l'on rapporte cette dynamique sur le territoire (au prorata du nombre de maisons), cela correspond à 17 CESI par an. En considérant que 75% de ces installations se font sur les maisons existantes, cela correspond à environ 205 installations entre 2018 et 2030, soit 3% des gisements théoriques identifiés.

La dynamique régionale rapportée au territoire correspondrait à 6 installations réalisées chaque année sur les maisons neuves. Au vu de la réglementation thermique et des tendances actuelles qui privilégient largement les chauffe-eau thermodynamiques, nous avons conservé ce chiffre même s'il paraît très faible.

La cohérence globale entre les installations sur les bâtiments est vérifiée à l'issue de la définition des ratios d'équipements (il ne s'agit pas de se retrouver avec trois types de chauffage différents sur les habitations du fait de ratios mal appropriés).

Ce scénario est appelé tendanciel dans la mesure où il reflète la situation énergétique en 2030 **si aucune mesure additionnelle¹¹ n'est prise par la collectivité ou les acteurs du territoire pour favoriser les installations les plus vertueuses**. Les maîtres d'ouvrages guident leur choix vers les solutions les plus simples et les moins onéreuses à l'achat. C'est ainsi qu'une bonne partie des filières énergies renouvelables ne seront pas valorisées à leur juste valeur pour les citoyens et les collectivités :

- l'énergie solaire thermique se maintient à un faible niveau dans l'existant, hormis sur les bâtiments tertiaires publics. Quelques opérations voient le jour dans les maisons neuves, du fait de l'article 16 de l'Arrêté du 26 octobre 2010 relatif aux caractéristiques thermiques et aux exigences de performance énergétique des bâtiments nouveaux et des parties nouvelles de bâtiments,
- le renouvellement des systèmes de chauffage au bois individuels et leur développement dans les constructions neuves suit son cours,
- la géothermie n'est pas privilégiée par les maîtres d'ouvrages lorsque les bâtiments ont des besoins de rafraîchissement (ce sont plutôt les pompes à chaleur air/air qui se développent),
- les installations de pompes à chaleur air/air et air/eau poursuivent leur tendance,
- le chauffe-eau thermodynamique poursuit une croissance de vente très importante en remplacement des cumulus électriques traditionnels et dans les maisons neuves,
- 13% des maisons existantes sont toujours chauffées au fioul en 2030,
- les installations photovoltaïques se développent à partir de 2020, en accord avec la future réglementation thermique pour les maisons neuves et sur l'existant avec des petites installations en auto-consommation.
- les projets en cours voient le jour.

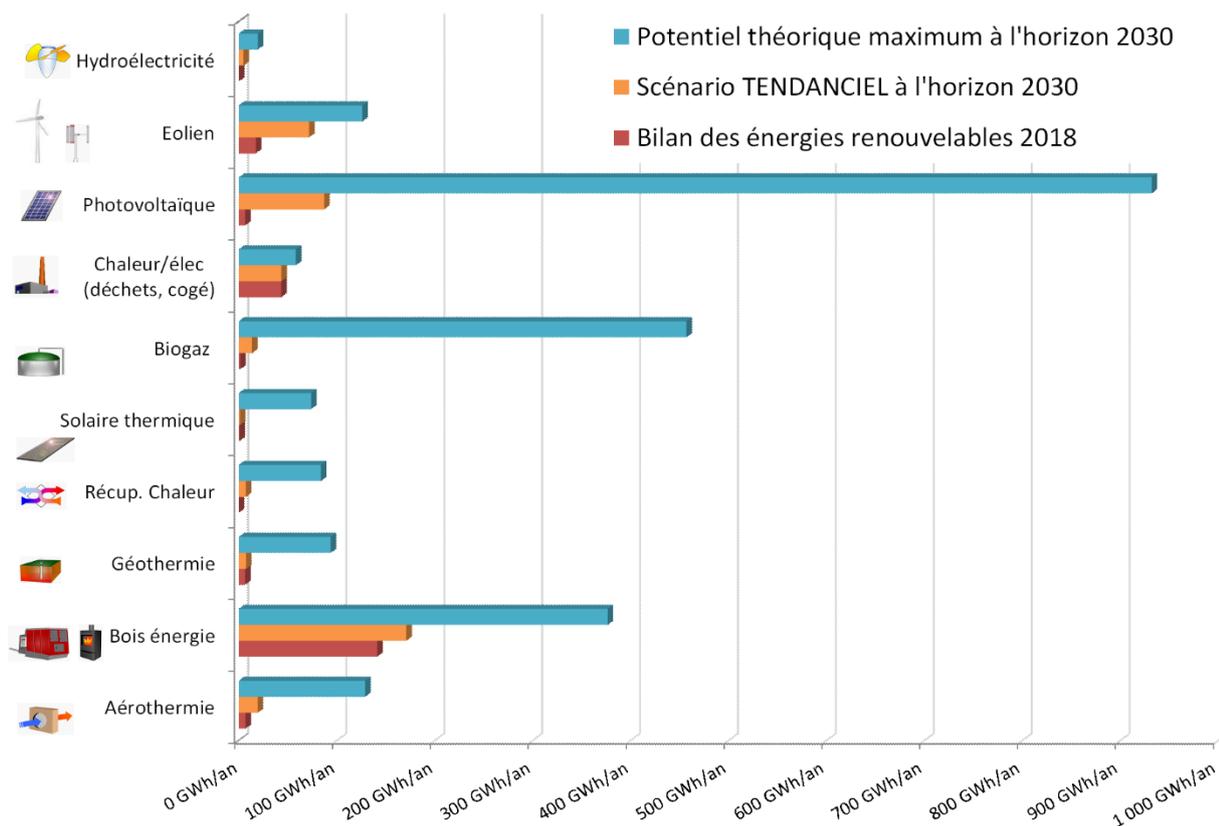
Le tableau détaillé est fourni en annexe. Les visuels suivants mettent en évidence les impacts du scénario tendanciel de développement des énergies renouvelables.

La **production totale** dans le cadre du scénario tendanciel atteint **418 349 MWh/an en 2030** contre 207 909 MWh/an à fin 2017. Cette production correspond à **30% de la consommation d'énergie finale** en considérant que celle-ci diminue selon le scénario tendanciel. Pour mémoire, cette part était de 8% en 2017. Ce scénario entraînerait également la création de près de **2 237 emplois pour la fabrication et l'installation des équipements, et environ 226 emplois pour la maintenance**.

Le graphique permet de comparer le scénario tendanciel à la production fin 2017 et aux gisements théoriques par filière.

