



PLAN CLIMAT AIR ENERGIE TERRITORIAL (PCAET)



DIAGNOSTIC ENERGIE CLIMAT RAPPORT TECHNIQUE ET DETAILLE



Biotope Grand-Est - Antenne de Strasbourg
13 route du Général de Gaulle
67300 SCHILTIGHEIM
Tél : 03 83 28 77 46
Courriel : grandest@biotope.fr



73, cours Albert Thomas
69 447 LYON CEDEX 03
Tél : 04 37 44 15 83
courriel : hl.gal@axenne.fr



87, avenue du Maréchal de Saxe
69003 LYON
Tél : 04 72 44 67 25
courriel : contact@auxilia-conseil.com

SOMMAIRE

1	INFOGRAPHIE ENERGIE / CLIMAT DU TERRITOIRE	7
2	CONSOMMATIONS ENERGETIQUES EN 2020	8
2.1	CONSOMMATION TOTALE DU TERRITOIRE	8
2.2	SECTEUR RESIDENTIEL – SYNTHÈSE - 220 GWh/AN	9
2.3	SECTEUR TERTIAIRE - SYNTHÈSE - 59 GWh/AN	10
2.4	SECTEUR INDUSTRIEL – SYNTHÈSE - 26 GWh/AN	11
2.5	LE SECTEUR AGRICOLE – SYNTHÈSE - 29 GWh/AN	12
2.6	LE TRANSPORT – 113 GWh/AN	13
2.7	BILAN DES CONSOMMATIONS ENERGETIQUES TOTALES DU TERRITOIRE	14
3	PRODUCTION ENERGETIQUE EN 2020	16
3.1	METHODOLOGIE	16
3.2	SOURCE DES DONNEES	17
3.3	BILAN DE LA PRODUCTION D'ENERGIES RENOUVELABLES A FIN 2020 – 95 GWh/AN	19
3.4	SITUATION DU TERRITOIRE PAR RAPPORT AUX OBJECTIFS A L'HORIZON 2030	20
4	FACTURE ENERGETIQUE DU TERRITOIRE	22
4.1	LES FLUX FINANCIERS SUR LE TERRITOIRE EN 2022	22
5	ANALYSE DES RESEAUX	24
5.1	INTEGRATION DES ENERGIES RENOUVELABLES SUR LE RESEAU A L'ECHELLE REGIONALE	24
5.2	A L'ECHELLE LOCALE, L'ETAT DES LIEUX DES RESEAUX	26
5.2.1	La CC Kochersberg Ackerland – description physique des réseaux	26
5.2.2	La CC Kochersberg Ackerland – évolution des réseaux	27
5.3	RESEAUX DE CHALEUR	27
5.4	RESEAUX DE GAZ NATUREL	28
5.4.1	Présentation du réseau de distribution	28
5.4.2	Capacités d'injection de biométhane sur le réseau	29
6	EMISSIONS DE GAZ A EFFET DE SERRE	30
6.1	LES EMISSIONS DE GES DU TERRITOIRE – 111 250 TONNES DE CO ₂ EN 2020	30
6.1.1	Evolution des émissions de GES du territoire	31
6.1.2	Présentation des différents secteurs et de la part des émissions liées à l'énergie ainsi qu'aux émissions non énergétiques	32
6.1.3	L'agriculture	32
6.1.4	Transport routier	32
6.1.5	Résidentiel	32
6.1.6	Tertiaire	33
6.1.7	Industrie hors branche énergie	33
6.1.8	Déchets	33
6.1.9	Que dit la Stratégie Nationale Bas Carbone ?	33
6.2	BILAN CARBONE DU TERRITOIRE EN SCOPE 3	35

6.2.1	Méthodologie du bilan carbone territoire	35
6.2.2	Les émissions de GES du territoire	36
6.3	POTENTIEL DE REDUCTION DES GES	38
7	CAPTATION DE DIOXYDE DE CARBONE	39
7.1	PRINCIPE	39
7.2	SEQUESTRATION DE CARBONE DU TERRITOIRE	39
7.2.1	Méthodologie	39
7.2.2	Le stock de carbone en 2018	40
7.3	FLUX DE CARBONE DU TERRITOIRE	40
7.4	POTENTIEL DE DEVELOPPEMENT DE LA SEQUESTRATION DU CARBONE	41
7.4.1	Utilisation des friches	41
7.4.2	Développement des haies associées aux espaces agricoles	41
7.4.3	La construction bois et l'utilisation de matériaux biosourcés	42
8	BILAN DE LA QUALITE DE L'AIR	43
8.1	PRESENTATION DES DIFFERENTS POLLUANTS ATMOSPHERIQUES	43
8.1.1	Les Oxydes d'Azote (NO _x)	43
8.1.2	Les particules PM10	44
8.1.3	Les particules PM2,5	45
8.1.4	Le Dioxyde de Soufre (SO ₂)	45
8.1.5	L'Ammoniac (NH ₃)	46
8.1.6	Les Composés Organiques Volatils (COV)	46
8.1.7	Autres polluants notoires	47
8.2	LES EMISSIONS DE POLLUANTS ATMOSPHERIQUES SUR LE TERRITOIRE	48
8.2.1	Objectifs nationaux et positionnement du territoire sur les émissions de polluants atmosphériques	50
8.2.2	Potentiel de réduction des émissions de polluants atmosphériques	51
9	VULNERABILITE AU CHANGEMENT CLIMATIQUE	52
9.1	PREAMBULE	52
9.1.1	Un cadre national veillant à adapter le territoire national au dérèglement climatique	52
9.1.2	Aléa, risque et vulnérabilité	52
9.1.3	Une analyse des vulnérabilités climatiques en 3 temps	53
9.1.4	Point méthodologique	53
9.2	ANALYSE DE L'EXPOSITION CLIMATIQUE PASSEE DU TERRITOIRE	54
9.2.1	Point méthodologique	54
9.2.2	Evolution des températures passées	54
9.2.3	Evolution des précipitations passées et de l'ensoleillement	57
9.2.4	Fréquence des événements extrêmes	60
9.2.5	Les vagues de chaleur	62
9.3	ÉVALUATION DE L'EXPOSITION FUTURE	63
9.3.1	Point méthodologique	63
9.3.2	Evolution des températures attendues	63
9.3.3	Evolution des précipitations attendues	65
9.3.4	Fréquence des événements extrêmes attendus	67
9.3.5	Synthèse	69
9.4	ÉVALUATION DE LA SENSIBILITE DU TERRITOIRE FACE AU DEREGLEMENT CLIMATIQUE	72
9.4.1	Méthodologie	72

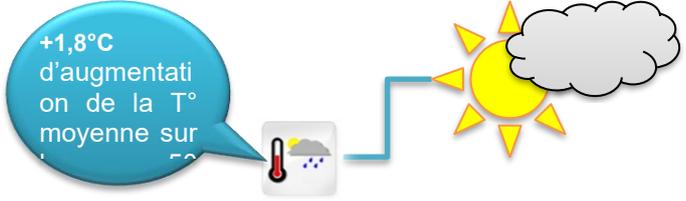
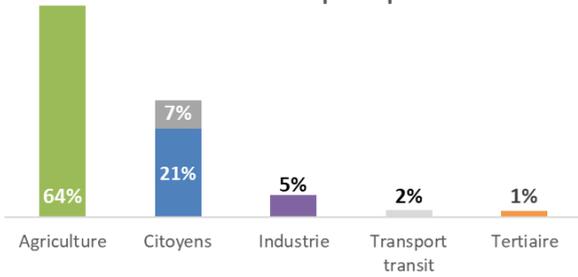
9.4.2	Sensibilité du secteur santé, sécurité et bien-être	73
9.4.3	Sensibilité du secteur patrimoine naturel et paysager	77
9.4.4	Sensibilité du secteur organisation territoriale	82
9.4.5	Sensibilité du secteur production agricole et alimentation	89
9.4.6	Bilan de la sensibilité du territoire	93
10	EVOLUTION DE LA DEMANDE ENERGETIQUE	96
10.1	DYNAMIQUE DE CONSTRUCTION DES LOGEMENTS	96
10.2	EVOLUTION DU SECTEUR TERTIAIRE	96
10.3	EVOLUTION DU SECTEUR DES TRANSPORTS	97
10.4	EVOLUTION DU SECTEUR INDUSTRIEL	97
10.5	EVOLUTION DU SECTEUR AGRICOLE	98
10.6	SYNTHESE	99
11	POTENTIELS DE REDUCTION DES CONSOMMATIONS ENERGETIQUES	99
11.1	POTENTIELS MAXIMUMS THEORIQUES DE MAITRISE DE L'ENERGIE	99
11.2	SCENARIO TENDANCIEL DE MAITRISE DE L'ENERGIE	100
11.2.1	Hypothèses	100
11.2.2	Scénario tendancier - secteur résidentiel	102
11.2.3	Scénario tendancier - secteur tertiaire	104
11.2.4	Scénario tendancier pour le secteur industriel	106
11.2.5	Scénario tendancier pour le secteur agricole	107
11.2.6	Scénario tendancier pour le secteur du transport	108
11.2.7	Synthèse des gains énergétiques en 2030 – scénario tendancier	109
11.3	SYNTHESE DU SCENARIO TENDANCIEL DE MAITRISE DE L'ENERGIE	111
12	POTENTIELS DE PRODUCTION D'ENERGIES RENOUVELABLES	112
12.1	GISEMENTS BRUTS	112
12.2	GISEMENTS THEORIQUES	112
13	TYPLOGIE DU TISSU URBAIN	114
13.1	LA BASE PERMANENTE DES EQUIPEMENTS TERTIAIRES GEOLOCALISES DE L'INSEE	114
14	FILIERES SOLAIRES	115
14.1	GISEMENTS BRUTS	115
14.2	L'ENERGIE SOLAIRE THERMIQUE	116
14.2.1	Productible solaire thermique	117
14.2.2	Contraintes patrimoniales	117
14.2.3	Synthèse des contraintes pour les bâtiments	121
14.2.4	Synthèse des gisements théoriques	122
14.2.5	Cartographies des potentiels sur les bâtiments tertiaires publics et privés	123
14.3	L'ENERGIE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE	124
14.3.1	Productible solaire photovoltaïque	126
14.3.2	Gisements théoriques des installations photovoltaïques	126
14.3.3	Méthodologie : exemple des immeubles existants	126
14.3.4	Ombrières photovoltaïques	126
14.3.5	Les centrales au sol	127
14.3.6	L'agrivoltaïsme	127

14.3.7	Le photovoltaïque flottant ou flottovoltaïque	130
14.3.8	Synthèse des gisements théoriques	132
15	FILIERE BIOMASSE COMBUSTIBLE	133
15.1	GISEMENTS BRUTS	134
15.1.1	Ressources Bois-Energie sur le Grand-Est	134
15.1.2	Ressources bois-energie sur le Kochersberg-Ackerland	135
15.2	GISEMENTS THEORIQUES POUR LES INSTALLATIONS	136
15.2.1	Contraintes	136
15.2.2	Enjeux sur le renouvellement des poêles existants	136
15.2.3	Synthèse des gisements théoriques	137
15.2.4	Cartographie des potentiels pour des réseaux de chaleur bois sur les bâtiments tertiaires	138
16	FILIERE METHANISATION	140
16.1	GISEMENTS BRUTS	140
16.1.1	Estimation des ressources - Axenne	140
16.1.2	Estimation des ressources - ADEME	141
17	FILIERE GEOTHERMIE	142
17.1	GISEMENTS BRUTS	143
17.1.1	Pompes à chaleur sur capteurs horizontaux	144
17.1.2	Pompes à chaleur sur capteurs verticaux	144
17.1.3	Pompes à chaleur sur nappe superficielle	145
17.2	GISEMENTS THEORIQUES	146
17.2.1	Contraintes	146
17.2.2	Synthèse des gisements théoriques	148
18	FILIERE AEROTHERMIE	149
18.1	GISEMENTS BRUTS	149
18.2	GISEMENTS THEORIQUES	149
19	FILIERE RECUPERATION DE CHALEUR	150
19.1	GISEMENTS BRUTS	150
19.1.1	Valorisation des eaux usées	150
19.1.2	Technologie	150
19.1.3	Récupération de l'énergie des eaux usées au niveau des collecteurs	150
19.1.4	Récupération de l'énergie des eaux usées au niveau du bâtiment	152
19.1.5	Récupération de l'énergie des eaux usées au niveau de la station d'épuration	153
19.2	GISEMENTS THEORIQUES	154
19.2.1	Valorisation des eaux usées	154
19.2.2	Récupération de chaleur au niveau des collecteurs	154
19.2.3	Récupération de chaleur au niveau des bâtiments	155
19.2.4	Récupération de chaleur au niveau des STEP	155
19.2.5	Chaleur fatale des industries	156
19.2.6	Industries potentielles	156
19.2.7	Contraintes techniques	156
19.2.8	Contraintes économiques	157
19.2.9	Manque d'informations et réticences	158
19.2.10	Contraintes contractuelles et réglementaires	158

19.2.11 Synthèse des gisements théoriques	159
20 FILIERE EOLIEN	160
20.1 GISEMENTS BRUTS	160
20.1.1 Gisement éolien	160
20.2 GISEMENTS THEORIQUES	162
20.2.1 Le grand éolien	162
20.2.2 Le petit éolien	162
20.2.3 Synthèse des gisements théoriques	164
21 FILIERE HYDROELECTRICITE	165
22 SYNTHESE DES GISEMENTS THEORIQUES	166
22.1 LES FREINS AU DEVELOPPEMENT DES FILIERES	167
23 SYSTEMES DE STOCKAGE ET DE GESTION DE L'ENERGIE	168
23.1 DEFINITION D'UN SMART-GRID	168
23.2 DIFFERENTES ECHELLES DE SMART-GRID	169
23.2.1 A l'échelle d'une maison ou d'un immeuble	169
23.2.2 A l'échelle d'un quartier	170
23.2.3 A plus grande échelle	171
23.3 SCENARIO TENDANCIEL DE DEVELOPPEMENT DES ENERGIES RENOUVELABLES	173
23.3.1 Le scénario tendanciel et les objectifs de la loi TECV et du SRADDET	176

1 INFOGRAPHIE ENERGIE / CLIMAT DU TERRITOIRE

Polluants atmosphériques



34% de maisons chauffées au fioul
21% des maisons chauffées au bois

49% des consommations d'énergie

13% des consommations d'énergie

Les énergies renouvelables couvrent 21% de la consommation

Chaleur est couverte à 55% par les énergies renouvelables

Avec le transport*, le territoire est dépendant des énergies fossiles à 100%

*Hors transport en transit sur le territoire



25% des consommations d'énergie

18% des gaz à effet de serre

82% des trajets domicile →

6% des consommations d'énergie mais

50% stock de carbone du secteur

5% des gaz à effet de serre

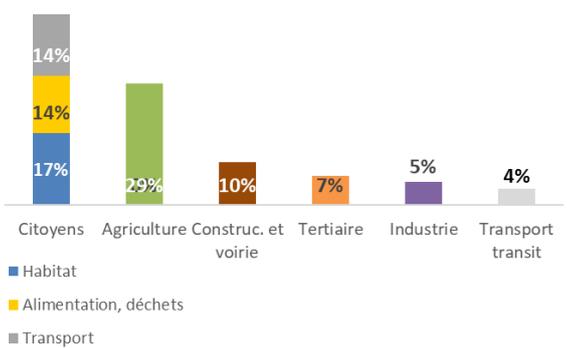
6% des consommations d'énergie

818 ha artificialisation des sols* (soit 14,4%)

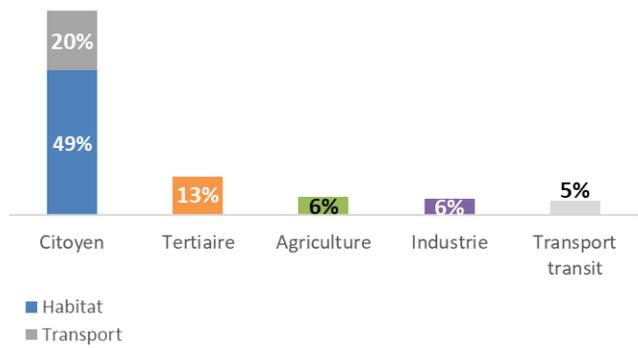
*Entre 2012 et 2017

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

Gaz à effet de serre



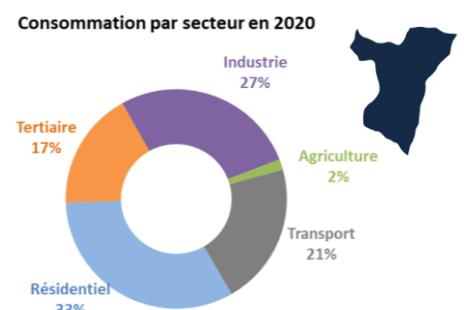
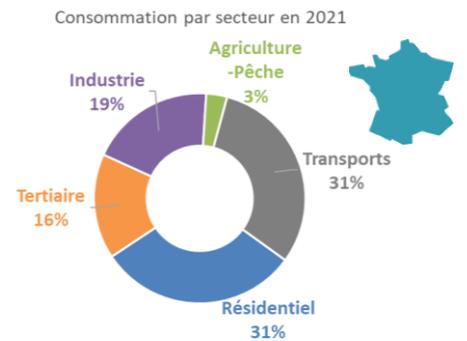
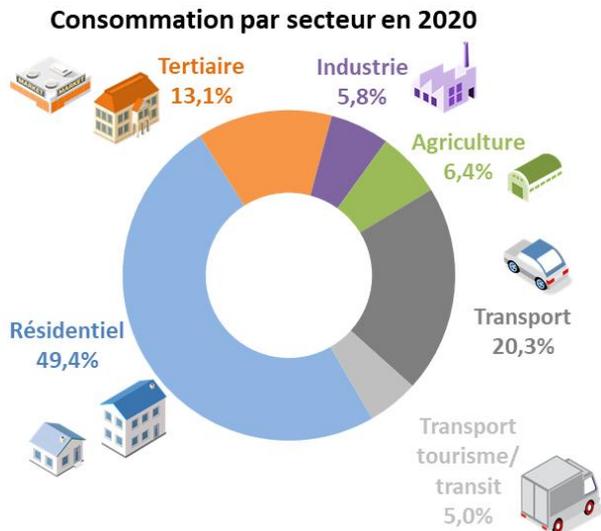
Consommation d'énergie



2 CONSOMMATIONS ENERGETIQUES EN 2020

2.1 Consommation totale du territoire

La consommation totale du territoire est de **446 GWh/an en 2020**

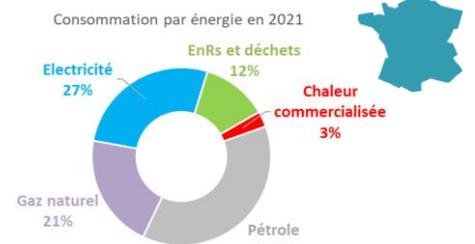
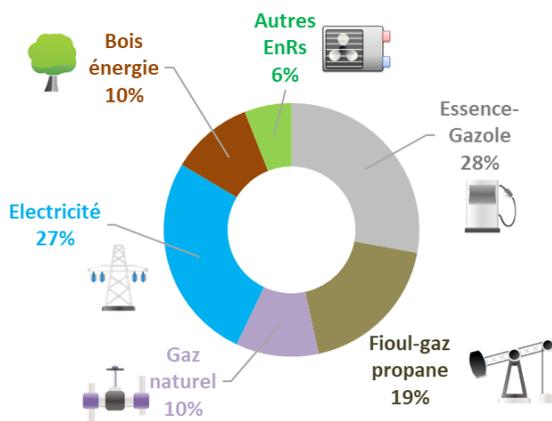


Répartition des consommations énergétiques du territoire par secteur
(source : Atmo Grand Est – consommation à climat réel)

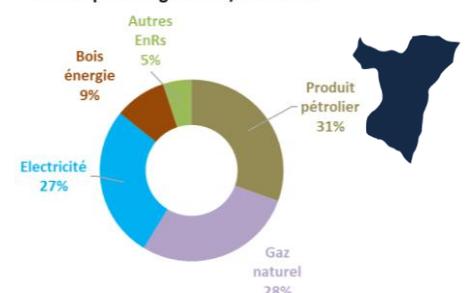
Les bâtiments (résidentiel et tertiaire) représentent 62% des consommations énergétiques. Le transport des citoyens et des acteurs économiques du territoire représente 20% des consommations et l'agriculture est fortement représentée avec 6,4% des consommations, ce qui est bien supérieur aux données nationale et départementale où l'agriculture ne représente pas plus de 3% des consommations. L'industrie pèse peu sur le bilan énergétique avec moins de 6% des consommations totales, bien en deçà de la valeur du département où l'industrie représente 27% des consommations. Le transport en transit qui n'est pas du fait des acteurs et citoyens du territoire représente environ 5% des consommations (notamment avec l'autoroute).

La répartition de la consommation du territoire se distingue par une forte consommation des bâtiments résidentiels et tertiaires, ainsi qu'une très faible part de l'industrie et une forte présence de l'agriculture.

Conso. par énergie MWh/an en 2020



Conso. par énergie MWh/an en 2020

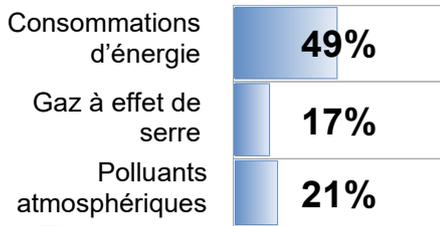


Répartition des consommations énergétiques du territoire par énergie
(source : ATMO Grand Est - consommation à climat réel)

Si l'on ne tient pas compte des consommations du transit des véhicules et poids lourd, le territoire est dépendant des énergies fossiles à hauteur de 54%.

2.2 Secteur résidentiel – Synthèse - 220 GWh/an

Part du secteur résidentiel sur le total en 2020

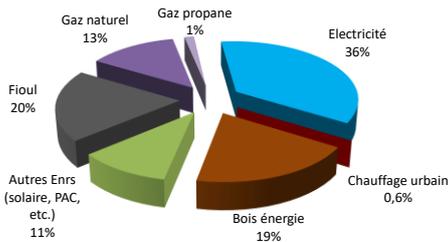


28% des particules fines (10 µm)
54% des particules fines (2,5 µm)
48% des composés organiques volatiles



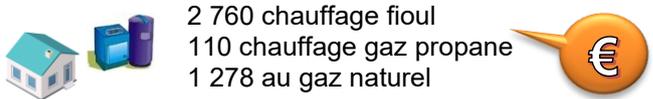
Les polluants atmosphériques proviennent essentiellement des appareils de chauffage au bois.

Consommation de l'habitat hors résidences secondaires (MWh/an) en 2020



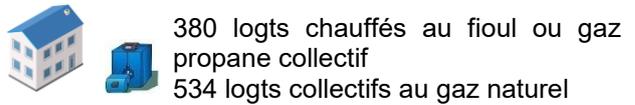
Enjeux du secteur résidentiel

A substituer par des énergies renouvelables (bois, solaire ou géothermie)

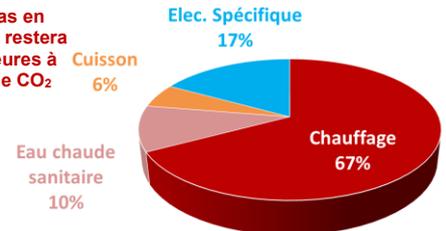


A renouveler pour la qualité de l'air

1 590 chauffage bois (chauffage en base)
1 840 appareils en appoint



Le gaz vert n'existe pas en 2030, la part importée restera à des niveaux supérieures à 80% avec des rejets de CO₂ de 188gCO₂/kWh.



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



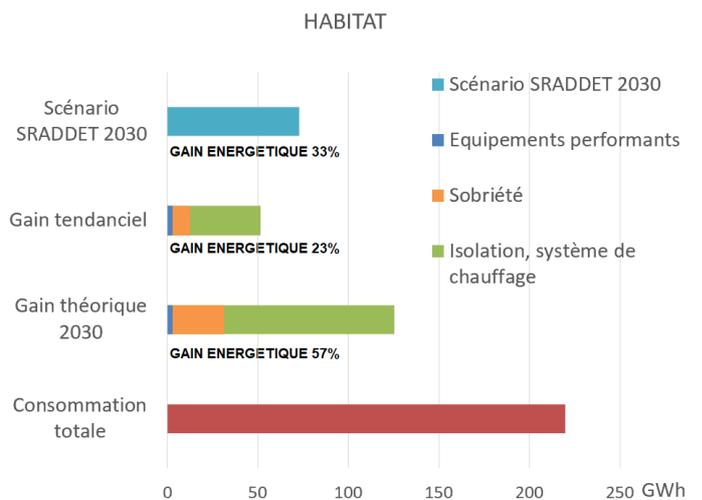
Evolution des consommations



Sources : ATMO Grand Est - Invent'Air V2020 (climat réel)

Légère baisse en dent de scie de la consommation qui tient compte de la dynamique de construction. Cette baisse est confirmée par les données de consommation pour le gaz naturel qui stagne entre 2013 et 2020 tandis que les consommations d'électricité baissent légèrement (-0,8% par an) entre 2013 et 2018. Après 2019, 900 abonnements du secteur résidentiel ont été réaffectés dans le secteur tertiaire.