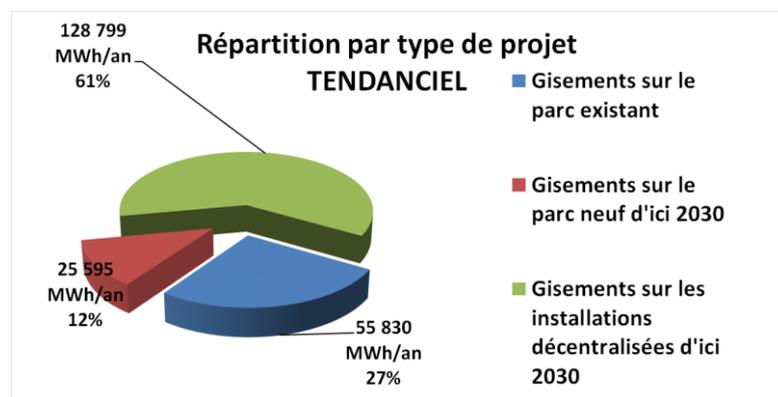
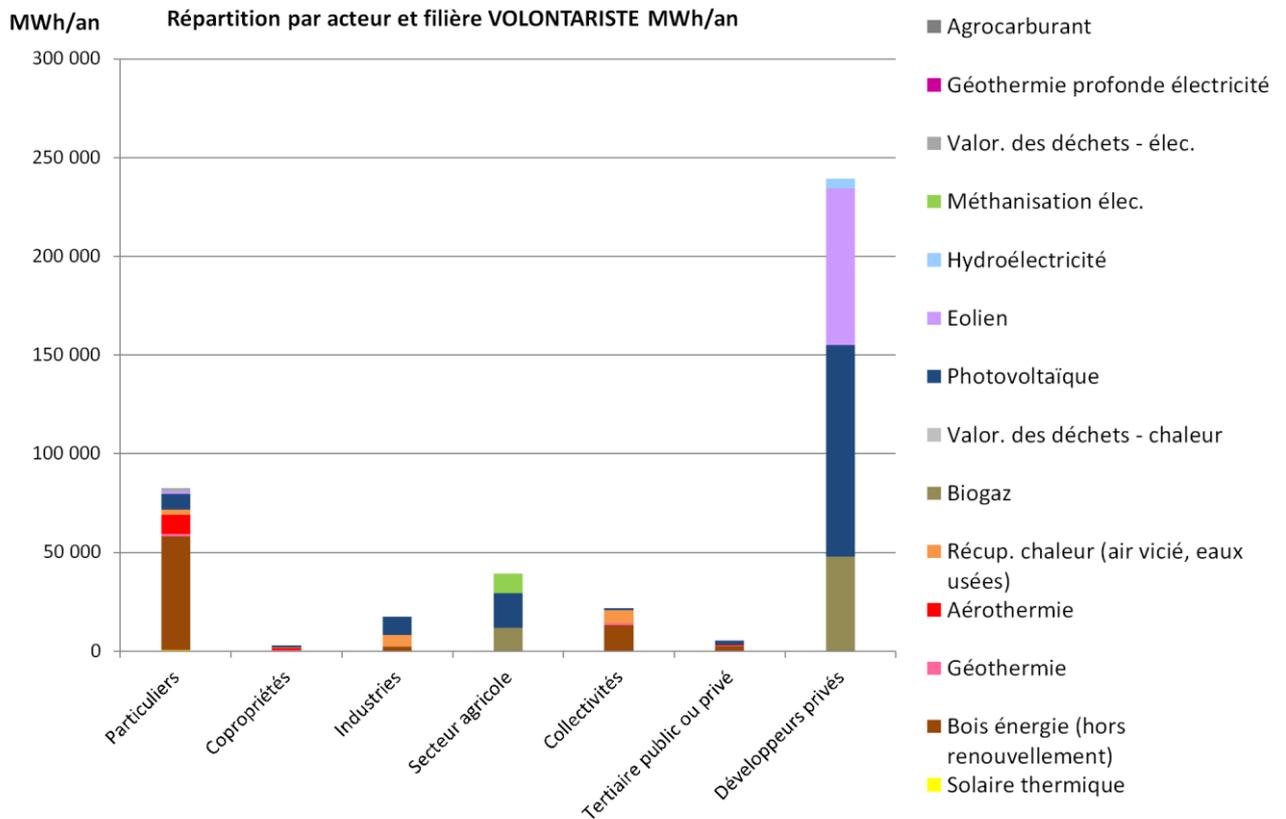
investissement. Ce coefficient est estimé via les revenus fiscaux localisés des ménages propriétaires, donnés par l'INSEE. Ces « gisements théoriques pondérés » sont présentés en annexe de ce rapport.

¹¹ Par rapport aux mesures inscrites dans le PCET et engagées



La consommation de bois énergie augmente significativement, mais ces consommations supplémentaires sont compensées par une diminution des consommations existantes (rénovation des maisons selon le scénario tendanciel, entraînant une baisse des consommations de chauffage, et remplacement des équipements existants par des équipements ayant un meilleur rendement). Sur les équipements des ménages, c'est essentiellement les pompes à chaleur air/air ou air/eau qui sont développées sans que le potentiel solaire ou géothermique du territoire soit pleinement exploité.

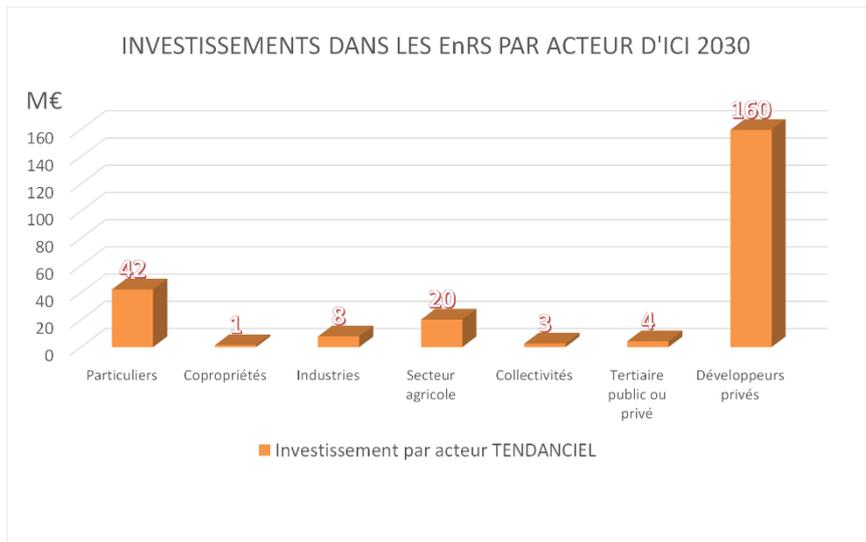
Les figures suivantes mettent en évidence la répartition de la production d'énergie par acteur et par type de projet, en excluant le renouvellement des installations bois énergie des particuliers.



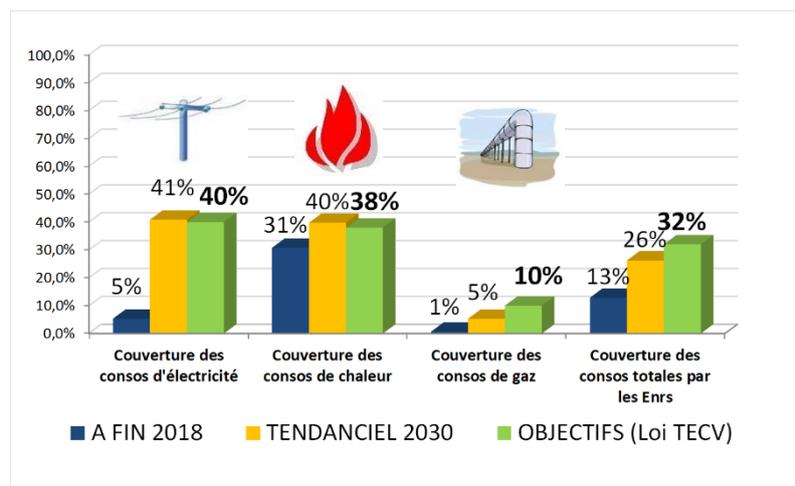
Le gisement sur le parc existant concerne toutes les installations intégrés sur les bâtiments existants. Le gisement sur les installations décentralisées concerne les parcs éoliens, centrales photovoltaïques au sol et les unités de méthanisation.

Les installations décentralisées (centrale photovoltaïque au sol, parc éolien et unité de méthanisation) représentent 61% des gisements dans le scénario tendanciel. Sans surprise les installations à énergies renouvelables sur le parc neuf des maisons et immeubles représentent 12% des gisements à l'horizon 2030.

Le graphique suivant présente les investissements à consentir pour toutes les installations d'énergies renouvelables par typologie d'acteur et d'ici 2030.



5.11.1 LE SCENARIO TENDANCIEL ET LES OBJECTIFS DE LA LOI TECV



La couverture des consommations d'électricité augmente avec le développement du photovoltaïque et l'installation de 8 éoliennes supplémentaires. La couverture des consommations de chaleur augmente essentiellement avec le développement du bois énergie (nouveaux poêles, chaudières individuelles et collectives).

Avec la part du transport, la consommation totale est couverte à hauteur de 26% par les énergies renouvelables en 2030.

Les indicateurs au paragraphe suivant laissent apparaître une vision hors grandes installations (barrage hydroélectrique, parc éolien et centrale photovoltaïque au sol) pour identifier la part réelle de production d'énergies renouvelables des acteurs du territoire (citoyen, collectivités, agriculteurs, entreprises).

5.11.2 INDICATEURS ENERGETIQUES, FINANCIERS ET ENVIRONNEMENTAUX DU SCENARIO TENDANCIEL

(hors grandes installations)

Indicateurs énergétiques	Situation à fin 2018	TENDANCIEL en 2030
Production d'énergie renouvelables	207 909 MWh/an	303 520 MWh/an
Part d'énrs des acteurs du territoire	12%	19%
Part de la chaleur renouvelable 	31%	40%
Part de l'électricité territoriale renouvelable 	1%	10%
Part du biogaz renouvelable 	0%	5%

Indicateurs environnementaux	Situation à fin 2018	TENDANCIEL en 2030
Rejets de CO2 évités		-7,6%
Rejets d'émission de polluants atmosphérique		-7,3%
Nb de logements chauffés au fuel et gaz propane	5 464	4 072
Part des énergies fossiles pour la chaleur	70%	60%

Indicateurs économiques	Situation à fin 2018	TENDANCIEL en 2030
Consommation d'énergie	1 753 440 MWh/an	1 636 339 MWh/an
CA (M€) travaux (maîtrise de l'énergie) résidentiel		56 M€
Evolution des consommations totales		-7,1%
Facture énergétique du territoire (M€)	149 M€/an	292 M€/an
 gaz	16 M€/an	17 M€/an
 électricité	61 M€/an	97 M€/an
 produits pétroliers	72 M€/an	177 M€/an

Indicateurs économiques	Situation à fin 2018	TENDANCIEL en 2030
Production énergies renouvelables	207 909 MWh/an	303 520 MWh/an
Economie qui retourne au territoire (M€)	15 M€	56 M€
 Economie sur la chaleur, vente du bois énergie	11 M€	23 M€
 Vente d'électricité des acteurs du territoire	4 M€	32 M€

Les chiffres présentés, que ce soit pour l'environnement, les retombés économiques sur le territoire ou encore l'indépendance énergétique, laissent supposer des marges de manœuvre importante pour la

co-construction d'un scénario volontariste qui engagerait l'ensemble des acteurs dans la transition énergétique et climatique du territoire.

Plusieurs enjeux permettraient de dépasser ce scénario tendanciel :

- Augmenter les opérations de rénovation énergétique afin de dépasser le scénario tendanciel de maîtrise de l'énergie,
- Remplacer l'ensemble des chaudières fioul et propane des particuliers par des énergies renouvelables plus vertueuses (bois énergie performant, géothermie),
- Remplacer l'ensemble des chaudières fioul et propane des logements collectifs par des énergies renouvelables,
- Favoriser la géothermie pour les bâtiments tertiaires publics et privés ayant des besoins de rafraîchissement,
- Favoriser le solaire thermique sur les bâtiments collectifs et sur les équipements tertiaires,
- Développer les installations renouvelables sur le patrimoine des collectivités et les bâtiments tertiaires
- etc.

ANNEXES

A FICHE D'INFORMATION SUR LES INSTALLATIONS D'ENERGIES RENOUVELABLES

Votre maison est-elle équipée d'un des chauffages au bois suivants :

- Cheminée
- Poêle à bois
- Poêle bouilleur¹
- Chaudière au bois²

¹ vous produisez l'eau chaude sanitaire avec votre poêle

² le chauffage est distribué dans toutes les pièces de la maison par un circuit d'eau chaude depuis la chaudière

Si votre maison est équipée d'un système de chauffage avec une pompe à chaleur, merci de préciser son type (aérothermie, géothermie) :

- Aérothermie³
- Géothermie horizontale⁴
- Géothermie verticale⁵
- Géothermie dans la nappe⁶

³ vous puisez les calories dans l'air

⁴ vous puisez les calories dans le sol par des capteurs positionnés à l'horizontale

⁵ vous puisez les calories dans le sol par des capteurs positionnés à la verticale

⁶ vous puisez les calories dans la nappe d'eau

Si votre maison est équipée de panneaux solaires pour le chauffage de l'eau chaude sanitaire et/ou le chauffage de votre maison, merci de préciser :

- Chauffe-eau solaire
- Système solaire combiné⁷

⁷ les panneaux solaires assurent non seulement le chauffage de l'eau chaude sanitaire, mais aussi le chauffage de la maison

Votre maison est équipée d'une installation photovoltaïque

Votre maison est équipée d'un chauffe-eau thermodynamique

B REJET DE CO₂ EVITES PAR LES FILIERES ENERGIES RENOUVELABLES

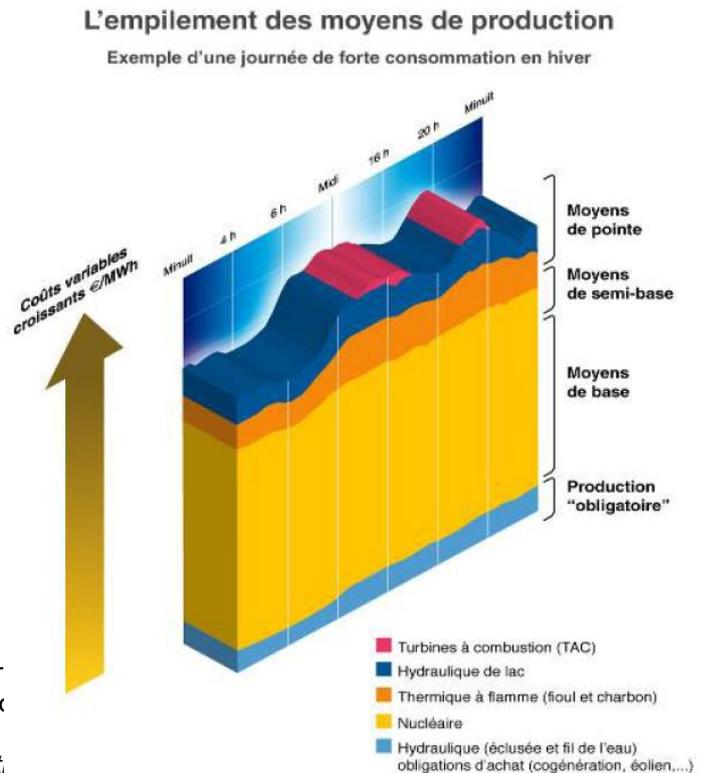
L'objectif est de préciser les hypothèses qui ont été prises et le mode de calcul adopté afin de quantifier les rejets de CO₂ évités par les filières énergies renouvelables.

LES FILIERES ELECTRIQUES

CO₂ évité

Lorsqu'un kilowattheure électrique (kWh) est produit par une installation d'énergie renouvelable, le gain d'émissions CO₂ réalisé dépend directement du moyen de production qui aurait été employé pour satisfaire une demande ou une production équivalente.