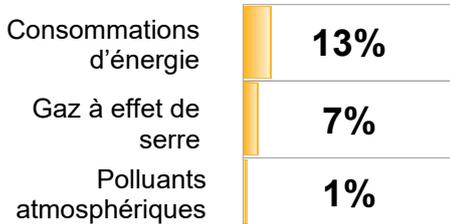
Potentiel de réduction des consommations d'énergies en 2030



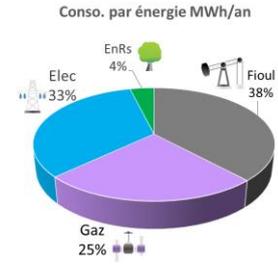
Gain théorique : tous les bâtiments sont isolés et tous les équipements sont performants.
Scénario tendanciel : gain énergétique attendu et l'absence de mesure (scénario « laisser faire »)
Scénario SRADDET : gain énergétique du SRADDET attendu entre 2021 et 2030 pour le secteur résidentiel.

2.3 Secteur tertiaire - Synthèse - 59 GWh/an

Part du secteur tertiaire sur le total en 2020



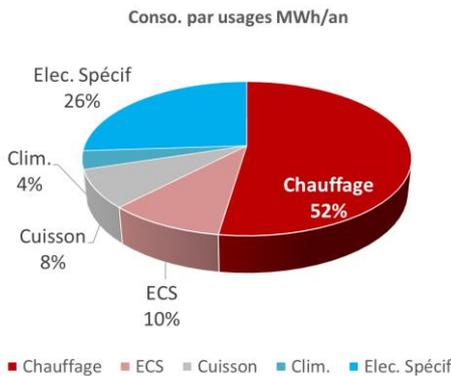
Les énergies fossiles (gaz naturel et fioul) représentent 63% des consommations et 85% des émissions de gaz à effet de serre.



L'enjeu est de substituer le fioul et le gaz naturel par des énergies renouvelables locales (bois, géothermie et solaire thermique et solaire pour l'eau chaude sanitaire).

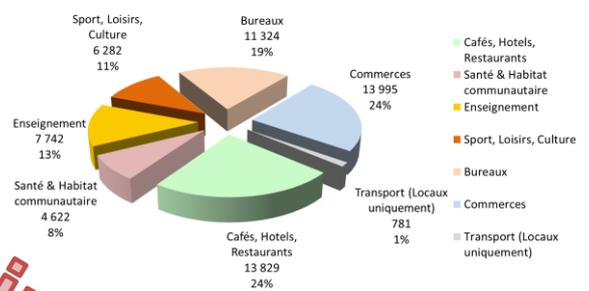
Le gaz vert n'existe pas en 2030, la part importée restera à des niveaux supérieures à 80% avec des rejets de CO₂ de 188 gCO₂/kWh.

Enjeux du secteur tertiaire



Le chauffage représente une part prépondérante des consommations.

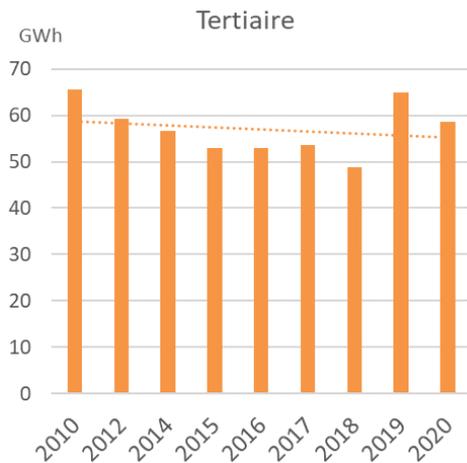
Consommation du secteur tertiaire (MWh/an) en 2020



Les bâtiments publics représentent près de 40% des consommations.

Sources : Estimation d'Axenne sur la base d'un ratio consommation / employé par branche du secteur tertiaire.

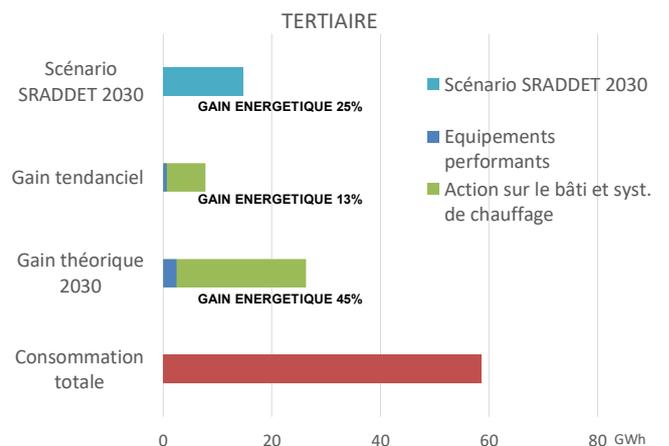
Evolution des consommations



Sources : ATMO Grand Est - Invent'Air V2020 (climat réel)

En 2019 les gestionnaires de réseau ont affecté réellement des consommations au secteur tertiaire tandis qu'elles étaient cumulées auparavant avec le secteur résidentiel, ce qui explique la hausse des consommations. Finalement si l'on étudie le secteur résidentiel + tertiaire, la consommation d'électricité baisse entre 2013 et 2020 (-1,2% par an) ainsi que la consommation unitaire et la consommation de gaz naturel augmente de +2,5% mais la consommation unitaire diminue entre 2013 et 2020 (plus d'abonnées mais moins de consommation par abonné).

Potentiel de réduction des consommations d'énergies en 2030



Gain théorique : tous les bâtiments sont isolés et tous les équipements sont performants.

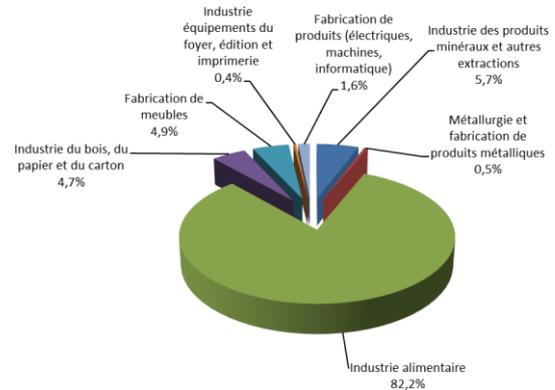
Scénario tendanciel : gain énergétique attendu et l'absence de mesure (scénario « laisser faire »)

Scénario SRADDET : gain énergétique du SRADDET attendu entre 2014 et 2030 pour le secteur tertiaire.

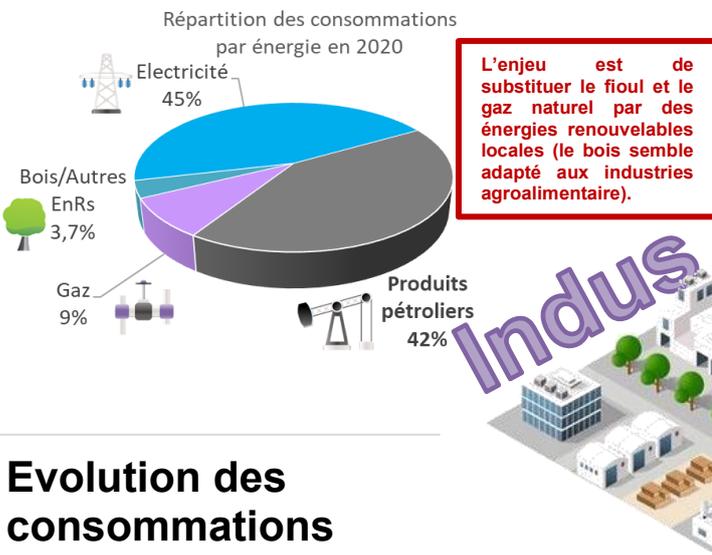
2.4 Secteur industriel – Synthèse - 26 GWh/an

Part du secteur industriel sur le total en 2020

Consommations d'énergie	6%
Gaz à effet de serre	5%
Polluants atmosphériques	5%



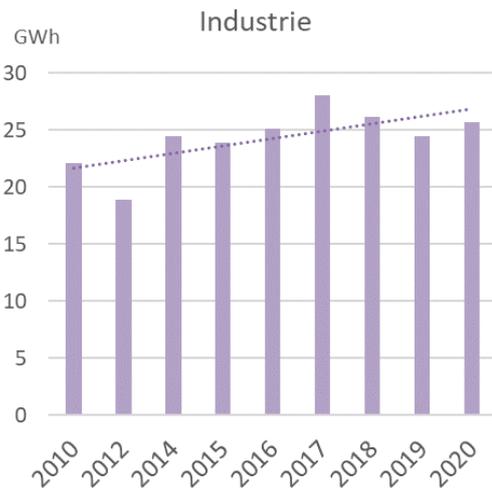
Enjeux du secteur industriel



Estimation basée sur le nombre d'emplois des différentes branches du secteur de l'industrie et un coefficient de consommation par employé (source : Axenne)

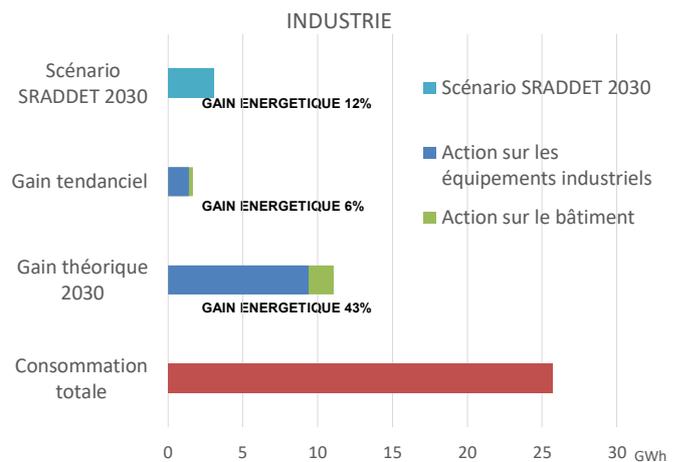
Evolution des consommations

Potentiel de réduction des consommations d'énergies en 2030



Sources : ATMO Grand Est - Invent'Air V2020 (climat réel)

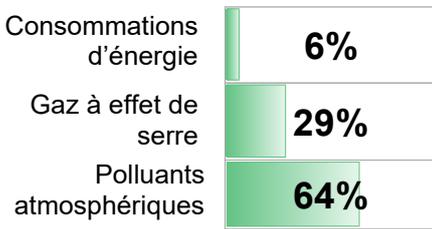
L'observatoire régional de l'énergie indique une hausse de la consommation mais qui tend à se stabiliser depuis 2014. Les gestionnaires des réseaux (électricité et gaz naturel) donnent quant à eux une légère augmentation de la consommation de gaz naturel (+0,1% par an) et une hausse de la consommation d'électricité (+2% par an).



Gain théorique : toutes les actions sur les procédés (variation électronique de vitesse, récupération de chaleur, etc.) sont réalisées, de même que les actions sur le bâti.
 Scénario tendanciel : gain énergétique attendu et l'absence de mesure (scénario « laisser faire »)
 Scénario SRADDET : gain énergétique du SRADDET attendu entre 2012 et 2030 pour le secteur industriel.

2.5 Le secteur agricole – Synthèse - 29 GWh/an

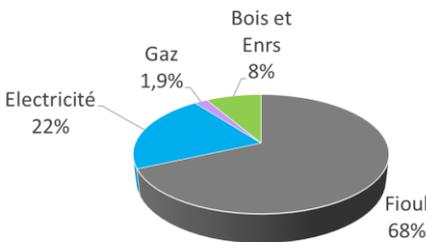
Part de l'agriculture sur le total en 2020



Les pratiques sur l'épandage et la modification des engrais réduisent les émissions d'ammoniac.

Enjeux du secteur agricole

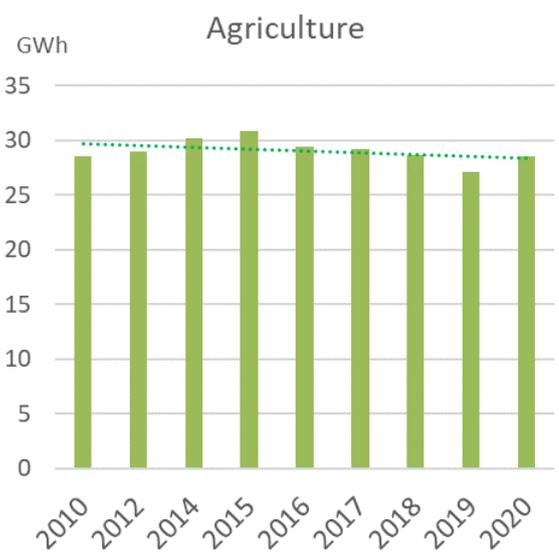
Répartition de la consommation par énergie



L'enjeu est de substituer le fioul par des énergies renouvelables locales (le bois et le solaire thermique pour les besoins d'eau chaude).



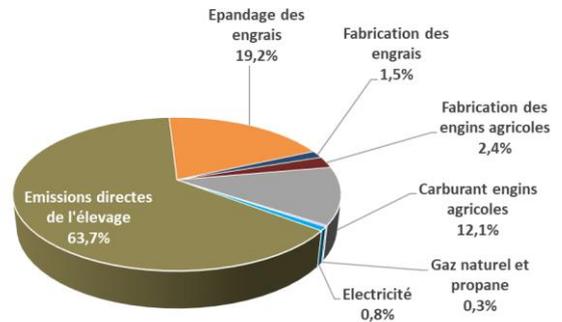
Evolution des consommations



Sources : ATMO Grand Est - Invent'Air V2020 (climat réel)

Une variation en dent de scie pour les consommation de l'agriculture.

Agriculture : émissions de GES par poste



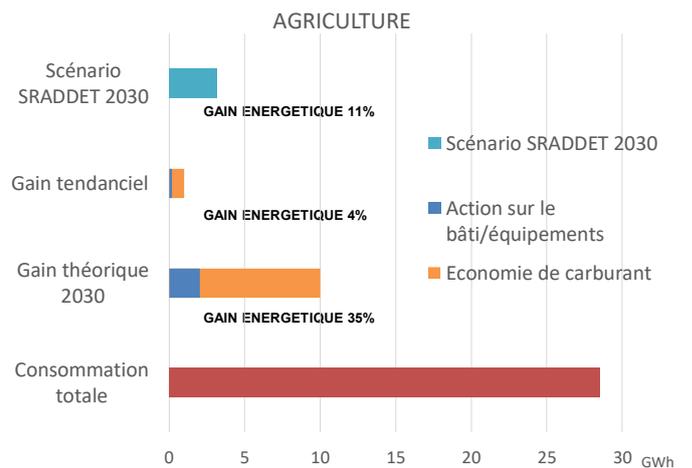
Source : Axenne

Une modification de l'alimentation permet de réduire les émissions de méthane.

Cheptel en 2010	
Bovins	5 717
Vaches laitières	1 595
Vaches allaitantes	244
Equidés	417
Chèvres	33
Brebis	365
Porcins	18 545
Truies	
Poulets	192 611
TOTAL	219 527

Source : AGRESTE 2010

Potentiel de réduction des consommations d'énergies en 2030



Gain théorique : toutes les actions sur les bâtiments et équipements des exploitations agricoles sont réalisées, de même que les actions sur la réduction des consommations de carburant.

Scénario tendanciel : gain énergétique attendu et l'absence de mesure (scénario « laisser faire »)

Scénario SRADDET : gain énergétique du SRADDET attendu entre 2012 et 2030 pour le secteur agricole.

2.6 Le transport – 113 GWh/an

Part du transport sur le total en 2020

	Transport modal	Transport transit (autoroute)
Consommations d'énergie	20%	5%
Gaz à effet de serre	14%	4%
Polluants atmosphériques	7%	2%

Enjeux du secteur transport

Mode de transport pour aller au travail	CC du Kochersberg	BAS RHIN	France
Travail à domicile	4,2%	3,8%	4,1%
A pied	2,0%	5,6%	6,1%
Vélo	1,0%	6,6%	2,3%
Deux roues	0,8%	0,9%	1,8%
Voiture	88%	70%	70,4%
Transport commun	4,4%	13,3%	15,2%

Source : Insee (RGP 2018)

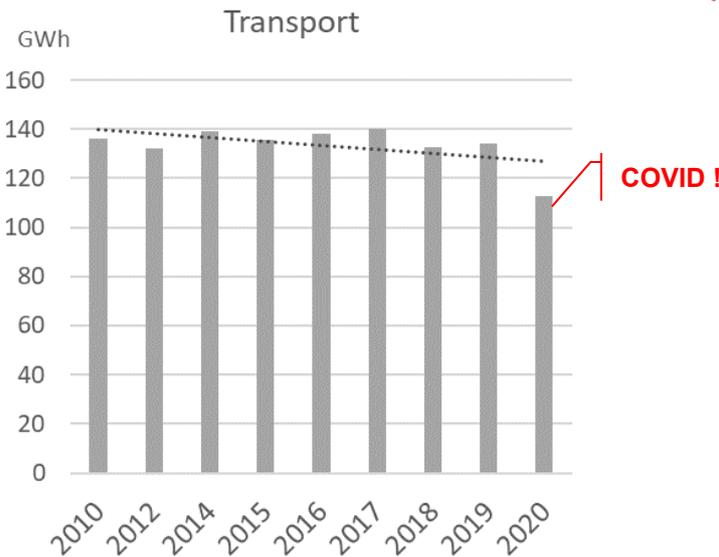
	CC du Kochersberg	BAS RHIN	France
Domicile/travail sur la commune de résidence	13%	32,5%	33,5%
Domicile/travail hors de la commune de résidence	87%	67,5%	66,5%

Source : Insee (RGP 2018)

Très peu de personne travaille sur leur commune de résidence, ce qui entraîne une dépendance au transport et essentiellement la voiture (88%). L'usage des modes doux pour se déplacer est très en retrait de la moyenne nationale et départementale.



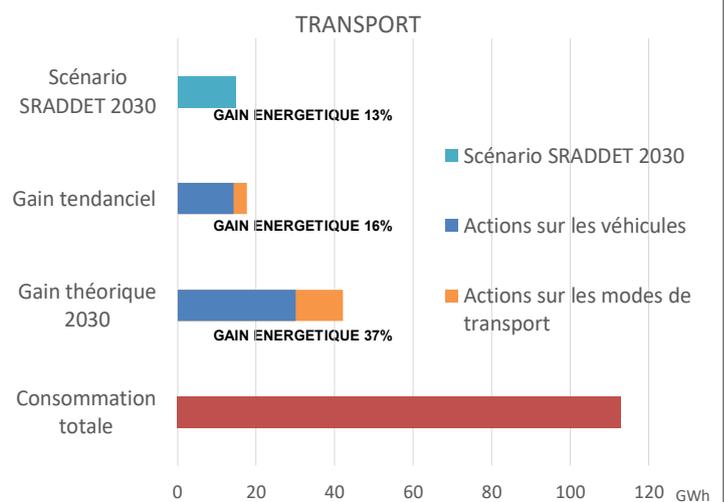
Evolution des consommations



Sources : ATMO Grand Est - Invent'Air V2020

Les consommations du transport sont en dents de scie sans que l'on puisse établir une tendance entre 2010 et 2019. En 2020, la consommation a fortement baissé avec le COVID.

Potentiel de réduction des consommations d'énergies en 2030



Gain théorique : si tout le monde changeait de véhicule, la consommation du parc baisserait sensiblement.
 Scénario tendanciel : gain énergétique attendu essentiellement sur le renouvellement de 40% du parc des véhicules.
 Scénario SRADDET : gain énergétique du SRADDET attendu entre 2012 et 2030 pour le secteur du transport.

2.7 Bilan des consommations énergétiques totales du territoire

Le tableau ci-dessous présente les consommations totales du territoire ainsi que les émissions de gaz à effet de serre que nous avons calculées avec les données de la base carbone de l'ADEME.

Consommation totale par secteur (MWh/an) en 2020	Résidentiel	Résidence secondaire	Tertiaire	Industrie	Agriculture	Transport interne	Transport tourisme/transit	Conso. par énergie MWh/an en 2020	teqCO2 (amont + combust.)
Chauffage urbain	0	0	0					0	0
Produits pétroliers	46 362	21	22 363	10 883	20 018	83 227	20 575	203 449	65 855
Gaz naturel	29 033	22	14 507	2 200	0			45 762	10 754
Electricité	78 368	78	19 466	11 640	6 136	92		115 780	8 960
Bois en base	28 776	15	2 113	947				31 851	1 130
Bois en appoint	13 735	0						13 735	453
Autres Enrs	23 536		124	0	2 379	7 350	1 697	35 086	1 129
Autres combustibles (charb)				0				0	0
								445 663	88 281
Total par secteur en MWh/an :	219 810	136	58 573	25 670	28 533	90 669	22 272		
teqCO2 (amont + combust.)	29 585	18	12 688	4 483	7 037	27 684	6 786		

Sources : Observatoire régional de l'énergie, Ceren, AGRESTE - RICA 2009, Insee : RGP 2018, emploi salarié par département en 2018

Axcéléo

Le tableau ci-dessous présente ces mêmes consommations selon l'arrêté du 4 août 2016 relatif au PCAET :

- les consommations des différents secteurs en incluant les résidences secondaires (inclus dans le secteur résidentiel dans le tableau ci-dessous),
- la consommation du transport routier et du transport non routier (ferroviaire, etc.) indiqué dans la colonne "Autres Transports",
- les consommations d'énergies renouvelables (Bois énergie, 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,
- toutes les données proviennent de l'observatoire régional de l'énergie pour l'année 2020

Consommation totale (GWh/an) en 2020	Résidentiel	Tertiaire	Industrie (hors branche énergie)	Agriculture	Transport routier	Autres transports	Branche énergie	Déchets	Total par énergie
Chauffage urbain	0	0	0				0	0	0
Produits pétroliers	46	22	11	20	104	0	0	0	203
Gaz naturel	29	15	2	0			0	0	46
Electricité	78	19	12	6		0	0	0	116
Bois en base	29	2	1				0	0	32
Bois en appoint	14	0	0	0			0	0	14
Autres Enrs	24		0	2	9		0	0	35
Autres combustibles (charb)			0	0			0	0	0
Total :	220	59	26	29	113	0	0	0	446

Source : ATMO Grand Est - Invent'Air V2020

Rappelons que les données du tableau ci-dessus sont celles d'Atmo Grand-Est.

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 d'électricité, 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.

C'est sur la base des chiffres 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.

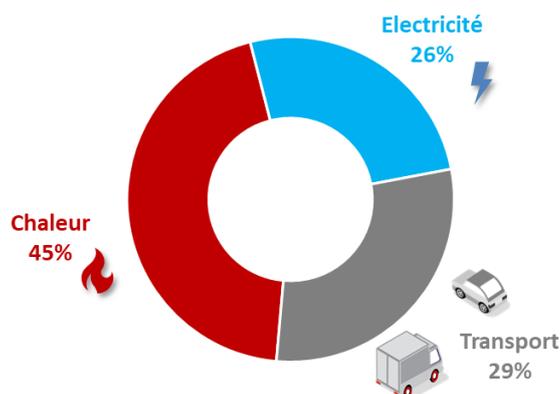
Consommation totale par usage (GWh/an) en 2020	Résidentiel	Tertiaire	Industrie	Agriculture	Transport	Branche énergie	Total par usage
Chaleur	141	39	14	4		0	199
Electricité	78	19	12	6	0	0	116
Transport					18	113	131

Sources : Observatoire régional de l'énergie, Ceren, AGRESTE - RICA 2009, Insee : RGP 2018, emploi salarié par département en 2018

446

La consommation d'électricité est présentée dans sa totalité (éclairage, chauffage, cuisson, élec. spécifique) et la consommation de chaleur provient des énergies fossiles et des énergies renouvelables.