Figure 5 : Empilement des moyens de production – source : EDF R&D – Février 2008



Les énergies renouvelables entrent dans la catégorie première place dans l'empilement des moyens de production.

« La sollicitation des moyens de production pour satisfaire la demande en fonction des coûts proportionnels de production de chaque installation. Au plus bas de l'empilement se trouvent les productions dites fatales, parmi lesquelles l'éolien et l'hydraulique au fil de l'eau. Suivent le nucléaire, puis le charbon et les cycles combinés au gaz (CCG), et enfin le fioul et les turbines à combustion (TAC). Ainsi, à chaque instant, un accroissement de la demande se traduira par la sollicitation du moyen de production le moins cher disponible à la hausse. Inversement, une baisse de la demande est compensée par la réduction de la puissance du moyen le plus cher démarré. Selon la terminologie courante, c'est le moyen de production marginal. » (ADEME-RTE : note sur le contenu en CO₂ du kWh électrique).

Aussi, toute énergie renouvelable supplémentaire viendra en substitution des moyens de production les plus chers que l'on trouve en haut de l'empilement. La valeur de 300 gCO₂évités/kWh a été retenue dans le cadre du Grenelle de l'environnement c'est également la valeur que nous retiendrons.

Les filières thermiques

CO₂ évité

Pour l'eau chaude sanitaire, les valeurs nominales ont été prises pour les énergies fossiles, pour l'ECS électrique, la valeur de 47 gCO₂/kWh a été retenue (valeur actualisée de la base carbone de l'ADEME).

Pour le calcul de la valeur moyenne des émissions de CO₂ du chauffage, les valeurs nominales ont été prises pour les énergies fossiles :

- 205 gCO₂/kWh pour le gaz,
- 271 gCO₂/kWh pour le fioul,
- 196 gCO₂/kWh pour le réseau de chaleur (source CCIAG),
- 389 gCO₂/kWh pour le charbon,

la valeur de 500 gCO₂/kWh a été retenue pour le chauffage électrique (note ADEME-RTE sur le contenu CO₂ du chauffage électrique en France).

La répartition des modes de chauffage de l'eau chaude sanitaire et des logements nous indique les rejets de CO₂/kWh en valeur moyenne pour les maisons et les logements collectifs :

Chiffre du chauffage sur le territoire en 2016	Répartition des modes de chauffage par type d'énergie		Répartition des modes de chauffage de l'ECS par type d'énergie		gCO ₂ /kWh chauffage	gCO ₂ /kWh ECS	Chauffage gCO ₂ /kWh		ECS gCO ₂ /kWh	
	Log. collectif	Maison indiv	Log. collectif	Maison indiv			Log. collectif	Maison indiv	Log. collectif	Maison indiv
gaz	52%	23%	52%	22%	198	198	103,4	44,7	102,9	42,9
élec	44%	42%	47%	71%	500	47	221,8	211,6	21,9	33,5
fuel	3%	24%	1%	7%	272	272	7,4	66,6	3,7	18,9
bois	0,6%	10,6%	0%	0%	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0
chauffage urbain	0%	0,0%	0%	0%	12	12	0,0	0,0	0,0	0,0
	100%	100%	100%	100%	On retient (gCO ₂ /kWh) :		333,0	323,0	130,0	100,0

Aussi, il est possible de retenir :

- pour les logements collectifs : une valeur moyenne de 130 gCO₂évités/kWh pour la substitution de la production de l'eau chaude sanitaire et de 316 gCO₂évités/kWh pour le chauffage,
- pour les maisons individuelles : une valeur moyenne de 100 gCO₂évités/kWh pour la substitution de la production de l'eau chaude sanitaire et de 130 gCO₂évités/kWh pour le chauffage,

Attention, on ne retient que la part de la production d'énergie renouvelable pour calculer les rejets de CO₂ évités. Ainsi, pour un chauffe-eau solaire, on ne prend que la part de couverture du solaire sur l'année ou encore dans le cadre de la géothermie associée à une pompe à chaleur, il ne faudra retenir que 2/3 de la production en valeur « énergie renouvelable » (si la PAC à un COP de 3 en moyenne).

C METHODOLOGIE SUR LES CONSOMMATIONS D'ENERGIE

Le modèle énergétique Axcéléo© est un tableur Excel (version 10) qui modélise les consommations énergétiques du territoire, les émissions de gaz à effet de serre et les potentialités en matière de sobriété énergétique, de maîtrise de l'énergie et de développement des énergies renouvelables et de récupération. La méthodologie pour l'élaboration du bilan de la consommation du territoire fait appel à des données socio-économiques précises du territoire.

Pour autant, leur traitement pour aboutir à une consommation énergétique par grand secteur peut entraîner des écarts suivant les différentes énergies ou sous-secteurs étudiés.

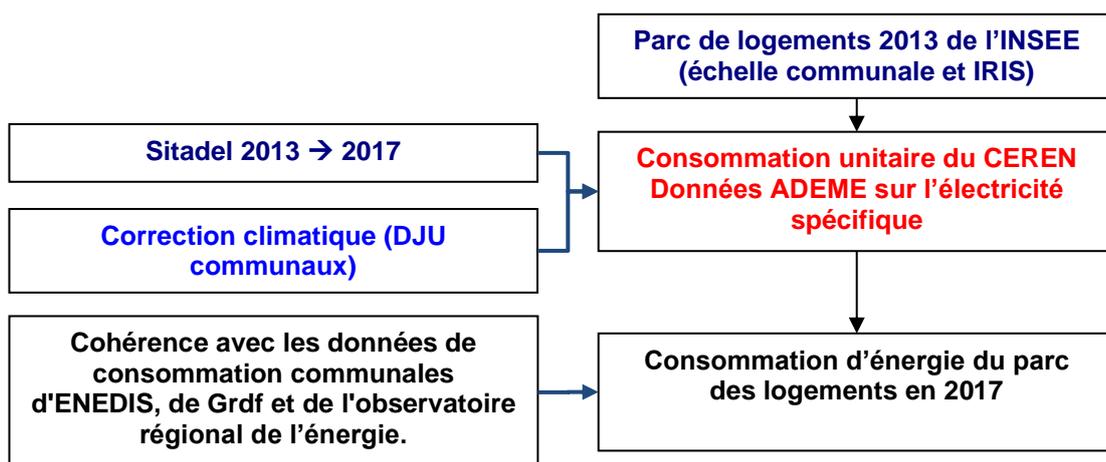


Traitement des données pour le secteur de l'habitat

- Le recensement général de la population de l'INSEE (2013) qui fournit des renseignements précis sur les résidences principales : type (logement en résidences principales ou **secondaires**, maisons individuelles ou appartements, logement de type **HLM**), période de construction, **mode de chauffage** (chauffage central collectif ou individuel, chauffage électrique intégré et sans mode de chauffage) et le **combustible utilisé** (chauffage urbain, gaz naturel, fioul, électricité, butane-propane, autres chauffages).
- Les coefficients de consommation unitaire établis par le CEREN par catégorie de logement (maisons individuelles et appartements) en fonction de leur période de construction, du combustible utilisé et de la région de consommation. Ces ratios indiquent une ventilation par usage : électricité spécifique, chauffage, eau chaude sanitaire et cuisson.
- Les études du cabinet Enertech et les données ADEME dans le cadre du programme européen REMODECE qui permettent de répartir les consommations d'électricité spécifique (électroménagers, audio-visuel, TIC, etc.).
- Les Degrés Jours Unifiés (DJU) fournis par Météo France afin d'ajuster les consommations d'énergie en fonction de la rigueur climatique. Les DJU sont propres à chaque commune en fonction d'une référence et de l'impact de l'altitude sur les besoins de chaleur (source AXENNE).
- Les données SITADEL sur la dynamique de construction après 2013 afin d'obtenir un bilan énergétique à fin 2017.

Le schéma ci-dessous présente le déroulement de la méthodologie.

Méthodologie de reconstitution des consommations du secteur résidentiel en 2015



Cette méthode présente l'avantage de pouvoir déterminer très finement la contribution de chaque catégorie de logements à la consommation totale d'énergie. La bonne connaissance des caractéristiques du parc de logements et la validité des coefficients de consommations unitaires assurent la qualité des résultats obtenus. De cette façon, il est possible d'identifier les actions, par exemple de substitution énergétique des systèmes de chauffage collectif au fuel et au gaz par des installations d'énergies renouvelables ou encore les gains énergétiques attendus sur l'isolation des logements les plus anciens.

Nous confirmerons les chiffres de la consommation d'électricité avec les données communales fournies par ENEDIS ainsi que GrDF pour le Gaz naturel. Contrairement à l'électricité qui est également utilisée en usage

spécifique, le gaz naturel est essentiellement utilisé pour le chauffage et la production d'eau chaude sanitaire des logements. Ainsi, en se basant sur la consommation de gaz des logements par commune (voir à l'IRIS si l'information est disponible auprès du gestionnaire du réseau) il est possible de caler précisément les consommations de chauffage pour chaque commune du territoire.

Le bilan énergétique proposé est pour 2017, des coefficients correcteurs permettent de caler les résultats sur les données de l'OREGES.



Traitement des données pour le secteur tertiaire

Axcéléo modélise les consommations et des émissions du secteur tertiaire en s'appuyant sur :

- les études tertiaires du CEREN et l'enquête de régionalisation des surfaces. Ces documents indiquent les surfaces chauffées par sous-secteur du tertiaire par type d'énergie pour le chauffage, la cuisson, l'ECS et les usages spécifiques,
- la ventilation des consommations, effectuée au prorata des emplois par sous-secteur du tertiaire, la correspondance entre la nomenclature CEREN et la NA88 utilisée par l'INSEE étant possible. Les consommations de chauffage sont ensuite redressées pour tenir compte des caractéristiques climatiques et de la présence ou non du gaz naturel et/ou d'un réseau de chaleur urbain,
- les données fournies par les opérateurs énergétiques, notamment les électriciens, les gaziers et les opérateurs de chauffage urbain. Ces données permettent, comme dans le secteur résidentiel, de valider les résultats de la méthode statistique.

La présentation des consommations énergétiques du secteur tertiaire est agrégée sur sept sous-secteurs :

- ➔ Cafés, Hotels, Restaurants
- ➔ Santé & Habitat communautaire
- ➔ Enseignement
- ➔ Sport, Loisirs, Culture
- ➔ Bureaux
- ➔ Commerces
- ➔ Transport (Locaux uniquement)



Traitement des données pour le secteur industriel

Les consommations énergétiques du secteur industriel sont modélisées à partir des données suivantes :

- l'enquête annuelle sur les consommations d'énergie dans l'industrie (EACEI) qui a permis avec le nombre d'employés par secteur de définir un ratio de consommation par emploi,
- les données de consommations régionales en 2014 qui permettent de corriger les chiffres par énergies en affectant des coefficients correcteurs conservés à l'échelle du territoire étudié (sur certaines régions le charbon n'est plus du tout utilisé par exemple),
- les données fournies par les opérateurs énergétiques, notamment ENEDIS et GrDF permettent de corréliser encore plus précisément à l'échelle du territoire. Toutefois le secret statistique peut entraîner des variations importantes entre la consommation réelle et la consommation communiquée par le gestionnaire du réseau.



Traitement des données pour le transport

Axcéléo estime les consommations énergétiques du transport en comptabilisant tous les transports dont les citoyens et acteurs du territoire sont responsables, nous appellerons cette part du transport "**transport interne**" :

- les déplacements domicile → travail sur la base du nombre exact de véhicules par ménage (avec des valeurs moyennes nationales respectives pour le premier véhicule et le deuxième véhicule),
- les déplacements des véhicules utilitaires des artisans sur le territoire,
- on affecte une part du transport routier pour les marchandises qui sont achetées par les citoyens (règle de trois sur les données nationales en fonction de la population),
- enfin on affecte également une part de transport ferroviaire et aérien correspondant aux transports des citoyens pour leur travail et leur loisir (vacances) ; également avec une règle de trois sur les données nationales,

En tout état de cause le chiffre de la consommation "transport interne" sera inférieur à celui fourni par l'observatoire de l'énergie qui tient compte des ventes totales de carburant sur le territoire et une prise en compte du trafic routier sur l'ensemble des tronçons du territoire, ce qui implique une prise en compte du transit des camions et des consommations de carburants des touristes.

Une soustraction du chiffre de l'observatoire avec celui d'Axcéléo permet d'estimer en toute première approche la part du transit (camion et touriste) sur le territoire.



Traitement des données pour le secteur agricole

Le recensement agricole de 2010 fournit par canton le nombre d'exploitations agricoles et les superficies par typologie d'exploitation (culture, élevage, etc. au total 10 otex – orientation technico-économique). Le secret statistique entraîne une sous-évaluation du nombre d'exploitation agricole.

Les données de l'AGRESTE-Rica permettent de définir des consommations énergétiques par type d'énergie et par hectare.

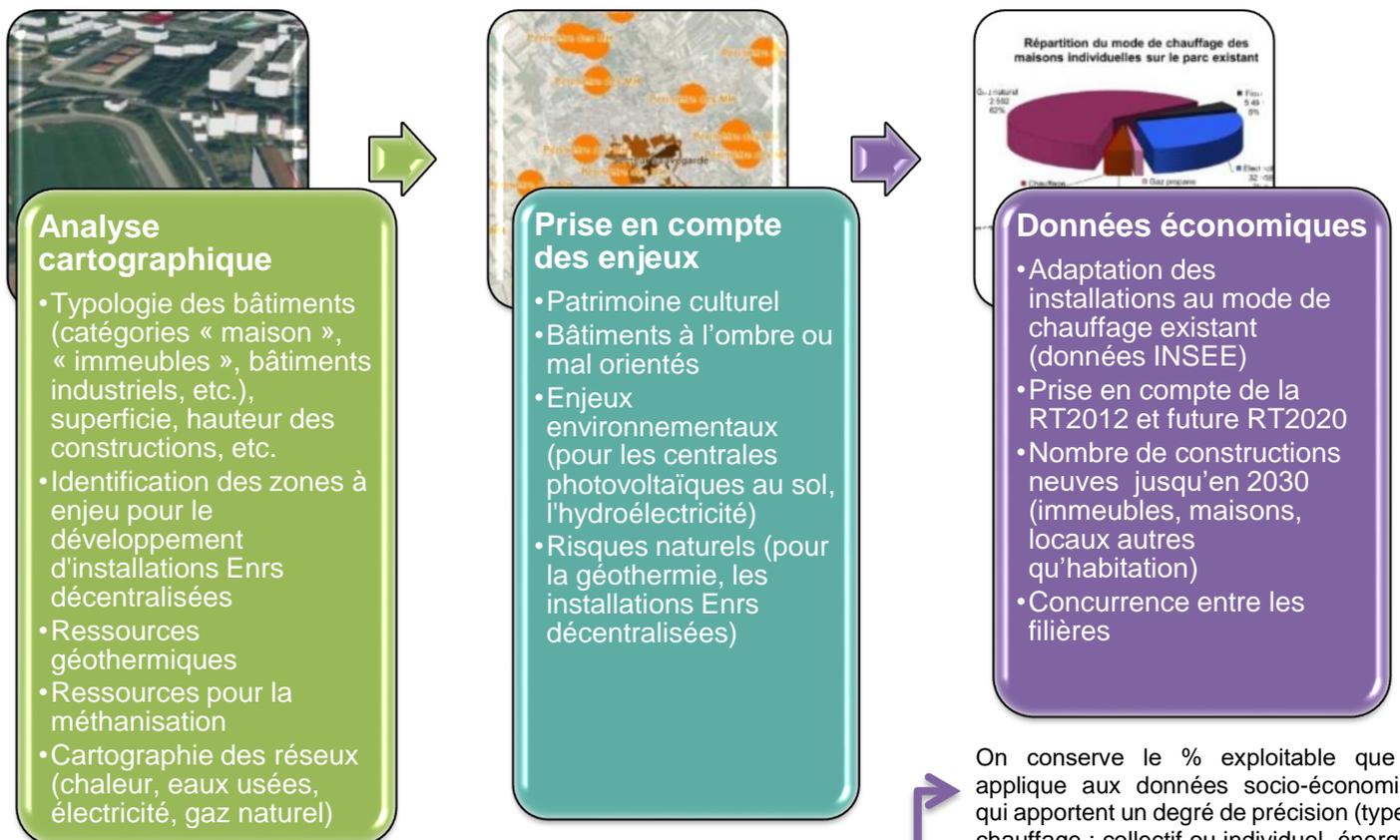
Une corrélation est possible sur les consommations d'électricité avec les données précises d'ENEDIS, toutefois le secret statistique s'applique également et il est possible que les chiffres d'ENEDIS sous-estiment les consommations réelles. Un bon nombre des consommations du secteur agricole sont par ailleurs dans les données de l'habitat <36kW pour ENEDIS.