Consommation par usages



Ces données de consommations réparties par usage serviront à l'analyse de la part de production locale d'énergies renouvelables sur les consommations par usages. La loi énergie climat fixe un objectif de porter la part des énergies renouvelables à **33 %** de la consommation finale brute d'énergie en 2030 avec une déclinaison pour l'électricité, la chaleur, les carburants et la consommation de gaz : les énergies renouvelables doivent représenter au moins **40 % de la production d'électricité**, **38 % de la consommation finale de chaleur**, **15 % de la consommation finale de carburant** et **10 % de la consommation de gaz**.

3 PRODUCTION ENERGETIQUE EN 2020

3.1 Méthodologie

Le bilan de la production d'énergie renouvelable à fin 2020 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 ou encore de la part d'énergie renouvelable contenue dans les carburants). 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 collectives ainsi que la consommation dans les réseaux de chaleur au bois).

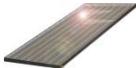
La méthodologie est simple et respecte **le principe de la frontière des territoires** de sorte que si l'exercice était réalisé sur l'ensemble des territoires de France, il n'y aurait pas de double compte et le total des productions d'énergies renouvelables des territoires correspondrait au chiffre exact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

- 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 $\mu = 39,4\%$ en 2019 soit **un COP supérieur à 2,92** (μ représente à l'échelle européenne 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 $>2,92$, 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).
- On ne prend en compte que 50% de la production des UIOM (Usine d'Incinération des Ordures Ménagères) pour la chaleur et la production d'électricité d'origine renouvelable.

Hypothèse pour la production des installations d'énergies renouvelables :

Filière	Type d'installation	gCO ₂ évités/kWh
Solaire thermique 	Chauffe-eau solaire individuel	130,0 gCO ₂ /kWh
	Système solaire combiné	225 gCO ₂ /kWh
	Chauffe-eau solaire collectif	150 gCO ₂ /kWh
Photovoltaïque 	Maison	300 gCO ₂ /kWh
	Immeuble collectif	
	Industrie	
	Centrale au sol	
Chauffage bois 	Maison	192 gCO ₂ /kWh
	Immeuble collectif	160 gCO ₂ /kWh
Hydroélectricité 	Moulin (fil de l'eau)	349 gCO ₂ /kWh
	Hydro lac ou barrage	
	Petite hydroélectricité	
Aérothermie 	Maison	225 gCO ₂ /kWh _{enr}
	Immeuble collectif	193 gCO ₂ /kWh _{enr}
Géothermie 	Maison	225 gCO ₂ /kWh _{enr}
	Immeuble collectif	193 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 données

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, fioul, 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	ATMO Grand Est - Invent'Air V2020	+++
	Bois énergie (chaudières collectives tertiaires et industrielles y compris réseau de chaleur)	ATMO Grand Est - Invent'Air V2020	+++++
	Poêles, cheminées et inserts	INSEE pour le nombre d'équipements (la catégorie "Autre" pour le type de chauffage en base est essentiellement le bois dans les maisons).	+++++
		CEREN utilisation du bois en appoint en région Centre en 2006 Permet d'estimer le nombre de ménages qui utilisent le bois en appoint d'un autre mode de chauffage.	+++
		Les consommations sont recalées avec les données de l'observatoire régional de l'énergie	++++
	Géothermie	Données nationales AFPAC (2020) recalées sur le territoire par un ratio sur le nombre de maisons.	++
		BRGM (BDSS – Banque Du Sous-Sol) ne présente qu'une part infime des installations chez les particuliers.	++
	Aérothermie	Données nationales AFPAC (2020) recalées sur le territoire par un ratio sur le nombre de maisons	+
Biogaz	ATMO Grand Est - Invent'Air V2020	+++++	
Biomasse	ATMO Grand Est - Invent'Air V2020	+	
Valorisation énergétique des déchets (chaleur)	SINOE	Pas d'installation	
ELECTRICITE	Hydroélectricité	ODRE 2020	++++
	Photovoltaïque		
	Eolien		
	Biogaz	ODRE 2020	++++
	Valorisation énergétique des déchets (électricité)	ODRE 2020	++++

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

3.3 Bilan de la production d'énergies renouvelables à fin 2020 – 95 GWh/an

Bilan des énergies renouvelables 2020		CC du Kochersberg
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)	 588 3 731 m ² 1 306 MWh/an 170
	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)	 1 207 2 113 MWh/an 372
	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)	 3 431 11 790 42 526 MWh/an 8 165
	Géothermie (Estimation) nb installations puissance installée (kW) production renouvelable (MWh/an) rejet de CO ₂ évité (tCO ₂ /an)	 188 1 191 kW 3 949 MWh/an 825
	Aérothermie - pompes à chaleur (Estimation) nb d'installations puissance installée (kW) production renouvelable (MWh/an) rejet de CO ₂ évité (tCO ₂ /an)	 1 089 5 552 kW 18 405 MWh/an 4 141
	Biogaz nb de site production de chaleur (MWh/an) rejet de CO ₂ évité (tCO ₂ /an)	 1 18 870 MWh/an 3 642
	Biomasse (production de chaleur industrie) nb de site production de chaleur (MWh/an) rejet de CO ₂ évité (tCO ₂ /an)	 947 MWh/an 183
	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)	88 116 MWh/an 17 498

PRODUCTION D'ELECTRICITE	Hydroélectricité nb installations puissance installée (kW) production annuelle (MWh/an) rejet de CO ₂ évité (tCO ₂ /an)	 0 0 kW 0 MWh/an 0
	Photovoltaïque (30/06/2021) nb installations nombre de m ² puissance installée (kWc) production annuelle (MWh/an) rejet de CO ₂ évité (tCO ₂ /an)	 358 43 452 m ² 6 518 kWc 6 705 MWh/an 2 012
	Eolien nb d'éoliennes puissance installée (kW) production annuelle (MWh/an) rejet de CO ₂ évité (tCO ₂ /an)	 0 0 kW 0 MWh/an 0
	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)	6 705 MWh/an 2 012
	Agrocarburant nb de site Production annuelle (MWh/an) (non comptabilisé dans le total)	 0 168 MWh/an
	Ressource bois énergie du territoire Production annuelle (MWh/an) (non comptabilisé dans le total)	 2 190 MWh/an
	TOTAL TOUTES ENERGIES RENOUVELABLES production annuelle (MWh/an), hors ressource bois rejet de CO ₂ évité (tCO ₂ /an) Part de la consommation totale du territoire	94 821 MWh/an 19 509 21,3%

Sources : ATM0 Grand Est - Invent'Air V2020, ODRE, AFPAC

**Soit une production totale
de 95 GWh en 2020**

3.4 Situation du territoire par rapport aux objectifs à l'horizon 2030

Le tableau suivant présente quelques indicateurs énergétiques sur le territoire, ainsi que sur le département du Loiret pour l'année 2016 (source OREGES) et en France¹ pour l'année 2019.

INDICATEURS SUR LES ENERGIES RENOUVELABLES EN 2020	CC du Kochersberg	BAS RHIN	France 2019	Objectifs de la loi Energie Climat en 2030
Part de la prod. locale d'énergies renouvelables sur la consommation totale (y compris transport) 	21%	31%	17,2%	33%
Part de la prod. locale des Enrs thermiques sur la conso. de chauffage et d'eau chaude* 	35%	NC	22,7%	38%
Part de la prod. locale des Enrs élec. sur la consommation totale d'électricité** 	6%	51%	22,3%	40%
Part du biogaz injecté dans le réseau de gaz naturel 	41%	1%	0,45%	10%
Part d'EnRs dans la consommation de carburant*** 	8%	NC	9,3%	15%

* 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

*** Ethanol dans l'essence et huiles végétales ou animales transformées chimiquement

Il y a jusqu'à 10% de biocarburants² considérés comme énergie renouvelable dans l'essence sans plomb SP95 (E10), jusqu'à 5% dans l'essence sans plomb SP98 (E5) et 85% pour le superéthanol E85. Le gazole contient quant à lui 7,7% de biocarburants en 2016.

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 confirmée par la loi relative à l'énergie et au climat : porter la part des énergies renouvelables à 23 % de la consommation finale brute d'énergie en 2020 et à 33 % au moins de cette consommation en 2030 ; à 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 : fioul, 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.

Le SRADDET Grand Est se fixe également des objectifs ambitieux sur la production d'énergies renouvelables en 2030 :

Trajectoires de développement de la production d'énergie renouvelable par filière (à titre indicatif)					
GWh	2012	2021	2030	2050	coefficient multiplicateur 2030/2021
Hydraulique réelle	8 550	8 552	9 016	9 800	1,05
Biogaz	356	1 544	5 267	27 184	3,41
Biocarburants	6 826	7 726	7 800	8 000	1,01
Bois énergie	12 482	17 137	18 370	20 730	1,07
Chaleur Fatale	626	2 310	4 750	9 500	2,06
Solaire thermique	101	181	269	726	1,49
Photovoltaïque	396	1 081	2 470	5 892	2,28
PAC géo/aquathermiques	1 351	3 298	4 580	6 500	1,39
Géothermie très haute énergie (année réf. 2016)	38	417	990	2 250	2,37
Eolien	3 517	6 863	11 988	17 982	1,75
TOTAL	34 205	49 107	65 501	108 564	1,33

1 France métropolitaine pour les indicateurs de solaire thermique et photovoltaïque

2 Les biocarburants regroupent principalement :

- L'éthanol et son dérivé ETBE (éthyl tertio butyl éther), provenant de la betterave à sucre et les céréales (blé, maïs)
- Les bio-essences de synthèse (hydrocarbure synthétique ou mélange d'hydrocarbures synthétiques produits à partir de la biomasse)

Voici la situation du territoire en 2020 par rapport à ces différents objectifs :

	Objectifs 2030 (loi Energie Climat)	CC du Kochersberg à fin 2020	Objectifs de la loi Energie Climat en 2030	SRADDET 2030
Couverture des besoins de chaleur par les Enrs	38%	35%	38,0%	34,0%
Couverture des besoins d'électricité par les Enrs	40%	6%	40,0%	60,0%
Couverture du gaz naturel par les EnRs	10%	41%	10,00%	13,00%
Part d'EnRs dans la consommation de carburant	15%	8,0%	15,00%	20,00%
Couverture globale des consommations par les Enrs locales	33%	21%	33,0%	41,0%

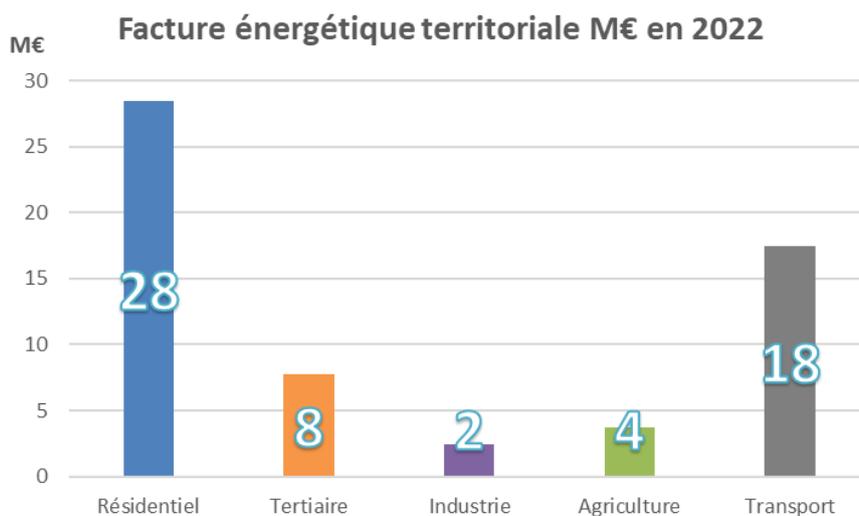
Nous verrons par la suite que les objectifs de couverture des énergies renouvelables pour la chaleur peuvent tout à fait être reportés sur le territoire, mais il sera difficile d'atteindre un objectif ambitieux pour la production d'électricité, le territoire ne disposant pas de ressource pour un parc éolien ou de très grandes centrales photovoltaïques au sol.

4 FACTURE ENERGETIQUE DU TERRITOIRE

Le graphique suivant présente la facture énergétique du territoire par secteur. Il est élaboré sur la base du coût moyen par type d'énergie et par acteur en 2022 avec les données de consommation de 2020. Nous avons choisi de présenter les chiffres avec les données actualisées des coûts d'énergie ayant très fortement augmenté depuis 2020. D'autre part, nous avons constaté qu'il y avait peu d'évolution sur les consommations d'énergie d'une année sur l'autre de même pour la production d'énergie.

Si nous avions présenté une facture énergétique en 2020, celle-ci ne refléterait pas du tout la situation actuelle pour l'ensemble des acteurs du territoire. Cette facture énergétique territoriale reflète la consommation interne du territoire (nous n'avons pas comptabilisé les consommations de transport du transit des camions et du tourisme, essentiellement présentes sur l'autoroute, puisqu'il ne s'agit pas d'une dépense du territoire).

La facture énergétique du territoire s'élève ainsi à environ **60M€ contre 43 M€ en 2020**.



Facture énergétique par secteur simulée en 2022

Les coûts moyens constatés sur l'année 2022 par type d'acteur sont présentés dans le tableau ci-après (vous noterez que seul le secteur résidentiel est comptabilisé en €TTC, les autres secteurs ayant généralement la possibilité de récupérer la TVA).

Energie €/MWh en 2022	Résidentiel €TTC/MWh	Tertiaire €HT/MWh	Industrie €HT/MWh	Agriculture €HT/MWh
Fioul	147	128	71	128
Gaz naturel	85	78	61	78
Gaz propane	157	104	104	104
Electricité	192	191	126	191
Chauffage urbain	111	106	106	106
Bois énergie	97	25	25	25
Gazole	191			
Essence SP95	205			

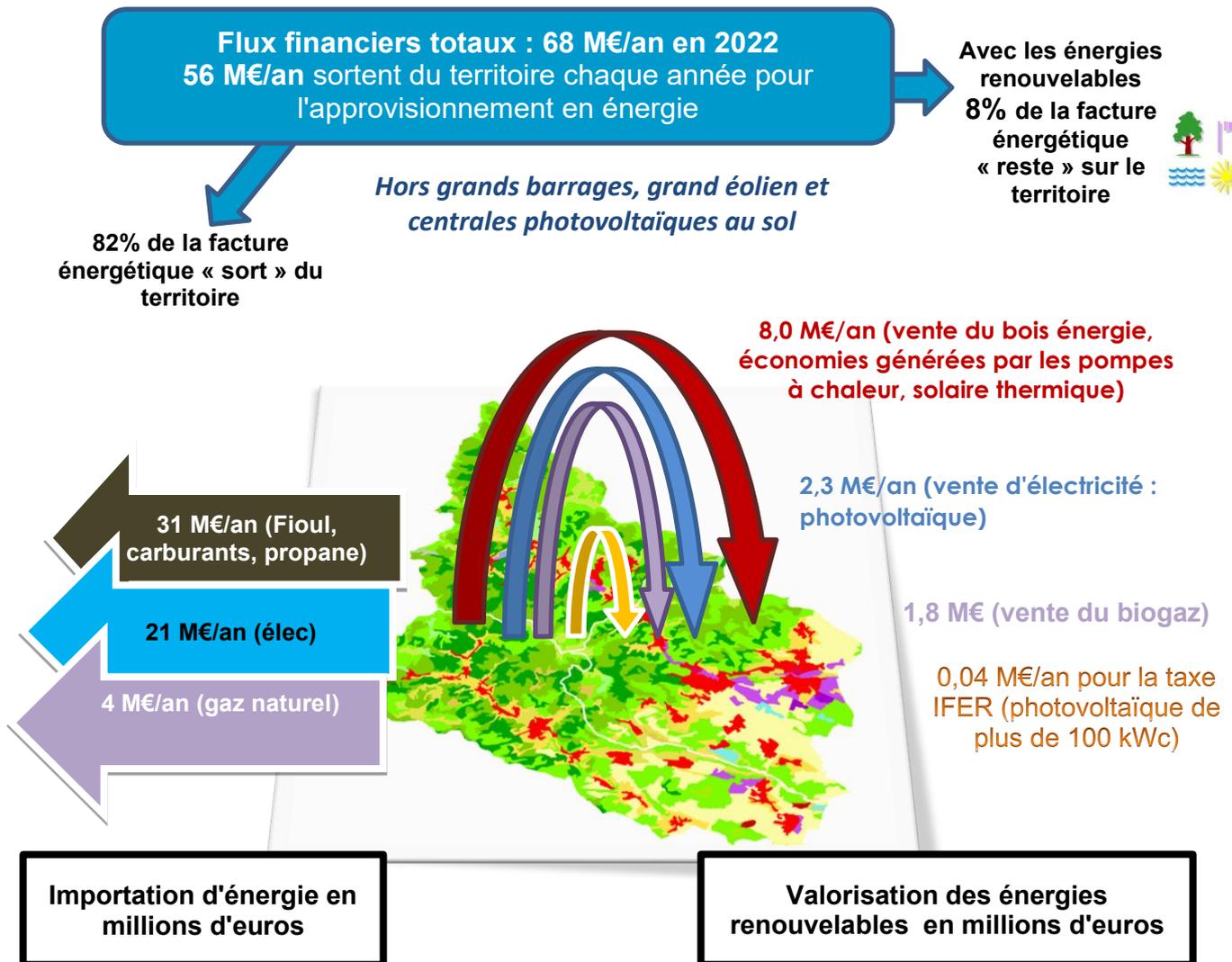
Sources : base Pégase, AMORCE, INSEE

4.1 Les flux financiers sur le territoire en 2022

Les flux financiers sur le territoire proposent une vision complémentaire à la facture énergétique.

Ils tiennent compte de ce qui retourne au territoire avec les économies générées par les énergies renouvelables thermiques (y compris la vente du bois énergie que l'on considère locale), les factures éditées par les acteurs du territoire dans le cadre de l'obligation d'achat (photovoltaïque et hydrauliques hors grandes centrales propriétés des développeurs) et enfin la taxe IFER qui est reversée aux collectivités et au département.

Le graphique ci-dessous présente les flux financiers.



Représentation des flux financiers de la production d'énergie

On peut retrouver le montant de la facture énergétique en additionnant tout ce qui sort du territoire (fioul, élec, gaz naturel) et une partie de la valorisation financière de la chaleur thermique (les factures de bois énergies payées par les acteurs du territoire).

5 ANALYSE DES RESEAUX

5.1 Intégration des énergies renouvelables sur le réseau à l'échelle régionale

Source : <https://www.rte-france.com/projets/s3renr/s3renr-raccordement-energies-renouvelables-grand-est>

Pour assurer les raccordements nécessaires et la circulation de l'électricité produite par les EnR, il faut développer la capacité des réseaux électriques actuels. Elle implique la construction de nouveaux ouvrages de réseau (lignes et postes), et une optimisation de l'utilisation des lignes existantes par l'intermédiaire d'une utilisation généralisée des flexibilités. Cette adaptation du réseau de transport repose sur des principes économiques présentés dans le schéma décennal de développement du réseau de RTE (SDDR), publié en septembre 2019.

Dès 2018, le processus de révision du S3REnR à la maille de la région administrative Grand Est a été initié, sur la base d'une capacité d'accueil globale fixée par le Préfet de région à 5 000 MW supplémentaires en tenant compte des Programmations Pluriannuelles de l'Énergie (PPE), du Schéma Régional d'aménagement, de développement durable et d'égalité des territoires (SRADDET) et de la dynamique de développement des EnR dans la région.

La quote-part du schéma régional de raccordement au réseau des énergies renouvelables S3REnR Grand Est a été approuvée par arrêté de la préfète de région. L'arrêté préfectoral est publié au recueil des actes administratifs de la préfecture de région le 5 décembre 2022.

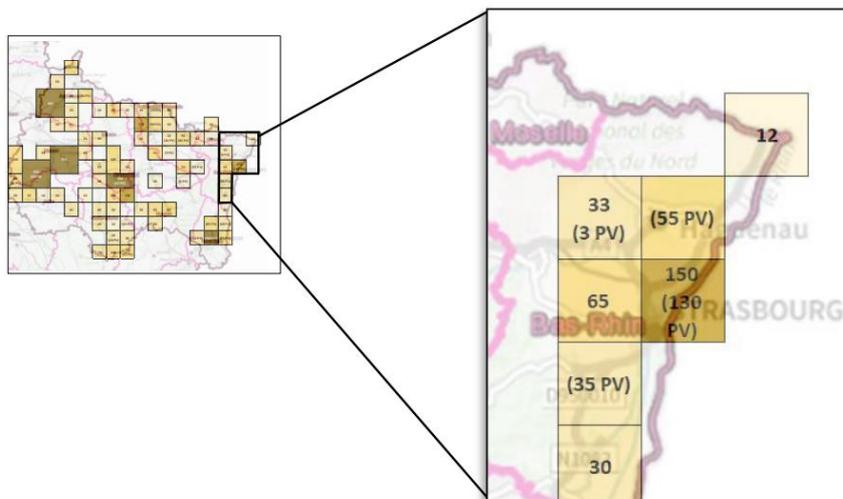
Le S3RENr de la région Grand-Est présente les investissements par zone électrique, le territoire du Kochersberg-Ackerland est situé dans la zone 9 – Nord Alsace.

La zone électrique considérée est constituée du département du Bas-Rhin.

Cette zone est historiquement concernée par la production hydroélectrique le long du Rhin.

Le gisement considéré sur la zone de l'ordre de 380 MW. Il est représenté de manière agrégée par carrés de 20 km sur la carte ci-dessous.

Il est rappelé que la prise en compte d'un gisement dans les études du S3REnR ne préjuge pas de la décision de réaliser ou non un projet d'énergies renouvelables. Cette décision ne relève pas du S3REnR.

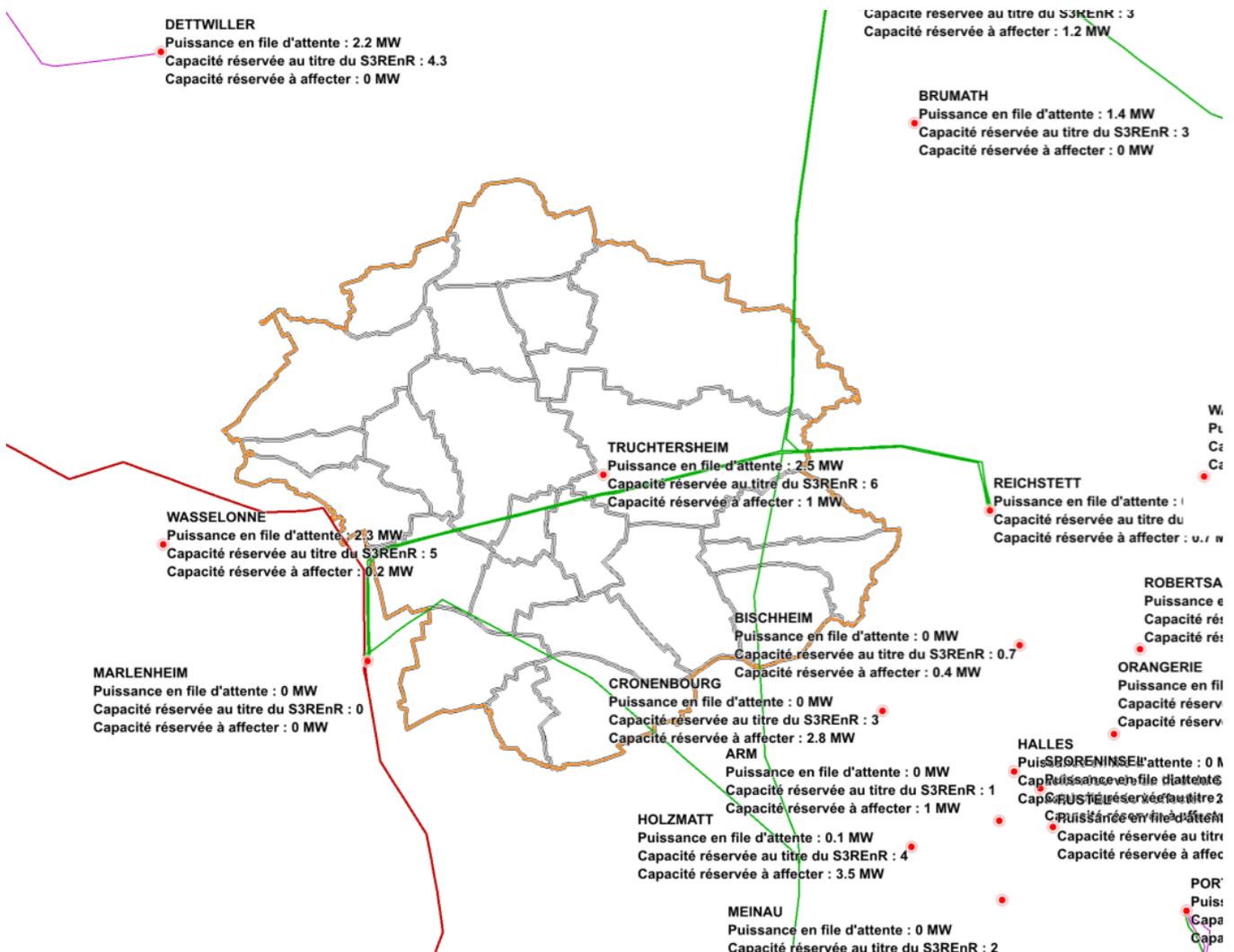


Le réseau HTB de la zone est peu sollicité pour l'accueil de la production EnR des filières éoliennes et photovoltaïques.