D METHODOLOGIE SUR L'ESTIMATION DES POTENTIELS EN ENRS

Les potentiels en énergies renouvelables sont identifiés en deux temps : les **potentiels théoriques** de chaque filière sont présentés, suivis des **potentiels plausibles**. Ces deux types de gisements sont définis ci-dessous.

Cette étape vise à déterminer, pour chaque filière d'énergie renouvelable :

- Les **potentiels théoriques** par typologie d'installation
Les potentiels théoriques correspondent à toutes les **installations qu'il est possible de réaliser sur le territoire**, en ayant **exclu toutes celles qui ne peuvent l'être, compte tenu des contraintes réglementaires, techniques et patrimoniales**. *Par exemple*, le nombre de toitures pouvant accueillir une installation solaire, car elles ne sont pas situées dans des zones protégées au titre de l'urbanisme et possèdent une orientation favorable, etc. Ce sont des chiffres purement théoriques et très ambitieux puisque l'on ne tient pas compte de la capacité financière et de la motivation des maîtres d'ouvrage, ni de la concurrence des autres filières (gaz, électricité, etc.). Ces chiffres sont donc par nature très importants et représentent le nombre purement théorique d'installations potentielles sur l'ensemble du territoire. Ils sont toutefois intéressants puisqu'ils permettent d'identifier la production maximale par filière en se plaçant dans une position extrêmement favorable.
- Les **potentiels plausibles** sur le territoire
Il s'agit des potentiels que l'on est en droit d'attendre si l'on tient compte de la dynamique actuelle sur les différentes filières, de la motivation des maîtres d'ouvrages, de la concurrence entre les filières et avec les installations traditionnelles. Les résultats attendus sont une série de cartes représentant les gisements bruts traduits également en unité de puissance et/ou de production.



L'analyse cartographique permet de localiser précisément les zones à enjeu du territoire pour le développement des énergies renouvelables et d'affecter aussi bien à ces zones qu'aux bâtiments les enjeux environnementaux, les risques naturels, les contraintes patrimoniales.

Pour les bâtiments on obtient ainsi, le pourcentage de ceux qui sont situés en zone favorable pour la géothermie, le solaire thermique, etc.

On conserve le % exploitable que l'on applique aux données socio-économiques qui apportent un degré de précision (types de chauffage : collectif ou individuel, énergie de chauffage, année de construction, situation des ménages, etc.), et parfois on conservera les m² de toiture parce qu'ils sont représentatifs de ce que l'on souhaite équiper (par exemple les toitures industrielles pour les installations photovoltaïques).

! Les potentiels théoriques des différentes filières ne peuvent pas être additionnés de manière à constituer un scénario : en effet, chaque filière étant étudiée séparément, une même maison peut être favorable à l'installation d'un système solaire combiné, d'une chaudière bois, d'une pompe à chaleur géothermique, d'une pompe à chaleur aérothermique, etc. La cohérence globale entre les installations et l'absence de double compte sont vérifiées lors de la constitution des potentiels plausibles.

E LES FREINS AU DEVELOPPEMENT DE LA CHALEUR FATALE DANS L'INDUSTRIE

Contraintes techniques

LA TEMPERATURE DU FLUIDE

La température du fluide contenant la chaleur fatale varie énormément en fonction des sites de production considérés (aciéries, industries agro-alimentaires, etc.). La qualité du fluide (sa température) influe sur la faisabilité et l'intérêt de sa valorisation.

Les contraintes suivantes s'appliquent aux fluides 'basse température' (eaux usées de nettoyage, etc.) :

- La récupération de la chaleur fatale : il est difficile d'obtenir une énergie utilisable à partir d'une source de chaleur basse température. La faible différence de température entre la source et le puits de chaleur entraîne un transfert de chaleur réduit, et nécessite donc une surface d'échangeur accrue.
- Les techniques de valorisation : les techniques permettant d'augmenter significativement la température du fluide chauffé par le vecteur de chaleur fatale sont encore en phase de développement (pompes à chaleur haute température), et présentent donc des coûts d'investissement plus élevés.
- Les techniques permettant de générer de l'électricité à partir de basse température sont également en phase de développement.
- Les débouchés sur site : de nombreuses industries n'ont pas de débouché sur site pour la chaleur basse température.
- Les débouchés extérieurs au site : il est difficile de valoriser la chaleur industrielle basse température auprès des collectivités, pour un usage de type chauffage ou eau chaude sanitaire. Les niveaux de température nécessaires sont élevés, de l'ordre de 70 à 90°C.

A l'inverse, un fluide à très haute température nécessite d'utiliser des matériaux adéquats tolérant ses propriétés mécaniques et chimiques. Ceux-ci sont coûteux, c'est pourquoi la chaleur fatale est souvent mélangée avec de l'air extérieur pour réduire sa température. Cela réduit de même la qualité de l'énergie disponible pour la récupération.

LA COMPOSITION CHIMIQUE DU FLUIDE

Une grande part de chaleur fatale est disponible sous la forme de gaz à haute température, pouvant contenir des éléments corrosifs. L'échangeur de chaleur permettant d'en récupérer les calories doit être constitué de matériaux résistants à la corrosion, ce qui implique des coûts d'investissement accrus.

Ces coûts sont dissuasifs dans le cas où le fluide corrosif n'est disponible qu'à basse température.

Il faut en outre faire particulièrement attention à ce qu'aucun échange n'ait lieu entre les gaz de combustion corrosifs et le fluide à réchauffer lors de l'échange thermique, pour éviter toute contamination.

Enfin, ces flux sont susceptibles d'endommager les surfaces des équipements, entraînant des coûts de maintenance accrus.

L'ACCESSIBILITE DE LA SOURCE DE CHALEUR FATALE

La mise en œuvre d'un équipement pour récupérer la chaleur fatale produite nécessite de l'espace, qui n'est pas toujours disponible dans le cas d'une installation existante.

D'autre part, il est difficile d'accéder et de récupérer la chaleur fatale de sources non 'conventionnelles', telles que la chaleur issue des surfaces chaudes d'équipements.

LA LOCALISATION DU PROCÉDE / DU SITE DE VALORISATION DE LA CHALEUR FATALE

Certaines sources de chaleur fatale ne peuvent pas être valorisées directement par le procédé dont elles sont issues. Elles peuvent être valorisées par un autre procédé industriel, voire sur un site extérieur. Il est nécessaire d'évaluer les pertes thermiques résultant du transport du fluide réchauffé par le vecteur de chaleur fatale, ainsi que l'énergie éventuellement consommée pour ce transport, afin de s'assurer que cette valorisation est pertinente (notamment dans le cadre de chaleur basse température).

LA DISPONIBILITE DE LA CHALEUR FATALE

La disponibilité temporelle de la chaleur fatale est une contrainte technique supplémentaire à sa valorisation:

- Un procédé industriel ne fonctionnant qu'une partie de l'année ne pourra fournir de la chaleur que sur une période définie. Il est nécessaire que le procédé permettant de valoriser cette chaleur ait des besoins concordants dans le temps, ou de mettre en œuvre une technologie de chauffage prenant le relais lorsqu'il n'y a pas de production de chaleur fatale.
- A l'inverse, si la chaleur fatale est produite toute l'année, mais valorisée par un débouché ponctuel, par exemple le chauffage de locaux en hiver, il faudra mettre en œuvre une solution de stockage ou d'élimination de la chaleur fatale le reste du temps.
- La livraison de la chaleur à des collectivités nécessite la passation de contrats de fourniture, sur des durées importantes (de l'ordre de plusieurs années). Or, il peut être difficile pour un industriel de s'engager sur la durée.

Contraintes économiques

Outre les contraintes techniques présentées ci-dessus, le manque de rentabilité constitue un frein majeur à la mise en place de solutions de valorisation de la chaleur fatale.

L'ingénierie, l'équipement de récupération de chaleur, mais également les auxiliaires associés (pompes, etc.) représentent un investissement important. Les temps de retour sur investissement sont jugés trop longs par les industriels. Certaines installations mises en place dans les années 1980 ne sont pas renouvelées aujourd'hui, à cause de temps de retours dégradés. Dans le contexte actuel, un TRI supérieur à 2-3 ans ne serait pas accepté.

Le manque de rentabilité est d'autant plus grand en cas de valorisation de chaleur de 'faible' qualité (basse température).

Les marges des PME sont souvent faibles. En conséquence, les ressources humaines et financières sont concentrées sur les principales activités de production. Les employés n'ont pas de temps dédié aux formations. Les dépenses énergétiques représentent une faible part des dépenses globales, et les investissements dédiés à l'activité principale de l'industrie sont prioritaires par rapport aux investissements d'efficacité énergétique. De plus, les coûts d'investissement représentent un défi pour les petites installations.

Il faudrait dépasser l'approche purement économique pour intégrer l'approche environnementale (diminution des émissions de gaz à effet de serre).

Manque d'informations et réticences

Il semblerait que les industriels soient confrontés à un manque de connaissances :

- sur les gisements de chaleur fatale et leurs valorisations possibles

Il semblerait que les industriels ne possèdent pas suffisamment de connaissances sur les gisements de chaleur fatale issue de leurs procédés. Un audit énergétique détaillé permettant de pallier ce manque de connaissances est jugé trop coûteux.

Lorsque les gisements sont connus, les techniques permettant de valoriser cette chaleur ne sont pas appréhendées.

Il faudrait renforcer la communication sur la récupération de chaleur ainsi que les échanges entre les équipementiers proposant des solutions de valorisation et les industriels. Il faut s'assurer en parallèle que suffisamment de bureaux d'études indépendants soient à même d'apporter une expertise sur le sujet.

- sur les aides et mécanismes de soutiens existants

Les petites structures auraient besoin d'accompagnement dans leurs démarches d'innovation et de constitution de dossiers de demande d'aide.

Il semblerait qu'il manque aujourd'hui un mécanisme de financement entre la phase de recherche et le passage à l'échelle industrielle.

Du fait du manque de connaissance du gisement d'économies d'énergie, le budget et le temps alloué à l'optimisation énergétique des procédés sont souvent limités.

Les industriels seraient également réticents à mettre en œuvre des solutions de récupération et valorisation de la chaleur fatale par manque de retours d'expérience chiffrés. Ils seraient sceptiques face à la faisabilité et la rentabilité de ces solutions.

De plus, toute modification liée au procédé de fabrication implique de fortes contraintes : nécessité de faire re-certifier le procédé pour répondre aux exigences des clients, de stopper la production pendant l'installation de nouveau matériel, inquiétudes quant à l'impact sur la qualité du produit, etc. En conséquence, les industriels préfèrent en général récupérer la chaleur fatale générée par les utilités produisant de l'air comprimé, de l'électricité, etc. plutôt que celle générée par les procédés.

Enfin, les échanges entre les industriels et les collectivités sur la valorisation de chaleur fatale seraient compliqués par un manque d'interactions au quotidien.

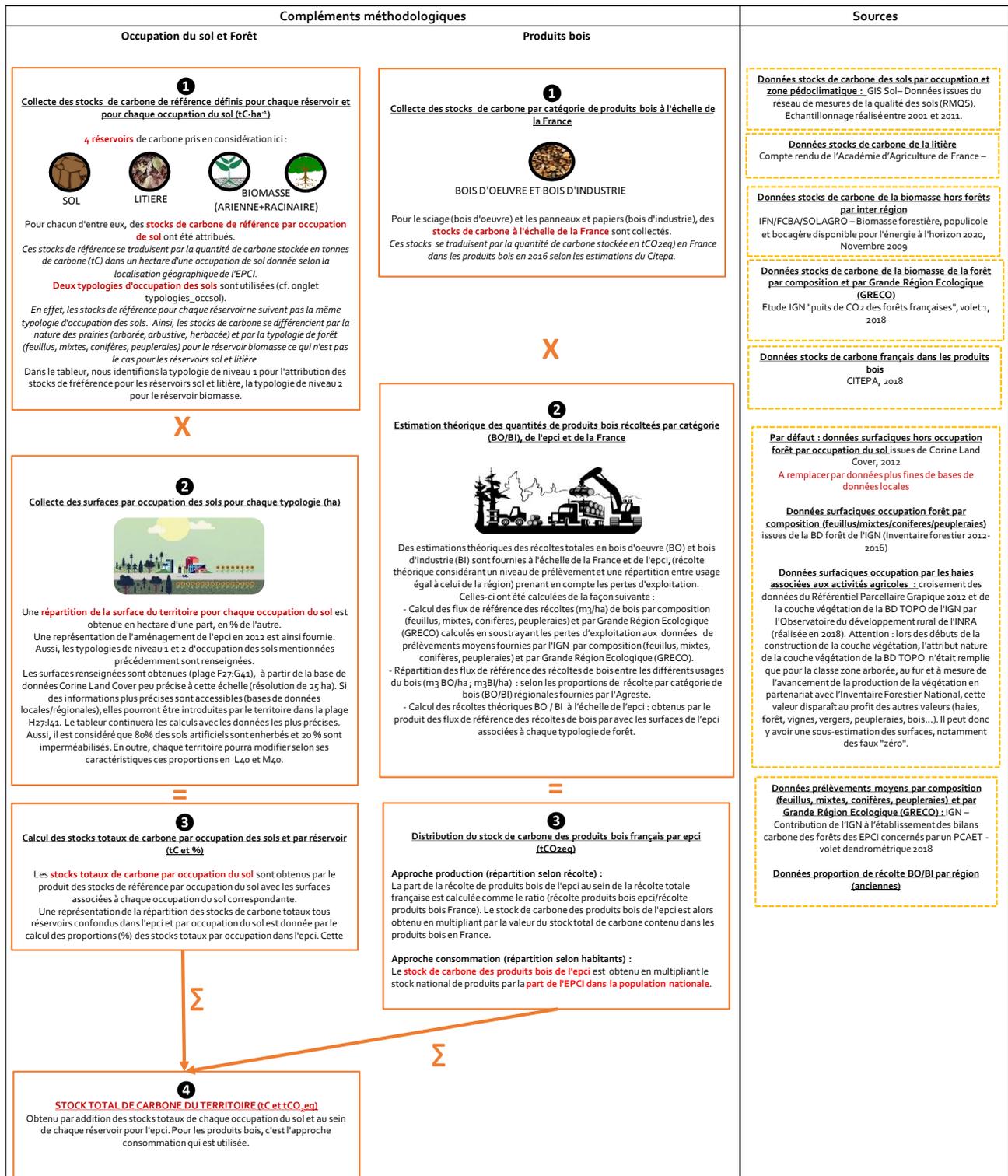
Contraintes contractuelles et réglementaires