Dans certaines situations, des contraintes peuvent apparaître sur des ouvrages du réseau de transport de la zone. Elles seront levées par des automates. La mise en place de ces automates évite des investissements conséquents en écrêtant si nécessaire la production en cas d'apparition d'une contrainte (en complément de manœuvres automatiques sur le réseau).

Le gisement potentiel pourra être accueilli sur les postes de la zone sans nécessiter de travaux grâce aux capacités d'ores et déjà disponibles. Aucun renforcement d'ouvrage envisagé dans la zone. Aucune création d'ouvrage envisagée dans la zone.

Voici les capacités d'accueil disponibles sans travaux qui restent à affecter fin 2022, cette capacité ne tient pas compte de tous les projets actuellement en file d'attente (les projets en cours de développement et de raccordement, les valeurs affichées sont susceptibles de changer rapidement avec l'essor éventuel de certains projets) :



Carte du réseau de transport d'électricité gérée par RTE et positionnement des postes sources

La capacité d'accueil des énergies renouvelables électriques sur le réseau RTE est de 1 MW sur le territoire (réservés sur le poste source de Truchtersheim) et de plus de 35 MW sur le réseau de distribution. A proximité du territoire sur les postes sources de Cronenbourg et Bischheim est de 3,2MW sur le réseau RTE et de plus de 100 MW sur le réseau de distribution.

CE QU'IL FAUT RETENIR

Le réseau de transport d'électricité est bien dimensionné pour accueillir les projets actuellement en développement. De nouveaux projets sont également susceptibles de pouvoir se raccorder sur les postes sources sous réserve d'éventuelle adaptation du réseau, mais la puissance est conséquente.

5.2 A l'échelle locale, l'état des lieux des réseaux

5.2.1 LA CC KOCHERSBERG ACKERLAND – DESCRIPTION PHYSIQUE DES RESEAUX

(2021 - source Strasbourg Electricité Réseaux)

Moyenne Tension (HTA) Haute Tension A ou HTA (dite aussi « Moyenne Tension ») peut être comprise entre 1 kV et 50 kV (très souvent en 20 kV)

Réseau moyenne tension total km	34,5 km
Aérien nu	2,7 km (7,8%)
Aérien torsadé	0 km (0 %)
Souterrain	31,8 km (92,2%)



L'ensemble des travaux et renouvellement des réseaux HTA sont réalisés en souterrain.

Sur le territoire de la CC Kochersberg Ackerland, 92.2% du réseau HTA est en souterrain et 100% du réseau HTA aérien est en fils nus.

Sur l'ensemble du territoire de Strasbourg Electricité Réseaux, 83,7% du réseau HTA est en souterrain et 95,9% du réseau HTA aérien est en fil nu.

Basse Tension (BT) Les valeurs standards pour les dispositifs raccordés en basse tension sur le réseau Enedis correspondent à :

- 230 V pour la tension simple (monophasée)
- 400 V pour la tension composée (triphasee)

Réseau basse tension total km	317,2 km
Aérien nu	0 km (0%)
Aérien torsadé	115,8 km (36,5%)
Souterrain	201,4 km (63,5%)



Sur le territoire de la CC Kochersberg Ackerland, 63,5 % du réseau BT est en souterrain.

Il n'y a quasiment plus de réseau aérien basse tension en fils nus sur l'ensemble du réseau géré par Strasbourg Electricité Réseaux, et 60 % du réseau BT est en souterrain.

Au global (réseau BT et HTA) 100 % des travaux du réseau se font en technique discrète et fiable (technologie souterraine ou aérienne torsadée).

Le territoire en 2021 présentait un taux de 0,7 % de client en écart par rapport aux seuils réglementaires (les usagers ont alors une tension de +10% ou -10% par rapport à la tension nominale de 230 Volts ou 400 Volts en triphasé).

Une chute de tension peut être causée par de nouveaux consommateurs sur une branche du réseau si ce dernier n'est pas dimensionné (section des câbles) pour accueillir ces nouveaux arrivants. Une chute de tension peut également apparaître avec l'installation de nouveaux équipements et d'un changement de tarif chez un abonné qui serait en bout de ligne dans le cas où cet abonné augmenterait sa puissance souscrite.

Ces chutes de tension peuvent causer des dommages notamment sur les équipements électroniques ou encore provoquer la mise en sécurité des chaudières fioul ou gaz.

Une tension supérieure au seuil réglementaire peut être due à une présence de l'habitation très proche du transformateur (Strasbourg Electricité Réseaux étant parfois obligé d'augmenter la tension au niveau du transformateur pour assurer une tension minimale en bout de ligne). Une tension trop importante peut également endommager les équipements électriques.

5.2.2 LA CC KOCHERSBERG ACKERLAND – EVOLUTION DES RESEAUX

(2021 - source Strasbourg Electricité Réseaux)

Travaux de renouvellement des réseaux initiés par Strasbourg Électricité Réseaux :

- Entre Woellenheim et Willgottheim : mise en souterrain du réseau basse tension sur 300 mètres.
- Truchtersheim : Pose anticipée d'un kilomètre de gaines TPC près du giratoire de la route D30
- Handschuheim : Enfouissement du réseau HTA DSP* sur 500 mètres entre deux postes HTA/BT de la rue des Collines et rue du Laegert.
- Durningen : Enfouissement du réseau HTA DSP* passant par la rue principale sur 2 km.

Travaux de raccordements :

- Raccordement d'un consommateur BT+ à Rohr avec 700 mètres de réseau HTA souterrain et un nouveau poste HTA/BT
- Wiwersheim : Nouveau raccordement BT+ rue du village pour la maison des associations.

Sur l'année 2021, 1,2 millions d'euros ont été investis dans les réseaux électriques de la communauté de communes. 800 k€ pour des travaux de raccordements et 400 k€ de renouvellement des ouvrages existants.

(*) Le réseau DSP caractérise les ouvrages électriques dont l'Etat est propriétaire, à différencier du réseau DP appartenant aux communes. Dans les deux cas, Strasbourg Électricité Réseaux l'entretient et l'exploite en tant que concessionnaire.

Fin 2022, Strasbourg Electricité Réseaux a débuté le remplacement des compteurs individuels par les compteurs communicants. Le déploiement de ces compteurs sur les communes de la Comcom Kochersberg Ackerland est prévu entre septembre 2023 et février 2025.

Strasbourg Électricité Réseaux investit dans sa transformation digitale avec notamment un projet de refonte de son outil de conduite du réseau qui impactera la gestion du réseau. Le poste source de Truchtersheim sera directement impacté avec ces évolutions.

A fin 2022, il y a 90 producteurs photovoltaïques en autoconsommation avec vente en surplus sur le territoire du Kochersberg Ackerland.

CE QU'IL FAUT RETENIR

Le réseau électrique de ce territoire est solide et en mesure d'accueillir des productions EnRs selon les puissances que nous traitons habituellement (en BT).

A ce jour nous n'avons pas d'informations sur un éventuel projet de forte puissance sur ce secteur.

Si ce devait être le cas, le Gestionnaire du Réseau de Distribution STRASBOURG ELECTRICITE RESEAUX reste à disposition pour analyser, le plus en amont possible, toutes demandes de raccordement d'un projet de forte puissance.

5.3 Réseaux de chaleur

Il n'y a pas de réseau de chaleur sur le territoire.

5.4 Réseaux de gaz naturel

5.4.1 PRESENTATION DU RESEAU DE DISTRIBUTION

Source R-GDS

Kochersberg Ackerland – Chiffres clés



14 communes
desservies en gaz naturel/biométhane
par R-GDS

Berstett Reitwiller
Dingsheim
Dossenheim-Kochersberg
Furdenheim
Griesheim-sur-Souffel
Handschuheim
Hurtigheim

Itzenheim
Pfulgiesheim
Quatzenheim
Stutzheim-Offenheim
Truchtersheim-Behlenheim-Pfettisheim
Willgottheim-Woellenheim
Wiwersheim



20 123*
habitant(e)s



107 km**
de réseau



8 360*
résidences principales



64,3 GWh**
de gaz naturel/biométhane
acheminés

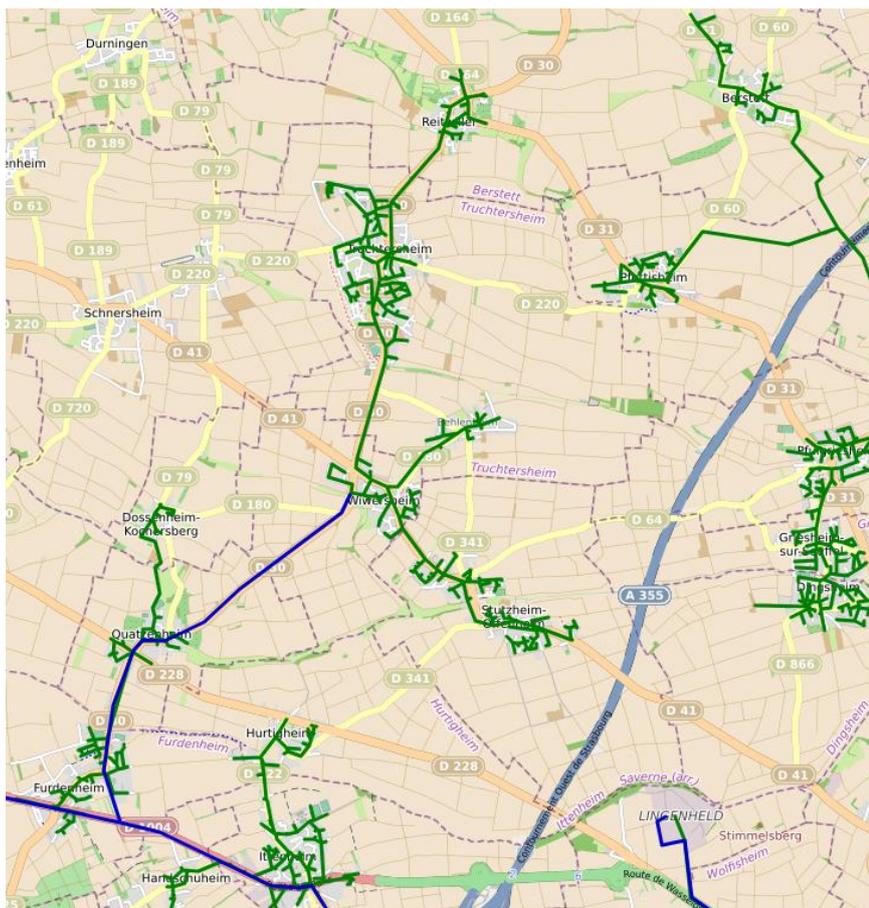


2 378*
résidences principales
chauffage gaz naturel/biométhane



28%*
Taux de pénétration
chauffage gaz naturel/biométhane

Sources : * INSEE 2022 – RP 2019 / ** R-GDS, données au 30/03/2022



Plan du réseau R-GDS

Le tableau ci-dessous présente les taux de raccordement (rapport du nombre de points de livraison actifs sur le nombre de résidences principales) ainsi que la densité linéique (longueur moyenne de réseau par usager). Pour information les critères de rentabilité des réseaux de gaz naturel sont généralement respectés lorsque la densité est inférieure ou égale à 1 usager / 35 mètres. La plupart des communes ont une densité linéique supérieure à 1 usager pour 35 m de réseau hormis Dingsheim, Furdenheim, Hurtigheim.

Communes CoCoKo Périmètre R-GDS	Population légale municipale 2023 (au 1 ^{er} janvier 2020)	Nombre de résidences principales (INSEE 2022- RP2019)	Clients (INSEE 2022-RP2019)		Longueur de réseau au 30/09/2022 (m)	Quantité acheminée 2021-2022, au 30/09/2022 (Gwh)	Densité d'usagers
			Nombre	%			
Berstett Reitwiller	2 462	994	72	7	8 815	2	1/90m
Dingsheim	1 210	562	273	49	6 506	5	1/21m
Dossenheim-Kochersberg	308	114	0	0	1 441	0,3	1/90m
Furdenheim	1 458	544	245	45	9 286	6	1/27m
Griesheim-sur-Souffel	1 238	523	188	36	5 885	4	1/90m
Handschuheim	274	115	34	30	2 235	1	1/58m
Hurtigheim	997	403	112	28	2 574	2	1/24m
Ittenheim	2 098	921	321	35	12 684	8	1/37m
Pfulgriesheim	1 304	536	140	26	7 115	4	1/40m
Quatzenheim	772	340	123	36	6 733	3	1/42m
Stutzheim-Offenheim	1 662	685	201	29	8 150	3	1/90m
Truchtersheim-Behlenheim- Pfettisheim	4 386	1 855	597	32	22 185	14	1/47m
Willgottheim- Woellenheim	1 081	408	3	1	7 109	2	1/90m
Wiwersheim	873	360	69	19	6 235	10	1/58m

Les valeurs importantes de densité linéique peuvent être contrebalancées par le raccordement sur des sites industriels ou tertiaires. Toutefois, sur le territoire il y a peu de sites industriels ou de gros centres tertiaires. Dès lors la question peut se poser sur certaines communes de conserver ce réseau pour un nombre d'abonnés très faibles d'autant que l'alimentation en gaz naturel de la France s'effectue actuellement avec du gaz de schiste provenant des Etats-Unis.

Rappelons enfin que la balance du commerce extérieur de la France est plombée depuis toujours par les produits pétroliers, dont le gaz naturel avec en 2022 une forte hausse de son coût qui a été souligné dans le bilan énergétique de la France : (Bilan énergétique de la France en 2022)

La facture énergétique de la France s'élève à 116,3 milliards d'euros (Md€) en 2022, un niveau jamais enregistré depuis le début des années 70. Elle est multipliée par plus de 2,5 par rapport à 2021 (+ 71,0 Md€2022). Cette forte hausse trouve principalement son origine dans le renchérissement des énergies fossiles engendré par les tensions géopolitiques à la suite de l'invasion de l'Ukraine par la Russie. Le prix du gaz naturel, très volatil tout au long de l'année 2022, atteint notamment un niveau record en août. Le prix à l'importation du gaz naturel a quasiment triplé en moyenne entre 2021 et 2022 et tire la facture gazière à la hausse. Celle-ci passe de 13,9 Md€2022 en 2021 à 46,7 Md€ en 2022.

5.4.2 CAPACITES D'INJECTION DE BIOMETHANE SUR LE RESEAU

Les capacités d'injection sur le réseau ne nous ont pas été transmises par R-GDS.

CE QU'IL FAUT RETENIR

L'enjeu sur le territoire est de substituer le gaz naturel par des énergies renouvelables locales et il ne faudra pas compter sur le biométhane puisqu'en 2030, on ne parlera toujours pas de gaz vert, le biométhane ne représentant au mieux 20% du gaz consommé le reste étant toujours importé avec des rejets de CO₂ à hauteur de 188gCO₂/kWh.

6 EMISSIONS DE GAZ A EFFET DE SERRE

Les données présentées ici proviennent d'Atmo Grand Est qui indique les émissions directes de gaz à effet de serre émises sur le territoire par les activités humaines (que l'on appelle SCOPE 1) ainsi que les émissions indirectes (SCOPE 2) liées à la production nationale d'électricité (ration du mix énergétique français).

Les émissions indirectes provenant des aliments consommés par les citoyens ainsi que les constructions ne sont pas prises en compte par Atmo Grand Est, de même que l'ensemble des émissions de gaz à effet de serre en amont, liées à la livraison des combustibles consommés sur le territoire (SCOPE 3).

Les émissions de GES sont fournies selon leur pouvoir de réchauffement global (PRG), exprimé en équivalent CO₂ d'après les valeurs issues du cinquième rapport d'évaluation du GIEC (2013). Les valeurs sont par exemple de 28 pour le CH₄ ou 265 pour le N₂O. Les émissions de CO₂ issues de la biomasse ne sont pas intégrées, conformément aux règles de rapportage.

Afin d'apporter un éclairage complémentaire à ces émissions, nous avons également réalisé une estimation des émissions de gaz à effet de serre selon la méthode Bilan Carbone Territoire© dans le chapitre 6.2

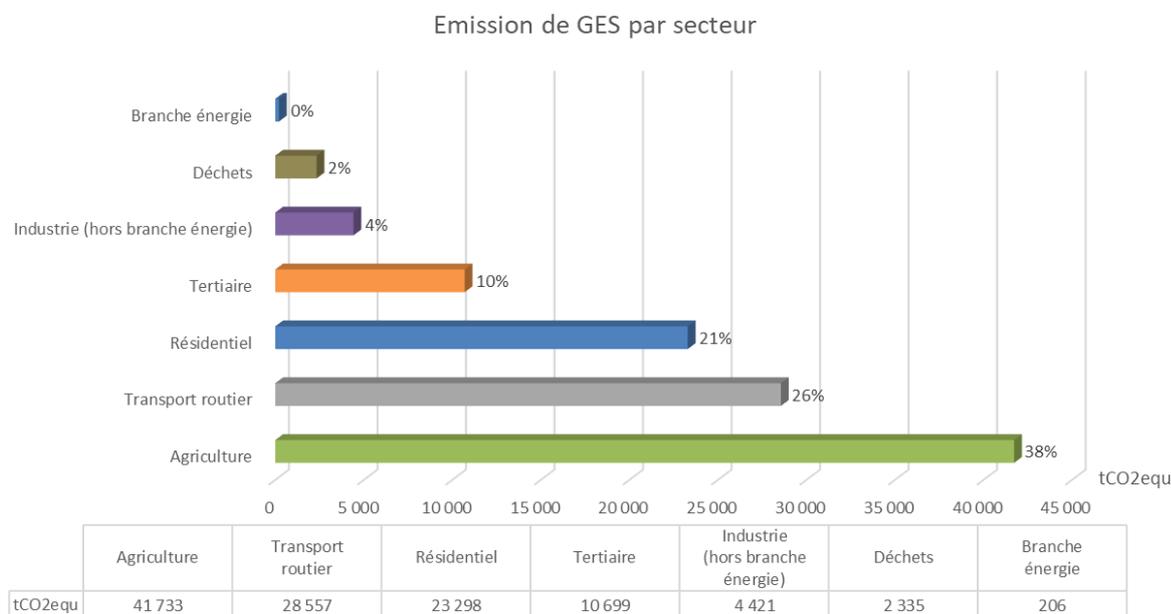
6.1 Les émissions de GES du territoire – 111 250 tonnes de CO₂ en 2020

Source : ATMO Grand Est - Invent'Air V2020

Les émissions de GES sont estimées à **111 250** tonnes équivalent CO₂ (gaz autres que CO₂ inclus). La consommation d'énergie du territoire représente 70 070 teqCO₂, soit 63% des émissions.

Les gaz autres que CO₂ représentent 41 179 tonnes équivalent CO₂ soit 37% du total (ce sont par exemple l'azote pour l'agriculture, les déjections des animaux, le perfluorobutane pour l'industrie, les gaz réfrigérants pour les congélateurs, réfrigérateurs et climatiseurs dans les secteurs de l'habitat et du tertiaire).

La répartition des émissions de GES par secteur est représentée dans le graphique ci-dessous, elle est conforme à l'arrêté du 4 août 2016 relatif au PCAET.



Source : ATMO Grand Est - Invent'Air V2020

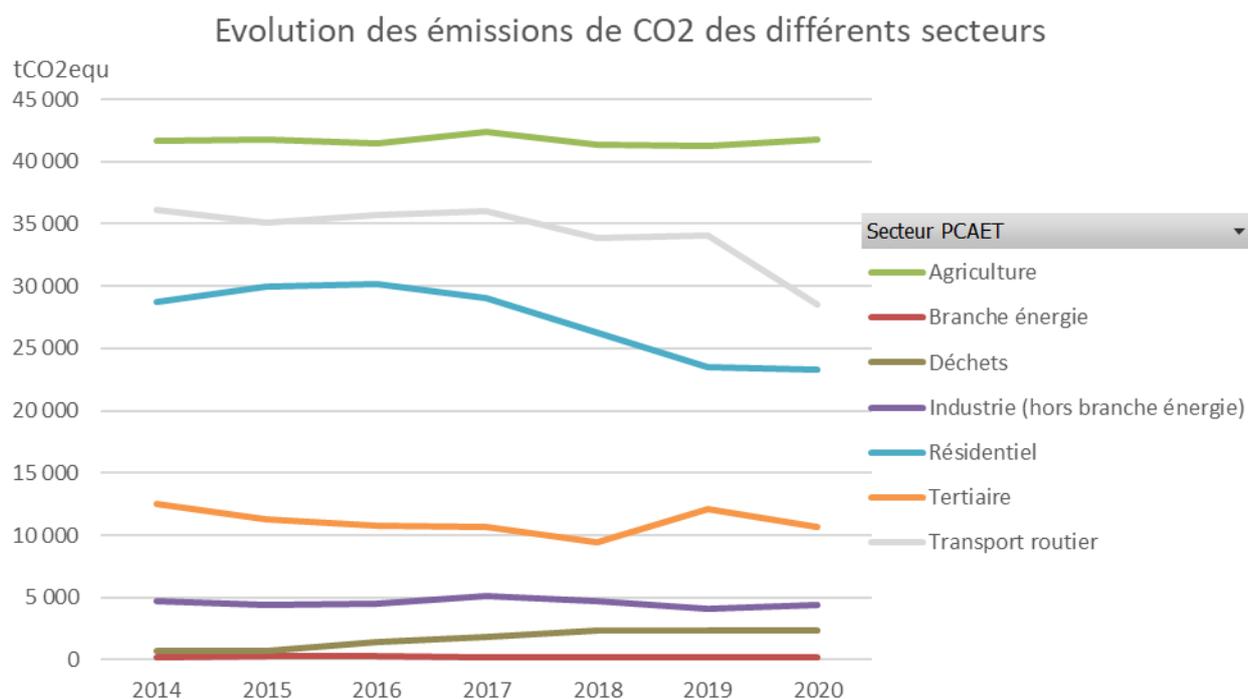
L'agriculture est le plus gros émetteur de gaz à effet de serre sur le territoire (38%) avec l'utilisation des engrais, les déjections des animaux et pour une part beaucoup plus infime, les carburants. Le transport est le deuxième émetteur avec 26% des émissions de gaz à effet de serre. A l'échelle du département, l'agriculture représente 12% des émissions et c'est le transport qui émet le plus de gaz à effet de serre (30%).

Au regard des émissions de GES du territoire, les émissions s'élèvent à 4,4 tonnes équivalent CO₂ par habitant. A titre de comparaison, la moyenne sur le département du Bas-Rhin est de 4,5 tonnes équivalent CO₂ par habitant et la moyenne sur la région Grand Est est de 7,06 tonnes équivalent CO₂ par habitant.

6.1.1 EVOLUTION DES EMISSIONS DE GES DU TERRITOIRE

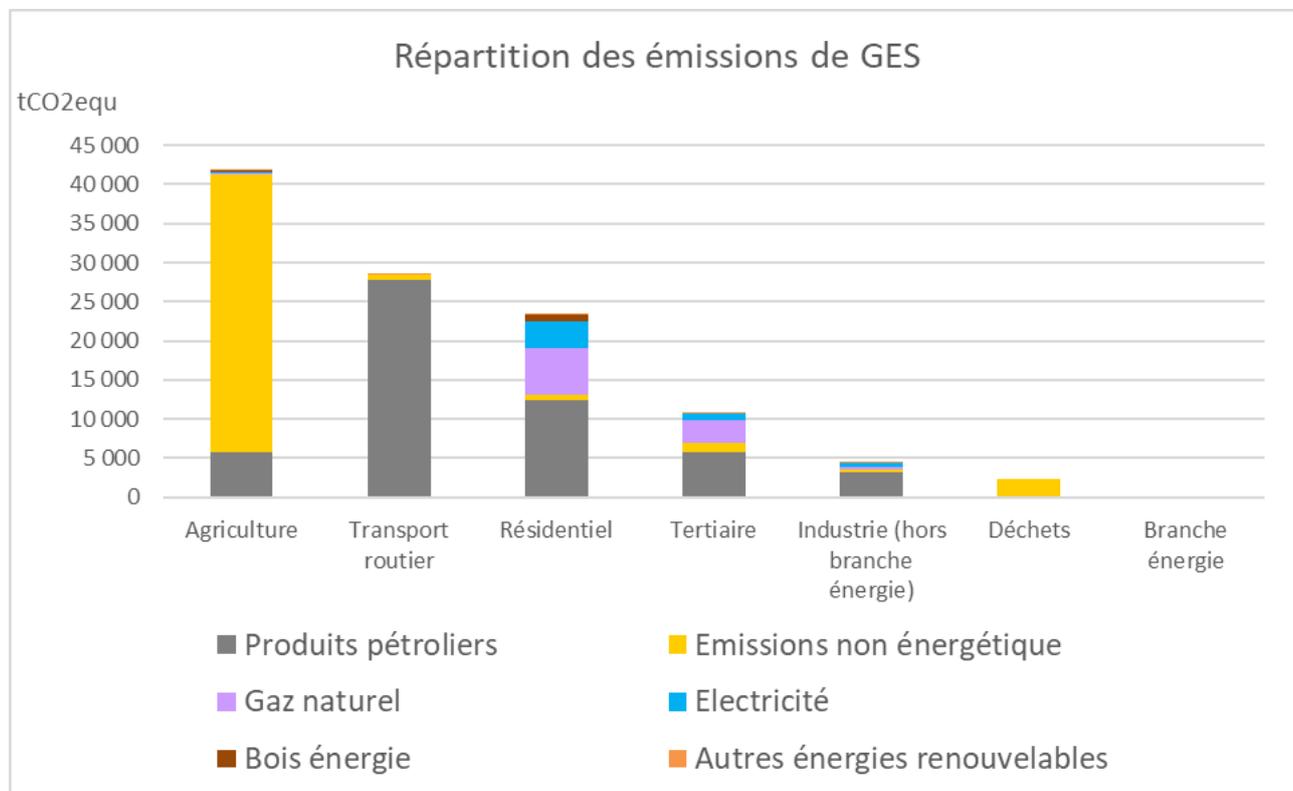
L'évolution des émissions de CO₂ sur le territoire est à la baisse pour le secteur résidentiel et le transport jusqu'en 2019. L'année 2020 n'est pas à considérer compte tenu du COVID. Pour les autres secteurs entre 2014 et 2019, on observe également une plus légère baisse des émissions ou une stagnation (cas de l'agriculture et de l'industrie).

Globalement, les émissions de CO₂ ont baissé de 1,2% chaque année entre 2014 et 2019.



6.1.2 PRESENTATION DES DIFFERENTS SECTEURS ET DE LA PART DES EMISSIONS LIEES A L'ENERGIE AINSI QU'AUX EMISSIONS NON ENERGETIQUES

Le graphique ci-dessous permet de voir la part des émissions énergétiques et non énergétiques (en jaune). Dans le secteur de l'industrie, ces émissions non énergétiques ont une part importante, elles sont même prépondérantes pour l'agriculture.



6.1.3 L'AGRICULTURE

Les émissions de l'agriculture représentent **38%** des émissions totales du territoire. Ces émissions proviennent essentiellement de l'épandage des engrais et des déjections des animaux. Il est possible de réduire les émissions de GES en limitant l'utilisation des engrais, en modifiant les pratiques d'épandage, en modifiant l'alimentation des animaux (les gains vont de 10% jusqu'à 30% pour les bovins, mais avec un surcoût plus important). L'utilisation de carburants végétales peut aussi réduire la dépendance aux énergies fossiles.

6.1.4 TRANSPORT ROUTIER

Les émissions du transport routier représentent **26%** des émissions totales du territoire. Sans surprise, elles proviennent des produits pétroliers.

La marge de manœuvre va se situer principalement sur le décarbonnement du parc automobile ainsi que sur toutes les pratiques permettant de limiter l'usage de la voiture (télétravail, co-voiturage), modifier les pratiques de la mobilité au quotidien (mode doux, vélo, etc.) et inciter les citoyens à l'achat de produits locaux pour limiter le transport des marchandises. Il faut noter qu'une partie des émissions (20%) présentées dans le graphique ci-dessus sont du fait du transit des véhicules et poids lourds sur l'autoroute présente sur le territoire.

6.1.5 RESIDENTIEL

Les émissions du secteur résidentiel représentent **21%** des émissions totales du territoire. Les principaux responsables des émissions sont les produits pétroliers (le fioul et le gaz propane utilisés pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire) et le gaz naturel. Les émissions de la consommation d'électricité du territoire sont

également comptabilisées même si ces émissions ont lieu en dehors du territoire (les centrales électriques du parc français). Pour une part beaucoup plus faible, les émissions non énergétiques qui proviennent essentiellement des gaz fluorés des appareils de froid (réfrigérateur, congélateur, climatiseurs) et des bombes aérosol ainsi que des solvants. La consommation du bois énergie représente 3% des émissions. Enfin, la part d'émissions de GES provenant des réseaux de chaleur est également présente, mais anecdotique.

Les marges de manœuvre se trouvent sur la substitution du fioul, du gaz naturel et propane par des appareils utilisant une énergie renouvelable locale (bois, géothermie, solaire). La production de biométhane injectée dans le réseau permettra également d'augmenter la part de biométhane dans le réseau national qui est à 1,3% en 2021.

6.1.6 TERTIAIRE

Les émissions du secteur tertiaire représentent **10%** des émissions totales du territoire. La répartition des émissions est relativement semblable à celle du secteur résidentiel avec une part plus importante des émissions non énergétiques (groupe froid et climatiseur en nombre plus important).

6.1.7 INDUSTRIE HORS BRANCHE ENERGIE

Les émissions de l'industrie hors branche énergie représentent **4%** des émissions totales du territoire. Plus de 70% des émissions sont dues aux produits pétroliers. L'électricité est la deuxième source avec 11% des émissions à part pratiquement égale avec le gaz naturel (10%).

La stratégie bas carbone s'est fixé un objectif ambitieux sur la baisse à hauteur de 50% des émissions non énergétique dans le secteur de l'industrie.

6.1.8 DECHETS

Les émissions du traitement des déchets représentent **2%** des émissions totales du territoire.

6.1.9 QUE DIT LA STRATEGIE NATIONALE BAS CARBONE ?

Instauré par la loi du 17 août 2015 relative à la transition énergétique pour la croissance verte, la stratégie nationale bas-carbone (SNBC) est la feuille de route de la France pour conduire la politique d'atténuation du changement climatique. Elle constitue l'un des deux volets de la politique climatique française, au côté du Plan national d'adaptation au changement climatique :

- Sur la base d'une trajectoire prospective à 2050, elle définit des objectifs de réduction des émissions de gaz à effet de serre (GES) à l'échelle de la France à court et moyen terme : les budgets carbone. Ce sont des plafonds d'émissions de gaz à effet de serre à ne pas dépasser au niveau national sur des périodes de cinq ans, exprimés en millions de tonnes de CO₂ équivalent³.
- Elle est cohérente avec les engagements de la France pris auprès de l'Union européenne et dans le cadre de l'Accord de Paris, et les engagements nationaux dont celui de réduire d'au moins 40% ses émissions de gaz à effet de serre (GES) en 2030 par rapport à 1990.
- Elle donne des orientations de politique publique pour mettre en œuvre la transition vers une économie bas-carbone sobre en consommation de matière et d'énergie, circulaire dans tous les secteurs d'activités et peu productrice de déchets

³ Les budgets carbone comptabilisent les émissions du territoire métropolitain, de la Guadeloupe, de la Guyane, de la Martinique, de La Réunion, de Saint-Martin et de Mayotte ainsi que les émissions associées au transport entre ces zones géographiques. Sont exclues les émissions associées aux liaisons internationales aériennes et maritimes.

Le tableau ci-dessous présente les trois prochains budgets carbone bien plus ambitieux que ceux adoptés en 2015 :

Figure 4 - trois prochains budgets carbone de la stratégie révisée

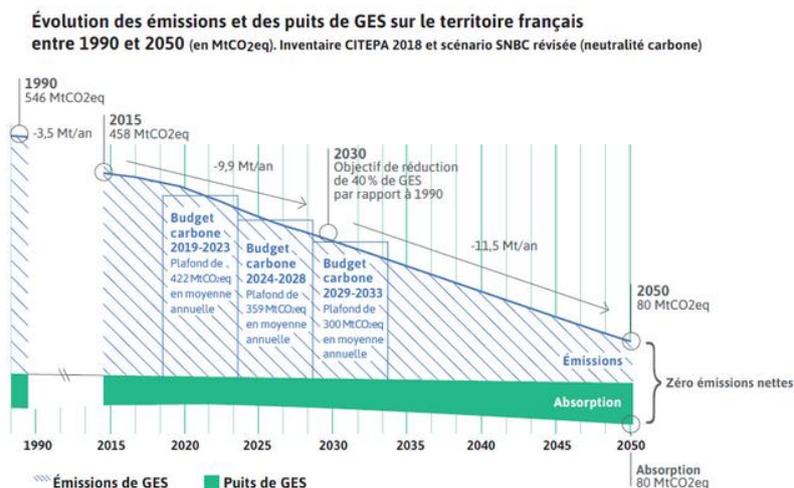
Émissions annuelles moyennes (en Mt CO ₂ eq)	Années de référence			2 ^{ème} budget carbone	3 ^{ème} budget carbone	4 ^{ème} budget carbone	
	Période	1990	2005	2015	2019 -2023	2024 -2028	2029 -2033
Total (hors secteur des terres)		546	553	458	422	359	300
Total (avec secteur des terres)		521	505	417	383	320	258
<i>Budgets carbone adoptés en 2015 (hors secteur des terres) - ajustés en 2019 (pour référence)</i>				398	357		

Les émissions des années de référence sont issues de l'inventaire CITEPA d'avril 2018 au format SECTEN

Secteur des terres : absorptions anthropiques de gaz à effet de serre (absorbées par les milieux naturels : forêt, prairies, sols agricoles, zone humides, etc.)

L'infographie ci-dessous explique le cheminement pour atteindre la neutralité carbone en 2050 :

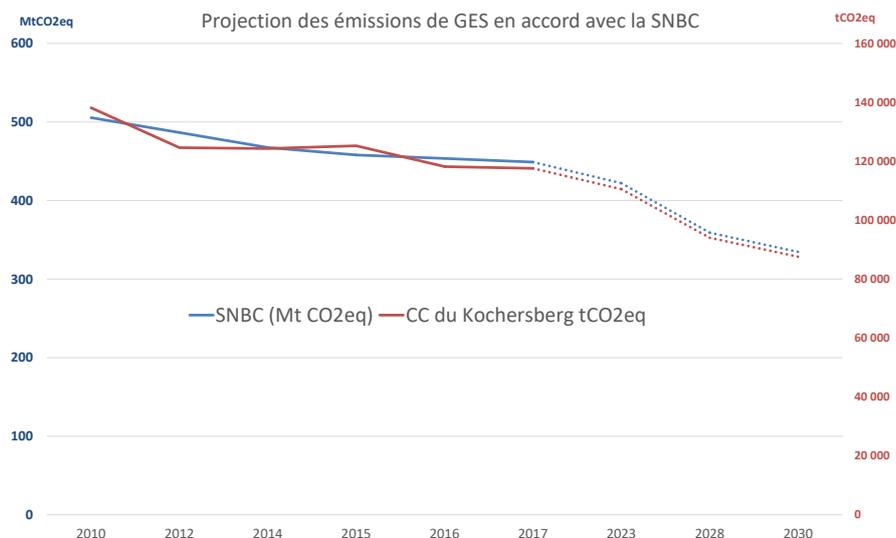
Evolution des émissions et des puits de gaz à effet de serre sur le territoire français entre 1990 et 2050 (en MtCO₂eq)



Source : <https://www.ecologie-solidaire.gouv.fr/strategie-nationale-bas-carbone-snbc>

En réalisant l'exercice de positionner les deux courbes à l'horizon 2033 on se rend compte que le territoire suit relativement la même inflexion que les objectifs de la SNBC. L'effort reste malgré tout important à partir de 2023 avec une courbe qui s'infléchit un peu plus.

Nous attirons toutefois votre attention sur les incertitudes à comparer deux courbes d'émission de GES avec des méthodologies qui ne sont pas les mêmes. Pour autant, même si les émissions données par Atmo Grand Est ne sont pas exhaustives, contrairement aux valeurs de la SNBC, on peut estimer qu'elles représentent environ 70% des émissions totales.



6.2 Bilan carbone du territoire en Scope 3

Les données présentées précédemment vont vous permettre de suivre l'évolution des émissions de CO₂ sur votre territoire. En effet elles proviennent de l'Oreges et seront disponibles à l'avenir sur la plateforme Odace (<https://oreges-ligair.opendata.arcgis.com/>).

Elles sont toutefois incomplètes dans le sens où toutes les émissions de CO₂ du territoire ne sont pas prises en compte (alimentation et construction) et les rejets de CO₂ liés à la fabrication, au transport et à la distribution des énergies sur le territoire ne sont pas pris en compte. Ces rejets qui interviennent notamment en dehors du territoire sont toutefois de la responsabilité directe des acteurs et citoyens du territoire. Le fait de raffiner du pétrole ou d'extraire le gaz naturel émet des émissions dans ces pays dont le territoire est responsable puisqu'il en est le consommateur. L'ensemble de ces émissions font partie du Scope 3 dans la méthode bilan carbone territoire©.

Nous allons voir qu'en utilisant cette méthode, l'écart avec les données de l'Oreges se monte à plus de 60%, la part de l'alimentation dans ce bilan atteint par exemple 13% du total des émissions tandis que l'Oreges ne tient pas compte de ces émissions, se conformant à juste titre à l'arrêté du 4 août 2016 relatif au PCAET.

6.2.1 METHODOLOGIE DU BILAN CARBONE TERRITOIRE

La méthodologie retenue pour réaliser le diagnostic d'émissions de gaz à effet de serre (GES) est celle de l'outil Bilan carbone® territoire (version 7.1) de l'association Bilan carbone. Les facteurs d'émissions ont été mis à jour avec les dernières données issues de la base carbone de l'ADEME. C'est un outil de diagnostic dont le but est de comptabiliser, d'analyser et de hiérarchiser les postes émetteurs de GES d'un territoire.

La plupart des informations proviennent d'Axcéléo© en ce qui concerne les émissions énergétiques. Axcéléo© fournit également des informations pour l'estimation des émissions non énergétique dans la mesure où les données de départ ont pu servir aux calculs des consommations énergétiques, c'est par exemple le cas des surfaces cultivées par type d'exploitation agricole.

Ce Bilan carbone® considère le territoire « presque » comme un site de production d'une entreprise, avec des flux internes, entrants et sortants, sans distinction de propriété particulière.

L'année de référence pour l'évaluation des émissions de GES est l'année civile 2020. Néanmoins, lorsque les données de cette année ne sont pas disponibles, c'est l'année la plus récente qui est considérée.

Les paragraphes qui suivent font état des émissions de GES recensées sur le territoire par poste émetteur, selon la classification de la méthode Bilan carbone®.

II Un bilan carbone territoire c'est ...

- une méthode développée par l'ADEME pour comptabiliser les émissions de gaz à effet de serre (GES) sur un territoire,
- une photographie à un instant donné des émissions de gaz à effet de serre énergétique et non énergétique de l'ensemble des activités d'un territoire : celles des résidents, de l'ensemble des collectivités et de tous les acteurs (employés, vacanciers, industriels...) en relation directe avec le territoire. Les émissions amont sont prises en compte dans ce bilan (les émissions de GES pour la construction des maisons, immeubles ou voiries),
- un outil pour sensibiliser les acteurs du territoire aux enjeux de la réduction des GES en prenant soin de bien expliquer les notions de gaz à effet de serre énergétique et non énergétique ainsi que les spécificités du territoire qui peuvent fausser la lecture du bilan.

II Les limites du bilan carbone ...

- les marges d'erreur sur les émissions de GES peuvent être très importantes (jusqu'à +/- 30% d'erreur sur certains postes),
- le bilan carbone territoire n'est pas un outil prospectif pour engager des actions spécifiques et les suivre dans le temps (par exemple sur des choix d'urbanisation, la mise en œuvre de circuit court pour l'alimentation, etc.). Il est nécessaire d'utiliser d'autres outils adaptés et conçus pour ce type d'approche (GES-SCoT, GES-PLU, GES-OPAM édités par le CERTU).

L'unité de comptabilisation des gaz à effet de serre est la "tonne de dioxyde de carbone équivalent CO₂" (teqCO₂) par laquelle on pondère la masse des émissions des différents gaz par leur potentiel radiatif global. Par exemple, une tonne de méthane (CH₄) équivaut à 28 tonnes de CO₂ cela signifie que ce gaz à effet de serre a un potentiel de réchauffement global 28 fois plus élevé que celui du CO₂ sur 100 Ans.

6.2.2 LES EMISSIONS DE GES DU TERRITOIRE

Le bilan carbone est présenté ici en **Scope 3** (y compris émissions amont, transport et distribution).

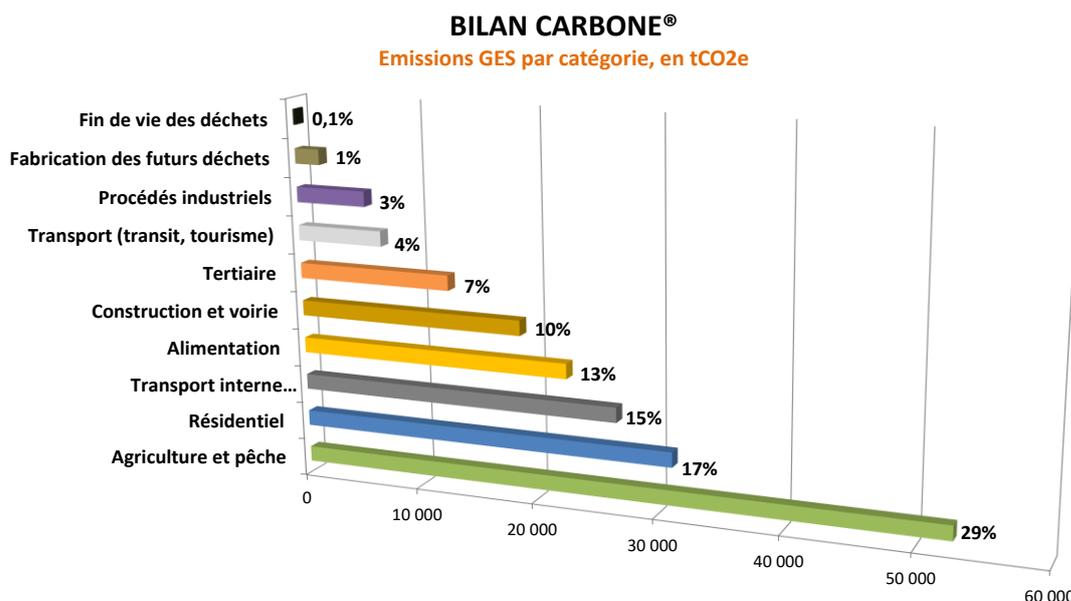
Les émissions de GES sont estimées à **180 750** tonnes équivalent CO₂ (gaz autres que CO₂ inclus) :

L'énergie provenant du bilan de la consommation du territoire auquel on ajoute les pertes en ligne de l'électricité représente **88 221** teqCO₂, soit **48,8%** des émissions.

Les gaz autres que CO₂ représentent **48 513** tonnes équivalent CO₂ soit **26,9%** du total (ce sont par exemple l'azote pour l'agriculture, les déjections des animaux, le perfluorobutane pour l'industrie, les gaz réfrigérants pour les congélateurs, réfrigérateurs et climatiseurs dans les secteurs de l'habitat et du tertiaire).

L'alimentation, les constructions et voiries, la fin de vie et la fabrication des futurs déchets représentent **43 866** tonnes soit **24,3%** du total.

La répartition des émissions de GES est représentée dans le graphique ci-après.



L'alimentation tient une part importante dans les émissions de CO₂ du territoire. Elle représente 13% des émissions totales. Ce poste vise à prendre en compte les émissions de GES issues des aliments consommés sur le territoire. L'évaluation de ces flux est excessivement complexe. La méthodologie Bilan carbone® propose des simplifications permettant de prendre en compte partiellement ces flux de matières (basées sur le nombre de repas consommés).

Nous avons considéré 2,5 repas par jours par habitant avec les hypothèses suivantes :

- Un petit déjeuner correspond à 0,5 repas (catégorie végétarien pour 0,44 kg eqCO₂)
- Un repas à midi à dominante végétale avec bœuf (1,65 kg eqCO₂)
- Un repas le soir à dominante végétale avec poulet (0,59 kg eqCO₂)

Ce sont bien les citoyens du territoire qui émettent le plus de CO₂ (**46%** du bilan en additionnant les postes Transport interne, Résidentiel, Alimentation, Fabrication de futurs déchets, Fin de vie des déchets).

Même si les méthodes diffèrent complètement, les valeurs en Scope 1 de la méthode bilan carbone sont assez proches des valeurs de l'Oreges :

Extraction CO ₂ e (t CO ₂ e)	ISO scope 1	Oreges
Industries de l'énergie	0	
Procédés industriels	4 919	4 421
Tertiaire	9 045	10 699
Résidentiel	19 408	23 298
Agriculture et pêche	49 178	41 733
Transport de marchandises	5 689	28 557
Déplacements de personnes	21 242	
Construction et voirie	0	
Fin de vie des déchets	0	
Fabrication des futurs déchets	0	2 335
Alimentation	0	
Total	109 481	111 043

6.3 Potentiel de réduction des GES

Nous avons estimé les potentiels de réduction des GES à partir de l'ensemble des actions de sobriété énergétique et de maîtrise de l'énergie qui pouvait être mise en œuvre en théorie sur les différents secteurs. Il s'agit bien d'un potentiel maximal théorique puisque c'est dans l'hypothèse où toutes les maisons changeraient leurs fenêtres et seraient isolées (les combles, les murs), tous les bâtiments tertiaires rénovés, tous les ménages qui passent en mobilité douce et sur des véhicules électriques, etc.

	Potentiel de réduction des GES	% de réduction des GES en 2030
Résidentiel	-18 865 tCO ₂	-60%
Tertiaire	-3 808 tCO ₂	-30%
Industrie (dont GES non liés à l'énergie)	-1 529 tCO ₂	-26%
Agriculture (dont GES non liés à l'énergie)	-14 005 tCO ₂	-27%
Transport	-15 877 tCO ₂	-47%
Au global sur le territoire	-54 083 tCO₂	-30%

La réduction est considérable sur le secteur résidentiel puisque toutes les maisons et les logements collectifs ont été rénovés au niveau BBC (Bâtiment Basse Consommation) et les équipements, les régulations ainsi que les émetteurs de chaleur sont désormais performants. De plus, tous les ménages font des actions de sobriétés au quotidien (fermer les volets la nuit, réduire de 1°C la température de consigne pour le chauffage, dégivrer son congélateur deux fois par an, etc.).

A l'inverse, la faible réduction de CO₂ sur le secteur de l'industrie alors que la réduction des consommations atteint dans le même temps 43% s'explique par le fait que de très nombreuses actions de maîtrise de l'énergie touchent les consommations d'électricité qui est peu carbonée (variation de vitesse sur les moteurs, éclairage performant, récupération de chaleur sur un groupe froid, etc.).

Dans le secteur de l'agriculture, ce sont les actions sur l'alimentation des citoyens qui vont avoir un impact le plus fort (circuits courts pour la vente aux particuliers, restauration collective locale, légumes de saison et moins de viande, etc.). Les actions sur les consommations de carburants sont également intéressantes avec l'optimisation des trajets et des interventions sur les parcelles, l'utilisation de banc de tracteurs. Enfin, la modification de l'alimentation du bétail a également un impact (un fourrage grossier, plus de légumineuses, une herbe plus jeune permettent de réduire de 10% les émissions. Des compléments synthétiques (Mootral ou 3-NOP) permettent une baisse de -30%, mais ils sont encore chers).

Le secteur du transport fait apparaître un potentiel maximum de 47% de réduction de GES à l'horizon 2030. Une part importante de cette réduction provient d'un renouvellement du parc des véhicules qui entraîne une baisse des rejets de CO₂ (motorisation hybride, électrique rechargeable ou tout électrique) associé aux nouvelles pratiques de mobilité (co-voiturage, mode doux pour les trajets courts, etc) et de travail (télétravail, espace de co-working).