Dès lors que les flux sont valorisés en dehors de l'industrie, il est nécessaire de définir un certain nombre d'éléments : qui finance les équipements mettant en relation deux sites industriels de propriétaires différents ? Qui est propriétaire de ces équipements ? Qui en assure les risques et les responsabilités ?

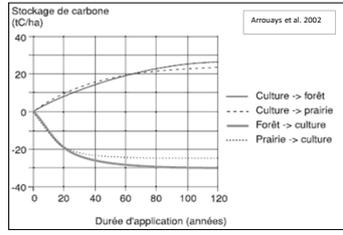
Ces aspects doivent être définis de manière contractuelle. Le manque de dialogue et de coopération entre les industriels ainsi que les difficultés à contractualiser et à répartir les responsabilités représentent des freins à une valorisation externe de la chaleur fatale.

F METHODOLOGIE DE L'OUTIL ALDO® DE L'ADEME

Stock de carbone



Flux de carbone

Compléments méthodologiques	Sources
<p style="text-align: center;">Occupation du sol et Forêt</p> <p>Dans cet onglet, une valeur négative correspond à une émission, une valeur positive à un stockage En rouge sont identifiés les flux durant 20 ans après le changement d'affectation du sol En bleu sont identifiés les flux ayant lieu directement au moment du changement</p> <p style="text-align: center;">1</p> <p>Collecte des flux de référence unitaires (tC·ha⁻¹·an⁻¹ ou tC·ha⁻¹) par réservoir de carbone Le flux de carbone de référence est une variation de stock en tonnes de carbone entre une occupation du sol initiale et une occupation du sol finale par hectare pour les stockages et déstockages immédiats, et par hectare et par an pour les stockages et déstockages progressifs. Pour la biomasse forestière, Les flux de référence sont calculés en soustrayant à la production biologique des forêts la mortalité et les prélèvements de bois.</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; text-align: center;"> <div>  <p>SOL</p> <p>flux estimés pour chaque changement d'affectation des sols spécifiques aux conditions pédoclimatiques</p> </div> <div>  <p>LITIÈRE</p> <p>flux estimés pour chaque changement d'affectation des sols nationaux (métropole)</p> </div> <div>  <p>BIOMASSE (AÉRIENNE + RACINAIRE) HORS FORÊTS</p> <p>flux estimés pour chaque changement d'affectation des sols spécifiques aux</p> </div> <div>  <p>BIOMASSE (AÉRIENNE + RACINAIRE) EN FORÊTS</p> <p>flux estimés pour chaque composition forestière spécifique aux grandes régions écologiques. Ces flux intègrent les dynamiques d'afforestation et de</p> </div> </div> <p style="text-align: center;">LE SAVIEZ-VOUS?</p>  <p>Arrouays et al. 2002</p> <p>Les flux de stockage de carbone des sols mis à disposition ont été déterminés en considérant que les dynamiques de stockage et de déstockage de carbone sont asymétriques. Selon les travaux d'Arrouays et al. 2002, les sols déstockent beaucoup plus vite qu'ils ne stockent. Aussi, après un changement d'affectation des sols, les sols ne (dé)stockent pas de façon linéaire : un stock dit "à l'équilibre" est atteint au bout d'un siècle environ.</p> <p style="text-align: center;">Deux approches différentes d'estimations des flux de carbone par réservoir...</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pour le réservoir "biomasse en forêts", nous utilisons des flux de référence unitaires (tC·ha⁻¹·an⁻¹) associés à chaque composition forestière (C3 à S5) et GRECO. Pour calculer les flux totaux de ce réservoir par composition forestière sur le territoire, nous multiplions chaque facteur de référence par la surface de chaque composition forestière sur le territoire (ha; lignes C119 à C223). Alors, les flux totaux du réservoir biomasse en forêts tiennent compte des changements d'occupation des sols impliquant au moins à l'état initial ou final l'occupation forestière. Il n'est pas possible ici de connaître la part du flux total attribuée à chaque changement d'affectation des sols impliquant la forêt. • Pour les changements d'occupation des sols n'impliquant pas l'occupation forestière, l'estimation des flux dans le réservoir biomasse est faite à partir de l'utilisation de flux de référence unitaires associés à chaque changement d'occupation considéré (C38 à L47) et de variations de surfaces associées (lignes C6 à L70). Cette dernière approche est également utilisée pour l'estimation de flux totaux de carbone pour les réservoirs "sols" (lignes C10 à L18) et "litières" (lignes C24 à L33), qu'ils soient forestiers ou non. <p style="text-align: center;">Produits bois</p> <p style="text-align: center;">1</p> <p>Collecte du puits de carbone par catégorie de produits bois à l'échelle de la France (tCO₂eq·an⁻¹)</p> <p style="text-align: center;">BOIS D'ŒUVRE ET BOIS D'INDUSTRIE</p> <p>Pour le bois d'oeuvre et le bois d'industrie, des valeurs de puits (flux) de carbone à l'échelle de la France sont collectées (CITEPA, 2017).</p>	<p>Données flux de carbone de référence des sols par changement d'affectation des sols par zone pédoclimatique : Traitements ADEME à partir des données du réseau de mesure de la qualité des sols (GIS Sol) et de la méthode de calcul développée par l'INRA dans Arrouays et al. 2002 (Stockier du carbone dans les sols agricoles de France? : http://institut.inra.fr/Missions/Eclairer-les-decisions/Expertises/Toutes-les-actualites/Stockier-du-carbone-dans-les-sols-agricoles-de-France)</p> <p>Données flux de carbone de la litière par changement d'affectation des sols, nationales : CITEPA, guide Ominea 2017</p> <p>Données flux de la biomasse aérienne et racinaire hors forêts par changement d'affectation des sols, par grandes régions : CITEPA, guide Ominea 2017</p> <p>Données flux de carbone de la biomasse aérienne et racinaire des forêts par composition forestière, par grandes régions écologiques (GRECO) sur la base de l'inventaire forestier 2012-2016 : IGN, 2018</p> <p>Données puits de carbone français dans les produits bois (BO/BI) : CITEPA, guide Ominea 2017</p>