CE QU'IL FAUT RETENIR

L'agriculture représente une part importante des rejets GES (29%), il est possible d'agir sur les pratiques des éleveurs, sur les interventions sur les parcelles ainsi que sur l'alimentation du bétail pour réduire de manière significative ces émissions. Le secteur résidentiel et le transport interne représentent respectivement 17% et 15% des émissions des gaz à effet de serre. C'est par ailleurs sur ces deux secteurs que l'on peut attendre les gains les plus importants avec l'amélioration thermique des bâtiments, l'évolution du parc des véhicules et les évolutions comportementales pour les déplacements. Enfin dans l'industrie s'il ne faut pas s'attendre à une très forte réduction des émissions de GES énergétiques parce que les principaux efforts ont été faits ces vingt dernières années, il est en revanche possible d'agir sur les GES non énergétiques.

7 CAPTATION DE DIOXYDE DE CARBONE

7.1 Principe

Il n'y a jamais de création de nouveau carbone, mais plutôt déplacement d'un compartiment à un autre selon des processus de stockage/déstockage⁴. Ceux-ci interviennent dans deux cycles en interaction étroite, mais répondant à des échelles de temps très différentes :

- Un cycle court qui implique le vivant, les océans de surface et les sols ;
- Un cycle long dans lequel interviennent l'océan profond, les roches et sédiments, les volcans et les combustibles fossiles.

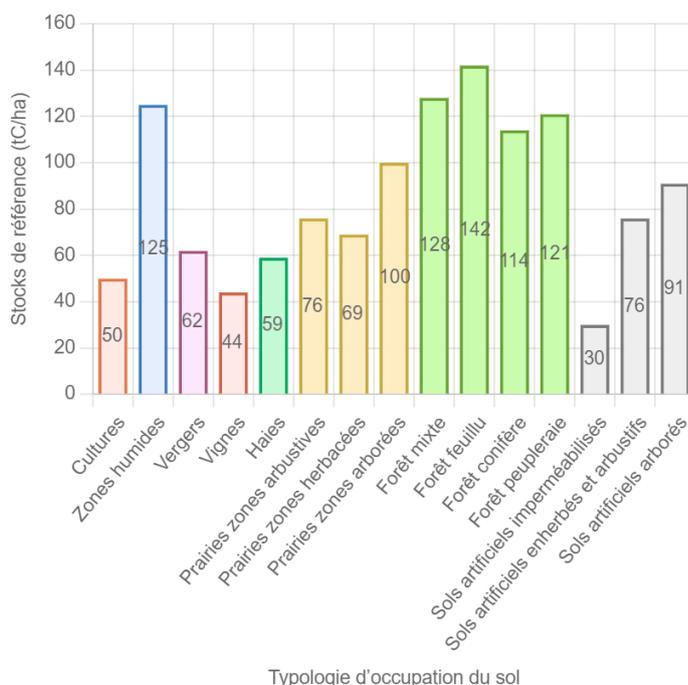
Sur les continents, certains écosystèmes captent plus de carbone qu'ils n'en restituent. Ces puits de carbone sont les prairies et forêts, mais aussi les tourbières et certains sols.

7.2 Séquestration de carbone du territoire

7.2.1 METHODOLOGIE

L'outil ALDO© de l'ADEME a été utilisé pour estimer les stocks de carbone et les flux de carbone des sols et forêts, liés aux changements d'affectation des sols (entre 2012 et 2018), à la forêt et aux pratiques agricoles (la méthodologie est présentée en annexe). Le stock des produits du bois utilisés notamment dans les constructions pour les bâtiments est également estimé.

Voici **les hypothèses** de l'outil ALDO© concernant les stocks de références, par unité de surface (exprimé en tonne de Carbone par hectare), contenue dans le sol (30 cm) dans la litière et dans la biomasse :



Sources : <https://docs.datagir.ademe.fr/documentation-aldo/stocks/methode-generale>

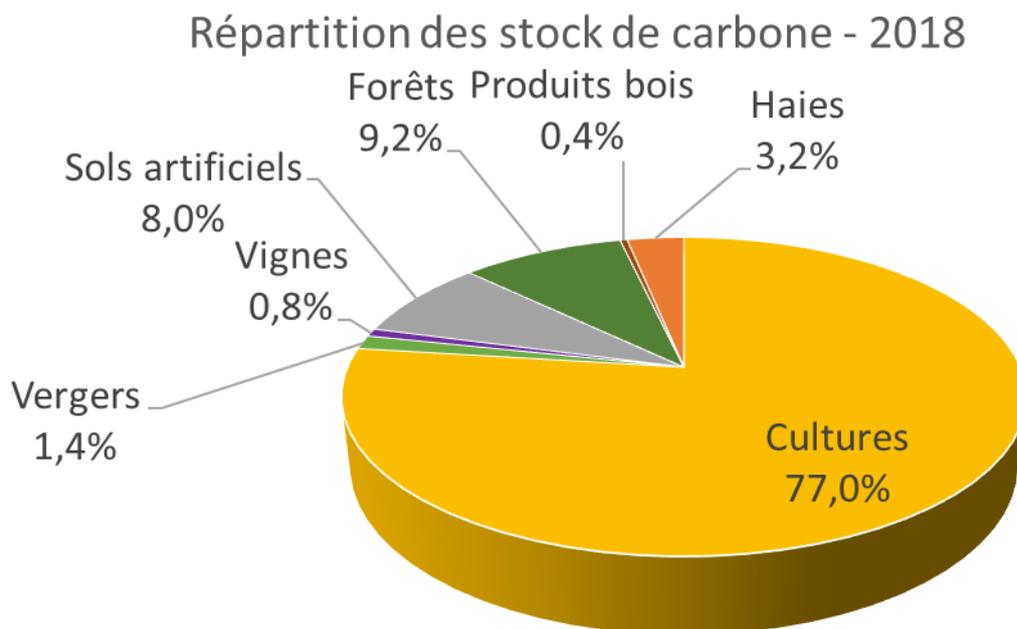
Grâce à la biomasse, ce sont les forêts qui sont en mesure de capter le plus de carbone par hectare. A l'inverse les cultures, les vergers et les vignes possèdent un pouvoir de stockage plus faible.

⁴ Source : Institut de l'élevage, novembre 2010. Le stockage de carbone par les prairies.

7.2.2 LE STOCK DE CARBONE EN 2018

Dans le cadre du PCAET et pour être conforme au cadre de dépôt de l'ADEME, le stock de carbone est converti en tonnes équivalent CO₂ (ce qui revient à multiplier par (44/12) les tonnes de carbone).

La séquestration de carbone des sols (30cm), de la biomasse (y compris les haies) et de la litière représente 2 332 469 tCO₂eq.



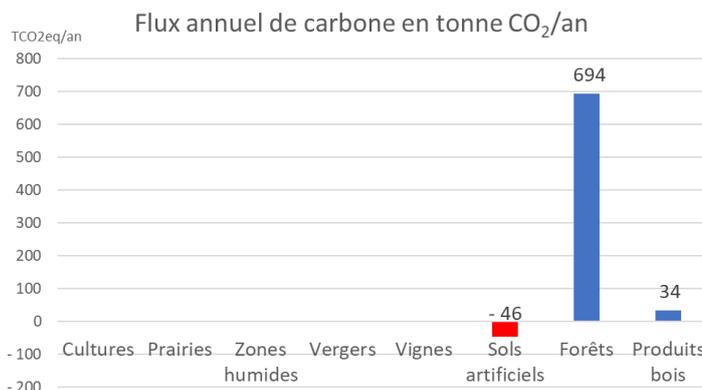
La séquestration de carbone des produits bois est estimée par une approche sur la consommation de bois (répartition selon les habitants), en multipliant le stock national de produits par la part de la CC dans la population nationale. Ce stock représente **9 201 tCO₂eq.**

La séquestration totale sur le territoire représente 2 431 670 tCO₂eq.

7.3 Flux de carbone du territoire

Le flux de carbone de référence est une variation de stock en tonnes de carbone entre une occupation du sol initiale (année 2012) et une occupation du sol finale (année 2018) 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.

Les flux de carbone sont liés aux changements d'affectation des terres, à la Forêt et aux pratiques agricoles, et à l'usage des produits bois. Les flux liés aux changements d'affectation des terres sont associés à l'occupation finale. Un flux positif correspond à une séquestration et un flux négatif à une émission.



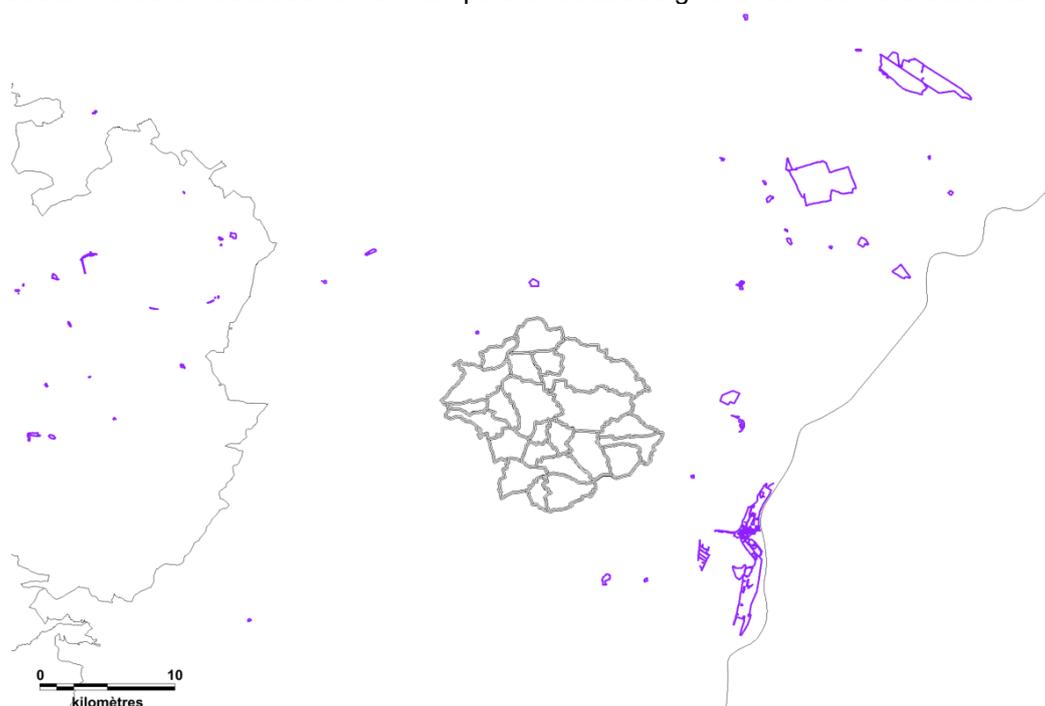
Le flux de carbone sur le territoire est finalement une séquestration, **+682 tCO₂eq/an**, avec la croissance de la forêt qui absorbe largement l'artificialisation des sols entre 2012 et 2018. Pour rappel, les émissions de CO₂ du territoire sont de 180 750 tCO₂eq, ce qui signifie que la croissance de la forêt est très loin d'absorber la totalité des émissions sur une année, elle ne représente que 0,4% de ces émissions.

7.4 Potentiel de développement de la séquestration du carbone

7.4.1 UTILISATION DES FRICHES

"Cartofriches" est un dispositif conçu pour recenser les friches (industrielles, commerciales, d'habitat...). Elaboré par le Cerema à la demande du ministère de la Transition écologique, son objectif est d'aider les collectivités et l'ensemble des porteurs de projets à localiser et caractériser les friches pour les réutiliser et ainsi réduire l'artificialisation des sols. (<https://www.cerema.fr/fr/actualites/cartofriches-plus-8300-sites-friches-repertoires>).

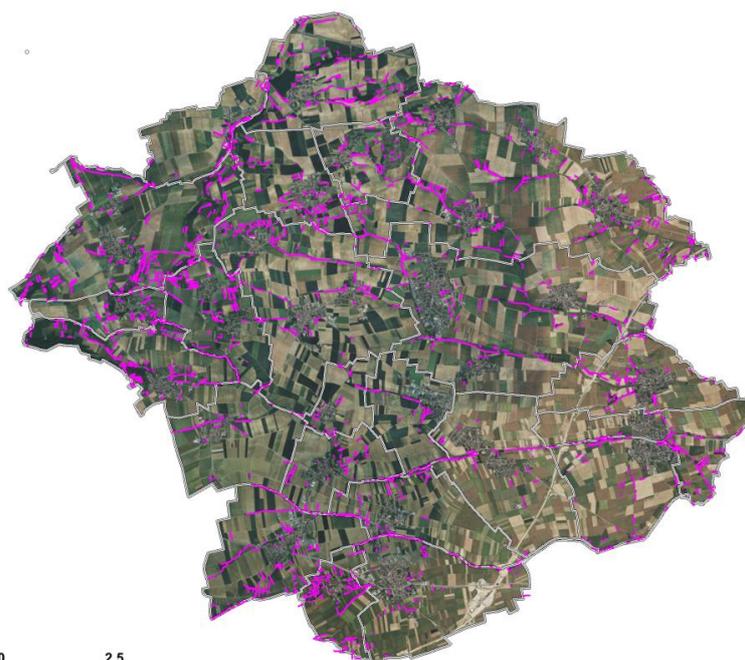
Malheureusement sur le territoire, le Cerema n'a pas identifié de friches comme l'indique la carte ci-dessous. De nombreuses friches sont situées sur la métropole de Strasbourg ou encore au nord-est du territoire.



7.4.2 DEVELOPPEMENT DES HAIES ASSOCIEES AUX ESPACES AGRICOLES

Les surfaces agricoles sont très importantes sur le territoire (88% sur la CC Kochersberg-Ackerland). La longueur des haies donnée par la BDTopo de l'IGN est de 205 km. L'outil ALDO indique 75 390 teqCO₂ pour la séquestration du carbone dans les haies.

A la lecture de la carte à la page suivante on peut légitimement supposer qu'une multiplication par deux des linéaires de haies est envisageable ce qui permettrait un stock supplémentaire de 75 000 teqCO₂



Les haies (en rose) sur la CC Kochersberg Ackerland (source : IGN BDTopo)

7.4.3 LA CONSTRUCTION BOIS ET L'UTILISATION DE MATERIAUX BIOSOURCES

L'utilisation de matériaux biosourcés pour les constructions (isolant en laine de chanvre, en lin, construction en ossature bois) permet d'augmenter la séquestration du carbone.

La base carbone de l'ADEME indique *qu'à la condition de provenir de forêts "bien gérées" et d'être inclus dans des objets qui dureront au moins un siècle, l'emploi d'une tonne de bois d'œuvre donne un crédit de 1 850 kgCO₂e, ce qui correspond à la teneur moyenne en CO₂ du bois.* (source : Bilan GES ADEME)

A l'échelle d'un bâtiment, la base carbone de l'ADEME donne une valeur de gain de 330 kgCO₂eq/m² SHON

Le tableau suivant présente les gains en séquestration carbone de l'usage du bois énergie pour la construction avec différentes hypothèses de pénétration du bois dans la construction :

Gains en 2030 (tCO ₂ eq)	5,8% marché national en 2017 (source CEB)	10%	20%	30%
Maisons*	5 240	9 035	18 069	27 104
Logements collectifs**	1 166	2 010	4 020	6 030

* 300 maison/an

** 113 lgts collectifs/an

CE QU'IL FAUT RETENIR

Il y a un enjeu fort à limiter l'urbanisation des espaces agricoles. La plantation de haies sur les espaces agricoles permettrait d'augmenter la part de séquestration du CO₂ sur le territoire. Enfin, la construction bois et d'une manière générale l'utilisation de matériaux biosourcés représentent également une source de captation du carbone.

8 BILAN DE LA QUALITE DE L'AIR

L'air que l'on respire est plus ou moins contaminé par des polluants gazeux, liquides ou solides, d'origine naturelle (volcans, océans, végétation...) ou due aux activités humaines (industries, trafic routier, production d'énergie, agriculture...). Certains polluants également présents dans l'air ne proviennent pas directement des sources de pollution, mais résultent de réactions chimiques entre certains gaz de l'atmosphère.

Les principaux polluants atmosphériques sont :

- Les oxydes d'azote (NO_x)
- Le dioxyde de soufre (SO₂)
- Les particules fines (PM_{2,5} et PM₁₀)
- Les composés organiques volatils (COV)
- L'ammoniac (NH₃)
- L'ozone (O₃)

Le PCAET s'intéresse à l'ensemble des polluants cités ci-dessus à l'exception de l'Ozone.

Ces différents polluants peuvent avoir des effets néfastes sur notre santé, ainsi que sur l'environnement, à plus ou moins long terme.

A noter que le CO₂, s'il participe au réchauffement climatique, n'est pas considéré comme un polluant atmosphérique, car il n'est pas nocif pour la santé humaine.

Il est important de rappeler que **la qualité de l'air fluctue tout au long de l'année** en fonction de différents facteurs. Il existe en effet des périodes de pollution plus sévères que d'autres, en grande partie dus aux variations climatiques. Ainsi, des épisodes venteux auront tendance à améliorer la qualité de l'air en dispersant les polluants, tout comme la pluie (qui permet par contre aux polluants de s'infiltrer dans le sol). Au-delà de ces variations dans l'année, il y a également **des variations importantes de certains polluants d'une année sur l'autre**, c'est le cas des polluants provenant des systèmes de chauffage (bois, fioul) qui peuvent fortement varier en fonction d'un hiver rigoureux ou très doux.

De plus, tous les polluants n'ont pas la même durée de vie dans l'atmosphère, et par conséquent le même impact sur l'environnement et la santé humaine.

8.1 Présentation des différents polluants atmosphériques

La présentation des polluants atmosphériques et notamment la responsabilité de différents secteurs se basent sur le rapport du Citepa – Gaz à effet de serre et polluants atmosphériques – Bilan des émissions en France de 1990 à 2018 – édition juin 2020. Nous verrons que la part respective des différents secteurs sur les polluants atmosphériques diffère sensiblement sur le territoire du PETR.

8.1.1 LES OXYDES D'AZOTE (NO_x)

Les oxydes d'azote présents dans l'air sont très majoritairement le monoxyde et le dioxyde d'azote (NO et NO₂ respectivement). Ils sont principalement émis par les combustions, qu'elles aient lieu dans une installation de chauffage ou dans un moteur ; cela concerne donc majoritairement le transport, les installations de chauffage dans le secteur résidentiel, tertiaire et quelques procédés industriels (production d'acide nitrique, fabrication d'engrais, traitement de surface, etc.). Le dioxyde d'azote a une odeur caractéristique, et est facilement reconnaissable à sa couleur brun-rouge.

A la concentration à laquelle il est rencontré dans l'air que nous respirons, le NO n'est pas toxique. Le dioxyde d'azote est par contre un gaz irritant pour les bronches, en particulier chez les enfants ; à fortes concentrations, il peut contribuer à une diminution de la fonction pulmonaire.

Les oxydes d'azote ont une durée de vie très variable, dépendant des conditions météorologiques et des concentrations en polluants. En effet, les NO_x sont des précurseurs d'ozone en présence de rayonnements solaires, ils se dégradent donc plus ou moins rapidement. On peut considérer leur durée de vie comme étant d'environ une journée dans l'atmosphère.

→ Impact sur la santé

Gaz irritant, qui pénètre dans les ramifications les plus fines des voies respiratoires.

→ Impact sur l'environnement

Formation d'ozone. Contribue à la formation des retombées acides et l'eutrophisation des écosystèmes.

8.1.2 LES PARTICULES PM10

Les PM10 sont des particules en suspension dans l'air dont le diamètre est inférieur à 10 µm. Elles sont constituées d'un mélange de différents composés chimiques et regroupent les particules grossières (entre 2,5 et 10 µg/m³) et les particules fines. En moyenne dans l'air ambiant, les PM10 sont composées majoritairement (à 70%) de PM_{2,5}

Ces particules sont composées d'un mélange complexe de substances organiques et minérales, sous forme solide ou liquide. On recense notamment des sulfates, des nitrates, de l'ammonium, du carbone et de l'eau⁵.

Leur présence dans l'atmosphère est due principalement au chauffage au bois et dans une moindre mesure au fioul. L'industrie manufacturière est aussi à l'origine d'émissions non négligeables de PM10, tout comme l'exploitation des carrières et les chantiers. L'agriculture contribue aux émissions de particules à 10µm avec le travail aux champs. Enfin, les véhicules émettent également des particules fines.

Elles proviennent aussi de sources naturelles comme l'activité volcanique, les feux de forêt ou encore l'émission de pollens en période de pollinisation. Elles peuvent enfin être issues de réactions chimiques entre certains gaz de l'atmosphère.

Les particules ont une durée de vie de quelques semaines au maximum dans l'atmosphère ; cette durée dépend néanmoins de la taille des particules. Ainsi, les particules les plus fines auront un temps de séjour plus court, car elles seront facilement transportées par le vent et diluées en altitude, contrairement aux particules plus grosses.

→ Impact sur la santé

L'impact des particules sur la santé est désormais indéniable et plus les particules sont fines, plus elles représentent un risque sanitaire, car elles peuvent pénétrer plus facilement dans le système respiratoire ou bien le sang. La plupart des enjeux sanitaires sont orientés vers la part des particules dites « fines » comme les PM_{2.5}, PM_{1.0} ou les particules ultrafines, qui font partie inhérente des PM10.

→ Impact sur l'environnement

Eutrophisation et acidification des milieux pour les particules riches en nitrates et sulfates d'ammonium. En se déposant, les particules perturbent l'environnement, en particulier par la dégradation physique et chimique des matériaux, et la perturbation des écosystèmes, qu'ils soient proches ou éloignés du lieu d'émission des particules. Accumulées sur les feuilles des végétaux, les particules peuvent les étouffer et entraver la photosynthèse.

⁵ Aiparif, « Tableau des polluants et effets sur la santé », https://www.airparif.asso.fr/_pdf/tableau-polluants-effets-sante.pdf

8.1.3 LES PARTICULES PM_{2,5}

Les PM_{2,5} sont des particules en suspension dans l'air dont le diamètre est inférieur à 2,5 µm. Elles sont émises directement par de nombreuses sources ou se forment indirectement par voies secondaires. Ces émissions sont induites par tous les secteurs. Les principaux secteurs contributeurs sont :

- le résidentiel/tertiaire, dont la principale source est la combustion de la biomasse, majoritairement domestique,
- ainsi que, dans une moindre mesure, de fioul,
- l'industrie manufacturière, dont les principales sources sont le travail du bois puis les chantiers/BTP et l'exploitation des carrières,
- le transport, notamment dû à l'échappement de carburants brûlés (Diesel et essence principalement) et à l'usure des routes, des pneus et des freins (et des caténares pour le transport ferroviaire).

Le secteur le moins émetteur de PM_{2,5} est celui du traitement des déchets, qui a connu de fortes réductions d'émissions entre 1990 et 2005 grâce à une mise en conformité des installations d'incinération des déchets.

→ Impact sur la santé

L'impact des particules sur la santé est désormais indéniable et plus les particules sont fines, plus elles représentent un risque sanitaire, car elles peuvent pénétrer plus facilement dans le système respiratoire ou bien le sang.

Les particules dites fines, comme les PM_{2,5}, ont attiré énormément l'attention ces dernières années, notamment dû au risque sanitaire qu'elles présentent sur les maladies cardio-vasculaires et respiratoires, et ont été classées en tant que substance cancérigène. Les PM_{2,5} ont notamment été responsables de la mort prématurée de plus de 35 000 personnes en France en 2015.

→ Impact sur l'environnement

Des impacts similaires aux particules à 10µm.

8.1.4 LE DIOXYDE DE SOUFRE (SO₂)

Le dioxyde de soufre est principalement émis par la combustion, et notamment par les centrales thermiques et les véhicules automobiles ; son rejet dépend de la teneur en soufre du combustible. A cause de certains procédés industriels, les raffineries et les fonderies sont aussi responsables d'une partie des émissions de SO₂ dans l'atmosphère.

C'est un gaz incolore, qui peut irriter la peau et les voies respiratoires, car il est très soluble et donc facilement absorbé par les surfaces humides de la bouche ou du nez. Il peut également entraîner des irritations oculaires. A fortes concentrations, il peut provoquer différentes maladies respiratoires et cardio-vasculaires.

→ Impact sur la santé

Altère la fonction pulmonaire chez l'enfant et provoque des symptômes respiratoires chez l'adulte (toux, gêne respiratoire, bronchite...).

→ Impact sur l'environnement

Le SO₂ est responsable des pluies acides, lorsqu'il est conjugué avec l'eau et l'oxygène de l'air. Il peut rester jusqu'à une semaine dans l'atmosphère.

8.1.5 L'AMMONIAC (NH₃)

L'ammoniac (NH₃) est un composé présent à l'état naturel dans l'environnement. Il peut également être produit industriellement par le procédé d'HaberBosch, à partir de N₂ et de H₂. C'est un gaz incolore, reconnaissable à sa forte odeur, très irritant pour le système respiratoire, la peau et les yeux.

L'ammoniac peut être utilisé comme fluide réfrigérant, mais il est surtout prisé en agriculture pour la production d'engrais azotés, permettant d'incorporer artificiellement l'azote aux plantes.

Il est présent dans l'atmosphère en très grande majorité à cause de l'agriculture (90% des émissions⁶), et est lié notamment à l'épandage de fertilisants et aux rejets organiques de l'élevage. Une petite partie des émissions est également due au trafic routier et l'usage des véhicules équipés d'un catalyseur.

Sa durée de vie totale dans l'atmosphère dépend de la teneur en certaines espèces chimiques ; néanmoins, la durée moyenne est d'environ deux mois.

→ Impact sur la santé

A faible dose, seule son odeur piquante peut être décelée ; à plus fortes concentrations, il brûle les yeux et les poumons. Lors d'une présence trop importante dans le sang, l'ammoniac peut entraîner des troubles de la personnalité et du comportement, ou encore des troubles digestifs. Une fois émis dans l'atmosphère, le NH₃ peut se combiner avec les oxydes d'azote issus des activités industrielles et du trafic routier pour former des particules fines (PM_{2,5}) dites secondaires, qui peuvent atteindre les alvéoles pulmonaires et pénétrer dans le sang, causant asthme, allergies, maladies respiratoires ou cardiovasculaire, cancers.

→ Impact sur l'environnement

Le NH₃ présente un enjeu majeur pour l'environnement, car les substances qui résultent de ses transformations chimiques (nitrate d'ammonium par exemple) sont impliquées à la fois dans l'acidification et l'eutrophisation des milieux en raison de dépôts excessifs en milieu naturel, et dans la dégradation de la qualité de l'air. Une fois émis dans l'atmosphère, le NH₃ peut se combiner avec les oxydes d'azote issus des activités industrielles et du trafic routier pour former des particules fines (PM_{2,5}) dites secondaires, qui peuvent atteindre les alvéoles pulmonaires et pénétrer dans le sang, causant asthme, allergies, maladies respiratoires ou cardiovasculaire, cancers. Voilà pourquoi le NH₃ est généralement pointé du doigt lors des épisodes de pics de particules printaniers. Par exemple, les observations atmosphériques du Laboratoire des sciences du climat et de l'environnement (LSCE) ont montré que les PM_{2,5} de type nitrate d'ammonium lors de l'épisode de pollution aux particules fines en Ile-de-France en mars 2014, s'étaient formées dans l'atmosphère à partir de NH₃ émis par les activités agricoles et d'oxyde d'azote émis notamment par le transport routier.

L'ammoniac est un gaz incolore et irritant. Il contribue largement à l'acidification des milieux environnementaux, rendant les espèces plus vulnérables à certaines pollutions et maladies, et menaçant la biodiversité. Il se recombine avec des oxydes d'azote et de soufre pour former des PM_{2,5}.

8.1.6 LES COMPOSES ORGANIQUES VOLATILS (COV)

Les COV sont des gaz composés d'au moins un atome de carbone. Ce sont des composés organiques, dont la volatilité élevée leur permet de se propager à une certaine distance de leur origine, ayant ainsi un impact sur l'environnement. Le méthane (CH₄) est un COV, mais n'est toutefois pas dangereux en l'état pour l'homme ou l'environnement ; c'est par contre un gaz à effet de serre plus puissant que le CO₂. On distingue de ce fait le reste des COV du méthane, appelés COVNM (Composés Organiques Volatils Non Méthaniques). Ce sont des précurseurs de l'ozone et des particules fines.

Les COVNM sont libérés lors de l'évaporation des carburants, notamment lors du raffinage, ou par les gaz d'échappement. Ils proviennent également de l'utilisation de solvants, de produits ménagers, de l'industrie... Ils peuvent enfin être issus de sources naturelles, comme la végétation sous l'effet de la photosynthèse.

⁶ D'après Prev'air, <http://www2.prevoir.org/content/origine-et-sources-de-pollution>

Ils ont une durée de vie allant de quelques heures à quelques jours, en fonction de la concentration en polluants dans l'air et des conditions météorologiques ; ils sont en effet impliqués dans des réactions complexes dans l'air en interagissant avec les autres polluants atmosphériques.

→ **Impact sur la santé** 

Certains COV sont classés comme cancérigènes, comme le benzo(a)pyrène ou le benzène. Ils peuvent provoquer des irritations, voire une diminution de la capacité respiratoire en cas de forte concentration.

→ **Impact sur l'environnement** 

Ce sont des précurseurs de l'ozone et des particules fines.

8.1.7 AUTRES POLLUANTS NOTOIRES

Il existe d'autres polluants atmosphériques, comme les métaux lourds, le monoxyde de carbone (CO), le protoxyde d'azote (N₂O) et l'ozone (O₃).

8.1.7.1 Les métaux lourds

Les métaux lourds sont également présents dans l'atmosphère : on recense le plomb (Pb), le cadmium (Cd), le mercure (Hg), l'arsenic (As) et le nickel (Ni), qui sont les plus toxiques. Ils sont issus des combustions de charbon, pétroles et ordures ménagères, et de certains procédés industriels. Le plomb était particulièrement présent dans l'atmosphère jusqu'à l'interdiction de l'essence plombée en 2007.

Les métaux lourds s'accumulent dans l'organisme, avec des effets toxiques à plus ou moins long terme. On les retrouve sous forme de fines poussières dans l'air, qui peuvent se déposer dans les voies respiratoires ou être dégluties ; elles peuvent également se déposer sur les végétaux, les sols, les eaux... Et contaminer les chaînes alimentaires.

8.1.7.2 Le monoxyde de carbone (CO)

Le monoxyde de carbone provient de combustions incomplètes de composés carbonés, comme le charbon par exemple. Il vient également des gaz d'échappement des voitures, ainsi que des appareils de chauffage domestique.

Le monoxyde de carbone est particulièrement dangereux pour l'homme, car il est hautement toxique, mais incolore, inodore et sans saveur. Lorsqu'il est respiré, il va se fixer sur l'hémoglobine du sang à la place de l'oxygène, entraînant une mauvaise oxygénation des organes vitaux. Il peut entraîner le coma, voire la mort lors d'une exposition prolongée sans protection.

Il peut rester plusieurs mois dans l'atmosphère.

8.1.7.3 Le protoxyde d'azote (N₂O)

Le protoxyde d'azote est un puissant gaz à effet de serre, et est notamment dangereux pour la couche d'ozone qu'il détruit. Il provient en majeure partie de l'agriculture avec l'utilisation d'engrais azotés, mais également de certaines combustions de matières organiques et fossiles.

8.1.7.4 L'ozone (O₃)

L'ozone n'est pas directement émis par les activités humaines ou naturelles. Il est le produit d'une réaction chimique entre des COV et les NO_x, en présence de lumière naturelle. Il ne faut pas confondre l'ozone de la couche d'ozone, qui nous protège des rayons ultraviolets du soleil, avec l'ozone présent à basse altitude, qui est un polluant qui irrite les yeux et l'appareil respiratoire, et qui impacte la végétation.

7 D'après le site internet d'Airparif, <https://www.airparif.asso.fr/pollution/differents-polluants>

8.2 Les émissions de polluants atmosphériques sur le territoire

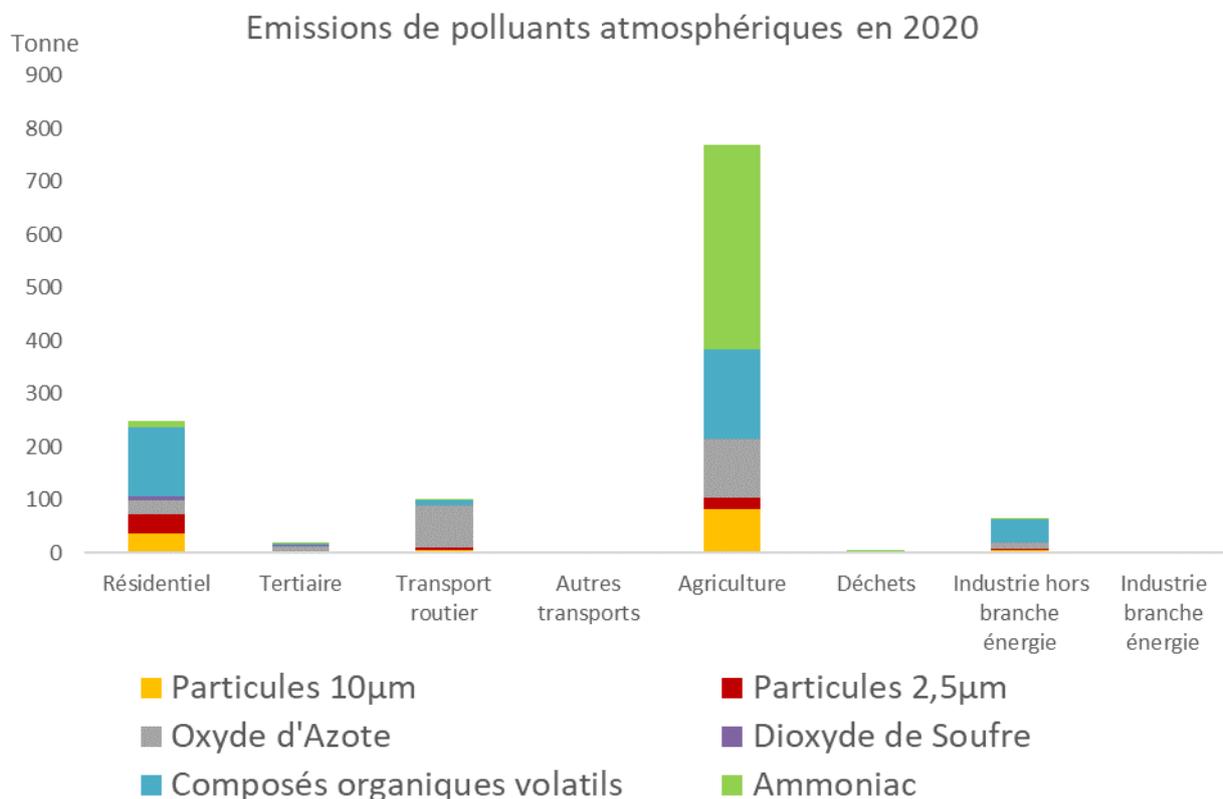
Les données qui vont être présentées ici sont les données globales d'émissions de polluants atmosphériques pour l'année 2020 transmis par Lig'Air - Oreges.

Emission en tonnes	PM10	PM2,5	Oxydes d'azote	Dioxyde de soufre	COVNM	NH3
Résidentiel	36,1	35,3	26,4	8,7	131,0	10,8
Tertiaire	0,8	0,8	11,4	2,4	1,2	0,3
Transport routier	6,0	4,3	79,7	0,2	9,4	1,2
Autres transports	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Agriculture	82,0	22,4	110,6	0,1	169,1	384,1
Déchets	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,9
Industrie hors branche énergie	5,3	2,8	12,0	0,1	41,7	0,1
Industrie branche énergie	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	0,0
TOTAL	130,2	65,5	240,1	11,6	353,2	400,3

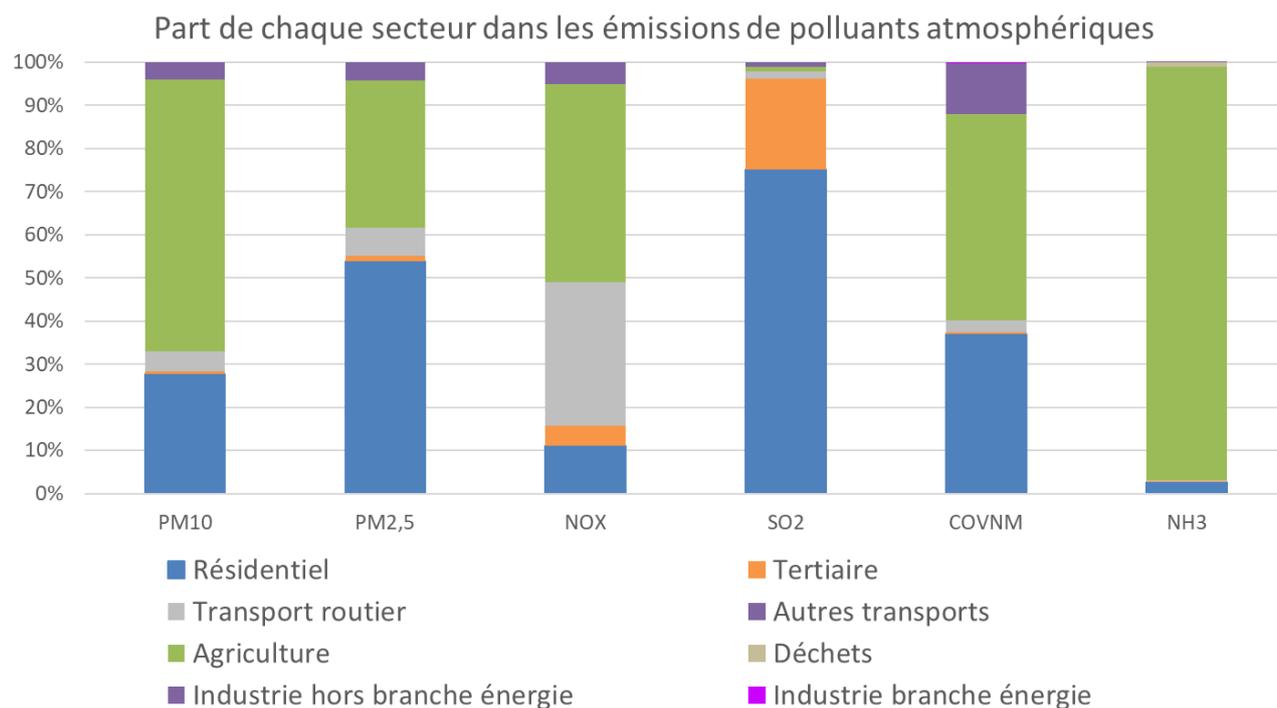
Emissions de polluants atmosphériques sur le territoire (2020)

Remarque : ce tableau ne détaille que les émissions atmosphériques imputables aux activités humaines. Les émissions autres (et naturelles en particulier) ne rentrent pas dans le cadre du dépôt de PCAET. A ce titre, sur le territoire, on recense également des émissions importantes de composés organiques volatils dues à la végétation. En effet, sous l'action de la photosynthèse les prairies en rejettent de grandes quantités dans l'atmosphère.

Les polluants atmosphériques sont majoritairement émis par le secteur agricole, le secteur résidentiel, les transports et l'industrie (hors branche énergie).



Le graphique ci-dessous permet d'identifier la part respective de chaque secteur dans les différentes émissions de polluants atmosphériques.



Les différents secteurs se partagent la responsabilité des plus fortes émissions des différents polluants :

- Les particules fines (PM10 et PM2,5) sont émises majoritairement par l'agriculture avec le travail au champs et le secteur résidentiel avec le chauffage au bois.
- Les oxydes d'azote (NOX) proviennent principalement des carburants (y compris les carburants des tracteurs).
- Le dioxyde de soufre (SO2) est émis majoritairement par le chauffage au fioul des particuliers et du secteur tertiaire.
- Les composés organiques volatils non méthanique (COVNM) proviennent majoritairement du chauffage au bois et de l'agriculture avec le travail aux champs.
- Enfin, l'agriculture est responsable de la quasi-totalité des émissions d'ammoniac.

Le document de l'ADEME « Les émissions agricoles de particules dans l'air état des lieux et leviers d'action » fournit de très nombreux leviers pour réduire les émissions et améliorer la qualité de l'air.

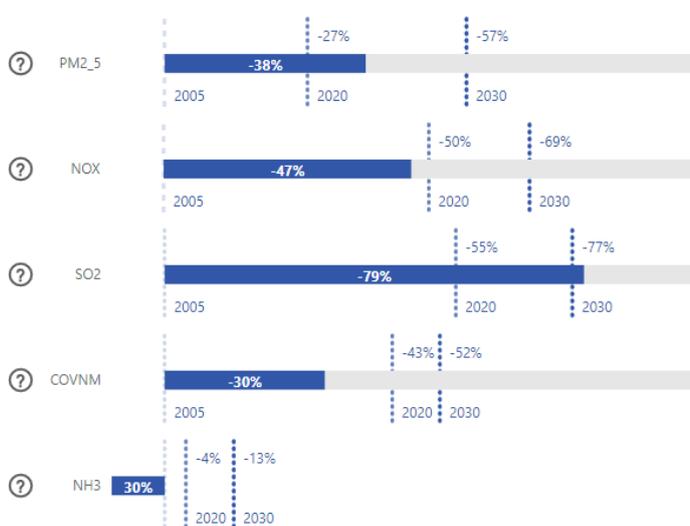
8.2.1 OBJECTIFS NATIONAUX ET POSITIONNEMENT DU TERRITOIRE SUR LES EMISSIONS DE POLLUANTS ATMOSPHERIQUES

ATMO Grand Est dans son invent'Air V2022 pour l'année 2020 présente le positionnement du territoire au regard des objectifs nationaux (Le Plan national de réduction des polluants atmosphériques) et des objectifs du SRADDET.

Les pics de pollution à l'ozone sont directement liés à la pollution dans l'air, oxydes d'azote (NOx) et composés organiques volatils (COV), et un temps ensoleillé avec peu ou pas de vent. Ces épisodes surviennent donc principalement en été lors de situations anticycloniques calmes avec la conjonction des polluants provenant du transport routier (Nox) et de l'industrie (COV).

Les cartographies suivantes (à l'échelle de la région) sont une modélisation du nombre de jours de dépassement du seuil de protection de la santé fixé à 120µg/m³/8h. Ce nombre de jours varie de manière importante suivant les années et notamment les périodes de canicules.

Objectifs nationaux et position du territoire sur la thématique <<Air>> en 2020



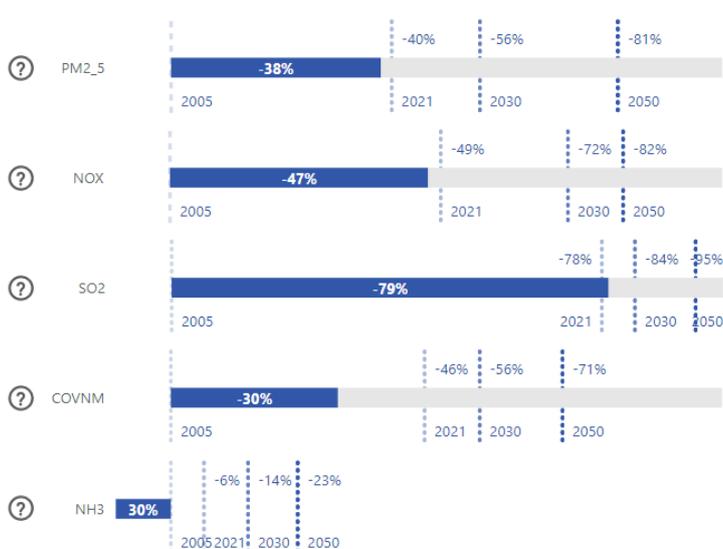
ATMO Grand Est - Invent'Air V2022

Positionnement du territoire au regard des objectifs du PREPA* en 2020 et 2030

*Plan national de réduction des polluants atmosphériques

La réduction des polluants atmosphériques est en bonne voie pour 2030 en ce qui concerne les PM2,5 et le SO2, ce sera plus difficile sur les oxydes d'azote (transport) et les composés organiques volatiles. Pour les émissions d'ammoniac, ils sont plutôt en hausse, des efforts sont à fournir pour retrouver une trajectoire compatible avec les objectifs du PREPA.

Objectifs régionaux et position du territoire sur la thématique <<Air>> en 2020



ATMO Grand Est - Invent'Air V2022

Positionnement du territoire au regard des objectifs du SRADDET en 2021, 2030 et 2050

On peut faire les mêmes conclusions que précédemment avec des objectifs plus contraignants portés par le SRADDET.

8.2.2 POTENTIEL DE REDUCTION DES EMISSIONS DE POLLUANTS ATMOSPHERIQUES

Les actions de sobriété énergétique et de maîtrise de l'énergie ont un impact sur les émissions de polluants atmosphériques. Le fait d'isoler les maisons chauffées au bois permet de réduire la consommation de chauffage et donc, de réduire les émissions de particules fines. Le renouvellement du parc des véhicules a un impact important sur les émissions d'oxyde d'azote. La modification des pratiques d'épandage dans le secteur agricole permet de réduire les émissions d'ammoniac, etc.

Le tableau ci-dessous présente les gains maximums théoriques sur les émissions de polluants atmosphériques. Ils sont calculés sur la base des émissions des différents polluants en fonction des différentes énergies économisées.

Emission et réduction possible par secteur (tonnes)	PM10	PM2,5	NOx	SO2	COV	NH3
Résidentiel	-23	-22	-18	-8	-41	0
Tertiaire	-0,2	-0,2	-3	-2	0	0
Industrie	-2	-2	-9	0	-22	0
Agriculture	-16	-3	-16	-0,2	-0,7	-41
Transport	-3	-3	-52	0	-4	-1
Total :	-44	-30	-98	-10	-68	-42
Total - année 2020 (t/an)	130	65	240	12	353	400
Réduction théorique :	-34%	-45%	-41%	-90%	-19%	-10%

La réduction du dioxyde de soufre (SO₂) provient essentiellement des appareils de chauffage au fioul dont tous les bâtiments (maisons, immeubles de logement, bâtiments tertiaires) sont entièrement rénovés. La réduction théorique sur les particules fines (PM₁₀ et PM_{2,5}) est également importante puisqu'elle suppose que toutes les maisons chauffées au bois sont entièrement rénovées (le bois est le principal émetteur des particules fines). De la même manière, un renouvellement immédiat de l'ensemble du parc des véhicules permettrait de réduire fortement les émissions d'oxyde d'azote (Nox). La réduction des émissions d'ammoniac, essentiellement possible sur le secteur agricole, provient d'une modification des pratiques sur l'épandage et un changement sur les types d'engrais pour les cultures.

CE QU'IL FAUT RETENIR

Un renouvellement du parc des appareils de chauffage au bois associé à l'isolation des maisons permettrait de réduire efficacement les émissions de polluants atmosphériques (PM₁₀, PM_{2,5}). Le renouvellement du parc automobile principalement au diesel va permettre de réduire les émissions de polluants (PM₁₀, PM_{2,5} et NOX), on peut supposer que les aides actuellement mises en place permettront d'accélérer ce renouvellement. Il serait enfin assez simple de mettre en place une information auprès des agriculteurs pour qu'ils modifient leur pratique sur l'épandage des fumiers et les inciter à modifier également la composition des engrais, ces actions permettraient de réduire les émissions d'ammoniac.

9 VULNERABILITE AU CHANGEMENT CLIMATIQUE

9.1 Préambule

9.1.1 UN CADRE NATIONAL VEILLANT A ADAPTER LE TERRITOIRE NATIONAL AU DEREGLEMENT CLIMATIQUE

Depuis 2011, la France s'est dotée d'un Plan national d'adaptation au dérèglement climatique (PNACC) qui vise à planifier l'adaptation du territoire national aux changements climatiques. Le PCAET, au travers son étude de vulnérabilité climatique, sa stratégie et son plan d'actions, constitue une réponse territoriale à ce plan national.

Établi pour une période de 5 ans, un second PNACC a été adopté en 2018 intégrant les évolutions réglementaires et les engagements de la France vis-à-vis des sommets mondiaux : Stratégie Européenne d'adaptation au Changement climatique en 2013, Accord de Paris en 2015 et Loi de Transition Énergétique pour la Croissance Verte. Il vise notamment deux objectifs :

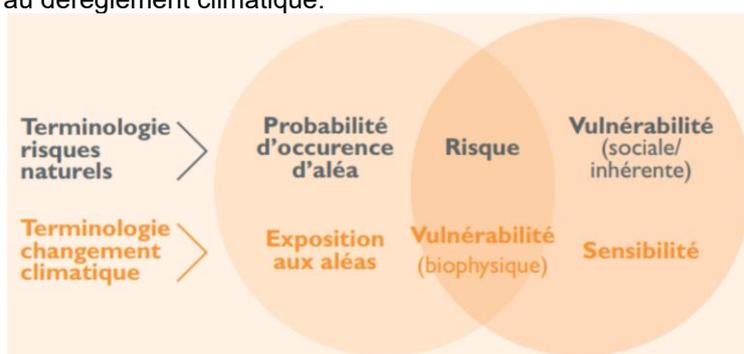
1. Protéger les Français face aux événements climatiques extrêmes ;
2. Construire la résilience des principaux secteurs de l'économie face aux changements climatiques.

Plusieurs objectifs sont définis :

- Structurer et renforcer le pilotage et le cadre de suivi ;
- Protéger les Français des risques liés aux catastrophes dépendant des conditions climatiques ;
- Renforcer la résilience des écosystèmes pour leur permettre de s'adapter au dérèglement climatique et s'appuyer sur les capacités des écosystèmes pour aider notre société à s'adapter au dérèglement climatique ;
- Renforcer la résilience des activités économiques aux évolutions du climat ;
- Améliorer la connaissance des impacts du dérèglement climatique et diffuser largement l'information pertinente ;
- Renforcer l'action internationale de la France en matière d'adaptation au dérèglement climatique.

9.1.2 ALEA, RISQUE ET VULNERABILITE

Les terminologies des risques naturels et celle du dérèglement climatique ont tendance à cohabiter sur la notion de vulnérabilité au dérèglement climatique.



Ainsi, les définitions données par l'ADEME sont celles-ci :

- **Exposition aux aléas** : nature et degré auxquels un système est exposé à des variations climatiques significatives sur une certaine durée
- **Sensibilité** : propension d'un élément (organisation, milieu...) à être affecté, favorablement ou défavorablement, par la manifestation d'un aléa
- **Vulnérabilité** : niveau de vulnérabilité (aussi appelé niveau de risque) s'évalue en combinant l'exposition et la sensibilité du territoire

9.1.3 UNE ANALYSE DES VULNERABILITES CLIMATIQUES EN 3 TEMPS

Pour identifier la vulnérabilité du territoire au dérèglement climatique, l'étude propose la présentation des évolutions climatiques passées (1) puis à venir (2) en se concentrant sur l'évolution des températures, des précipitations, du niveau de la mer et des phénomènes tempétueux. Ce diagnostic permettra de prendre connaissance de la sensibilité du territoire (3) en proposant une analyse des enjeux territoriaux actuels issus des principaux documents stratégiques de la CC. Il s'agira de mesurer le renforcement ou non des enjeux de territoire au regard des évolutions climatiques futures et si ce renforcement est positif ou négatif pour le territoire. Selon la sensibilité du territoire, il s'agira d'analyser les points de vulnérabilité (4) majeurs du territoire sur lesquels le plan d'actions devra agir prioritairement. Les points de vulnérabilité, présentés en conclusion de l'étude de sensibilités, porteront notamment sur les espaces qui jusque-là, n'ont pas fait l'objet d'actions suffisantes visant à éliminer ou réduire le risque pour la population, les biens et l'environnement.

9.1.4 POINT METHODOLOGIQUE

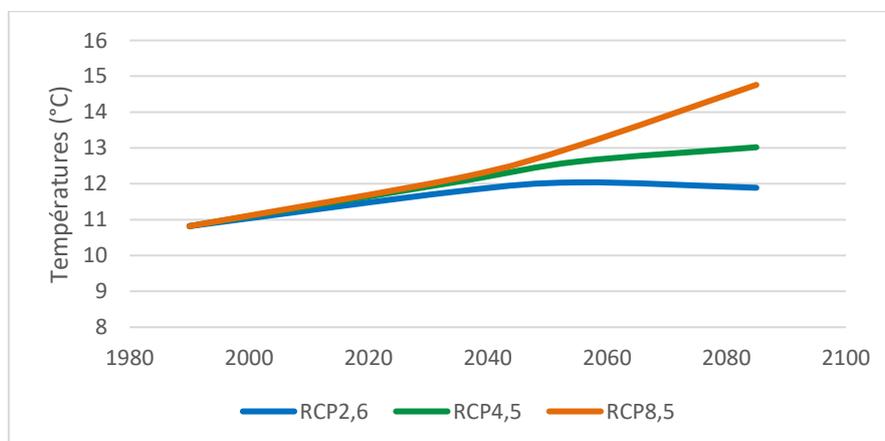
La Communauté de communes (Cdc) du Kochersberg et Ackerland connaît des conditions météorologiques relativement homogènes sur son territoire, permettant de projeter que les modes de vie et les modèles économiques en cours seront impactés par des évolutions relativement similaires.

Pour répondre à ces enjeux liés à la diversité des climats du territoire, l'étude du climat passé s'appuiera sur la base météorologique la plus proches de la Cdc pour laquelle les données météorologiques annualisées entre 1999 et 2022 sont disponibles : celle de Strasbourg-Entzheim. De plus, l'analyse s'appuiera sur les données fournies par Météo France pour cette même station sur la période 1991-2010 (moyenne sur la période).

Concernant l'analyse du climat futur, l'étude s'appuie sur les données fournies par le laboratoire de recherche DRIAS porté par le groupement Météo France, CERFACS et SNRM-GAME et IPSL).

L'analyse se fait au regard de 3 scénarios issus du GIEC (Groupe d'experts Intergouvernemental de l'Evolution du Climat) :

1. RCP 2,6 : Scénario avec une politique climatique visant à faire baisser les concentrations en CO2
2. RCP 4,5 : Scénario avec une politique climatique visant à stabiliser les concentrations en CO2
3. RCP 8,5 : Scénario sans politiques climatiques.



Exemple d'analyse climatique selon les 3 scénarios du GIEC

A noter que l'étude fait référence à des périodes pluriannuelles. Identifiées par le laboratoire de recherche DRIAS, elles sont parfois indiquées dans les graphiques par une année moyenne de référence :

- Période 1981-2010 : année de référence 1995
- Période 1999-2017 : année de référence 2009
- Période 2021-2050 : année de référence 2009
- Période 2041-2070 : année de référence 2055
- Période 2071-2100 : année de référence 2085

Enfin, l'analyse du climat passé et à venir s'appuiera également sur des études locales diverses et les études du GIEC les plus récentes.

9.2 Analyse de l'exposition climatique passée du territoire

9.2.1 POINT METHODOLOGIQUE

Le territoire du Kochersberg et Ackerland est soumis aux conditions climatiques de la vallée du Rhin, c'est-à-dire à un climat de type semi-continental. Les hivers sont froids et orageux (avec environ 55 jours de gel par an, chiffre en baisse), tandis que les étés sont plutôt chauds (en moyenne 43 jours estivaux par an, chiffre en hausse) et caractérisés par des précipitations relativement abondantes. La relative fraîcheur de ce climat continental « allemand » se fait particulièrement sentir au niveau des températures minimales et maximales : avec 2,5°C en moyenne au minimum en hiver et 19,3°C en moyenne au maximum en été.

Les données permettant l'étude du climat passé sont produites par Météo France et proviennent de la station météorologique de Strasbourg-Entzheim pour les périodes d'études 1991-2020 et 1999-2022.

Pour l'analyse du climat futur, elles sont complétées par celles provenant de Météo-France et du centre de recherche DRIAS sur la commune de Truchtersheim, qui occupe une position relativement centrale et est la plus peuplée du territoire.

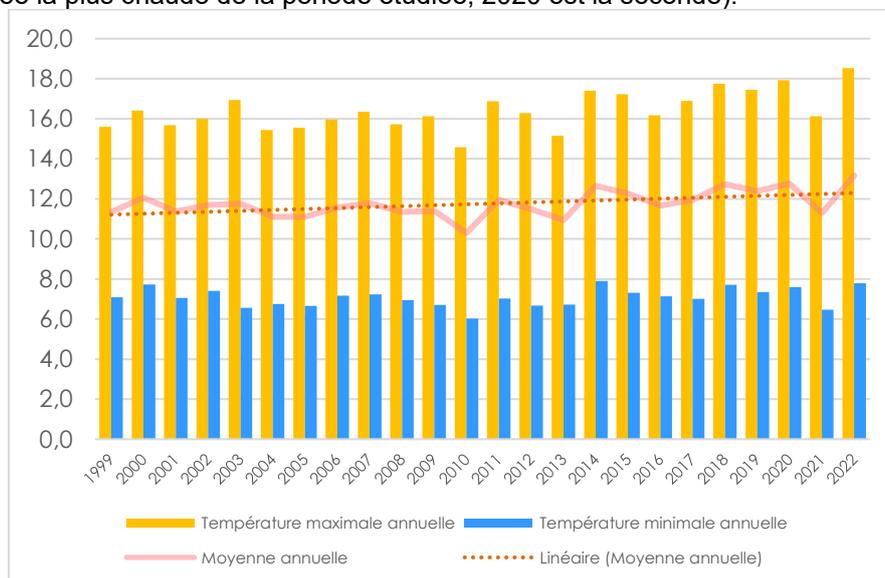
Les données localisées fournies par Météo France ne permettent pas de réaliser une analyse historique fine puisque les données annuelles disponibles portent sur la période de 1999 à nos jours, complétant des données moyennes sur les périodes 1981-2010 (Météo France) et 1976-2005 (Données Drias, Météo France, IPSL, CERFACS, CNRM-GAME).

9.2.2 EVOLUTION DES TEMPERATURES PASSES

9.2.2.1 → Les données locales à l'échelle de la Communauté de Communes

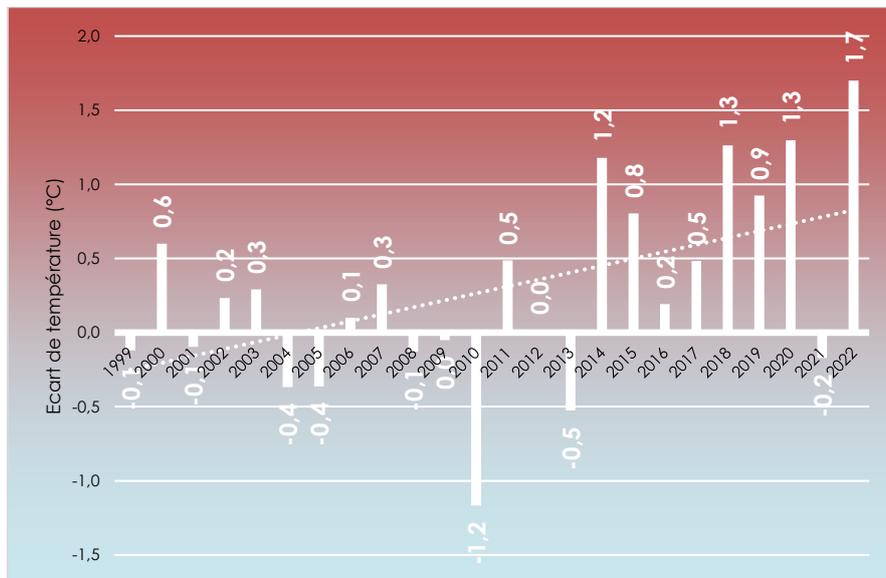
Depuis 1999 jusque 2022, les données annuelles fournies par Météo France mettent en évidence des températures maximales moyennes de 16,4°C et minimales moyennes de 7,1°C.

Ces valeurs sont supérieures à celle de la période 1981-2010, respectivement de 16°C et 6,9°C (s. L'année 2022 a été l'année la plus chaude de la période étudiée, 2020 est la seconde).



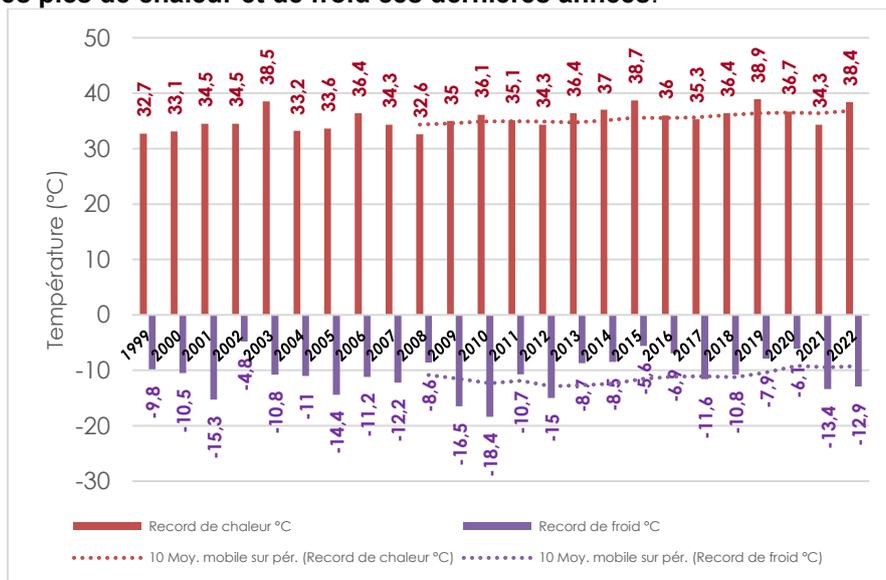
Evolution des températures maximales et minimales
(Météo France, Auxilia Conseil)

Malgré une période d'analyse relativement courte, les températures semblent être en constante augmentation avec 14 années sur 24 aux températures supérieures à la moyenne de 1991-2020. **La température annuelle moyenne sur la période 1999-2022 est de 0,28°C plus élevée que sur la période de référence 1991-2020.**



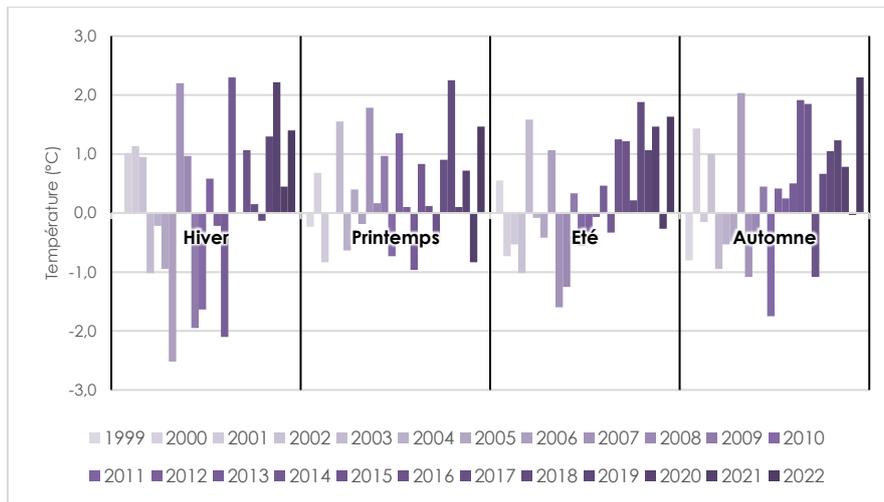
Evolution des températures moyennes annuelles par rapport à la normale 1991-2020 (Météo France, Auxilia Conseil)

Les pics de chaleur et de froid annuels connus sur la période 1999-2017 sont en moyenne de respectivement 35,5°C et -10,9°C. L'évolution de ces pics ne peut être comparée à la période 1981-2010 par manque de données disponibles, cependant, il apparaît sur la période récente **une légère augmentation des températures des pics de chaleur et de froid ces dernières années.**

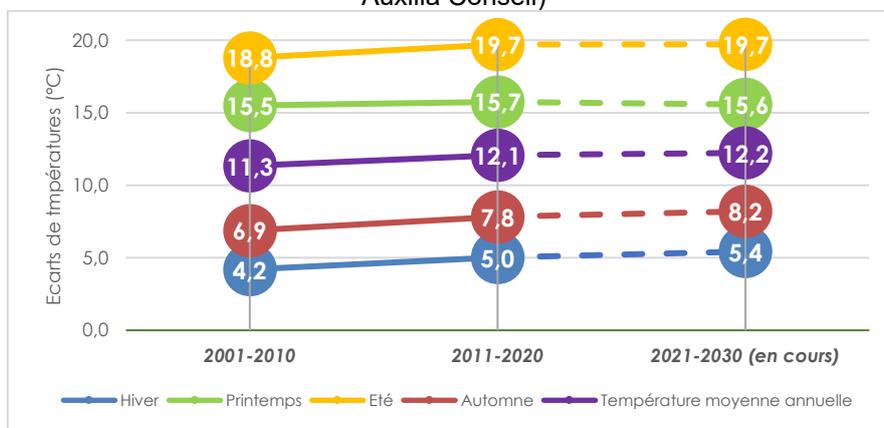


Evolution des records annuels de température (Météo France, Auxilia Conseil)

On retrouve cette augmentation des températures à l'échelle de chaque saison, avec une hausse des températures allant de +0.2 à +0.4°C entre les périodes 1991-2020 et 1999-2022.



Evolution des températures saisonnières par année par rapport à la période 1991-2020 (Météo France, Auxilia Conseil)



Evolution des températures saisonnières par décennie (Météo France, Auxilia Conseil)

9.2.2.2 → Les évolutions régionales, nationales et mondiales

Ces évolutions identifiées localement se retrouvent à des échelles temporelles et spatiales plus larges. En effet, presque tous les ans, les observatoires climatiques soulignent l'augmentation des températures de l'année précédente et les records battus.

Les évolutions de la température de la planète entre 1880 et 2016 par rapport à la moyenne de la période de référence 1901-2000 montrent une forte évolution des températures de l'ordre de +0.74°C avec une nette hausse depuis 1975 atteignant +0.19°C par décennie. L'hémisphère Nord a tendance à se réchauffer plus vite : une augmentation de +0.53°C entre 1961-1990 contre +0.27°C dans l'hémisphère Sud.

Ainsi, en France, à l'image des évolutions mondiales, la progression des températures est nette avec une augmentation des températures sur les dernières décennies. Les trois années les plus chaudes ont été 2022 (avec +2.5°C par rapport à la moyenne de référence 1991-2020), 2020 (+2.1°C) et 2018 (+1.9°C). Les années 2022, 2020 et 2018 sont également les années les plus chaudes sur le territoire de la Cdc du Kochersberg et Ackerland avec +1.7°C en 2022, +1.3°C en 2020 et +1,26°C en 2018 au-dessus de la moyenne de 1991-2020.

En conclusion, l'Accord de Paris préconise une augmentation de +2°C en 2050 par rapport à la période préindustrielle, voire +1.5°C avec des engagements forts, sachant qu'il est reconnu que nous avons déjà augmenté de +1°C à la fin du XXème siècle. Ainsi, avec une hausse de 0.3°C dans la période récente dans la région du Kochersberg et Ackerland, **les seuils limites supérieurs de l'Accord de Paris sont quasi-atteints. Sans politiques climatiques volontaires complémentaires entre les échelles locales, nationales et internationales, leur dépassement paraît inévitable.**

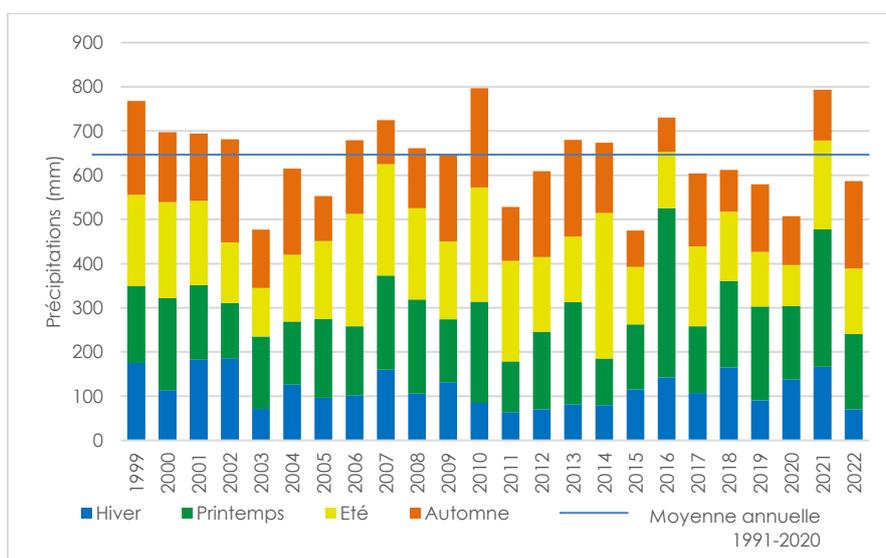
L'évolution des températures moyennes annuelles en Alsace montre un net réchauffement depuis 1959. Sur la période 1959-2009, la tendance observée sur les températures moyennes annuelles se situe **entre +0,3 °C et +0,4 °C par décennie.** Le nombre annuel de journées chaudes (températures maximales supérieures à 25°C) est très variable d'une année sur l'autre. Sur la période 1961-2010, on observe une augmentation du nombre de journées chaudes, de l'ordre de 5 jours par décennie.

9.2.3 EVOLUTION DES PRECIPITATIONS PASSEES ET DE L'ENSOLEILLEMENT

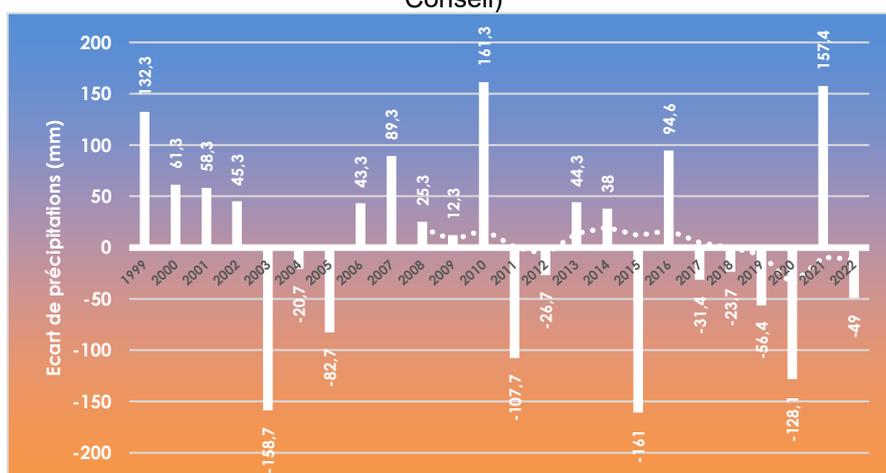
9.2.3.1 → Les évolutions locales

Les données Météo France font apparaître des taux de précipitations de l'ordre de 635.7 mm par an sur la période 1991-2020. Or l'analyse de la période récente 1999-2022 fait apparaître une moyenne de précipitations de l'ordre de 640.6 mm, soit une légère augmentation. Quatre périodes de sécheresses sont néanmoins identifiées sur cette période :

- La sécheresse de 2003 liée à un été et à un hiver particulièrement secs ;
- La sécheresse de 2011 liée à un hiver et un printemps extrêmement secs alors que les pluies des autres saisons ont été assez proches des normales sur tout le territoire ;
- La sécheresse de 2015 avec un été et un automne particulièrement secs, malgré un hiver et un printemps proche des normales du territoire ;
- La sécheresse de 2020, avec l'été le plus sec enregistré sur la période 1999-2022 sur le territoire.



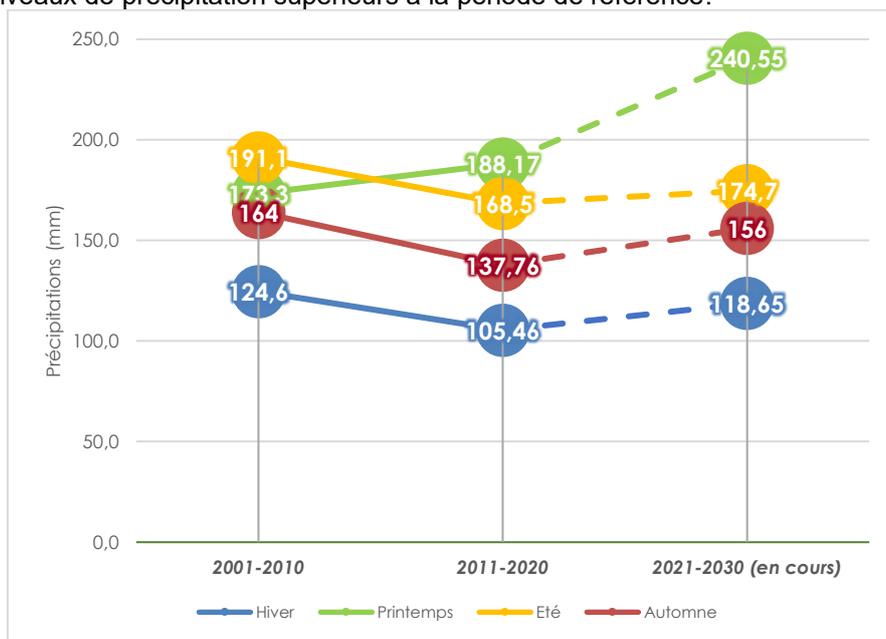
Evolution des précipitations par an et par saisons (Météo France, Compilation de données par Auxilia Conseil)



Evolution des précipitations par rapport à la période de référence de 1991-2020 (Météo France, Auxilia Conseil)

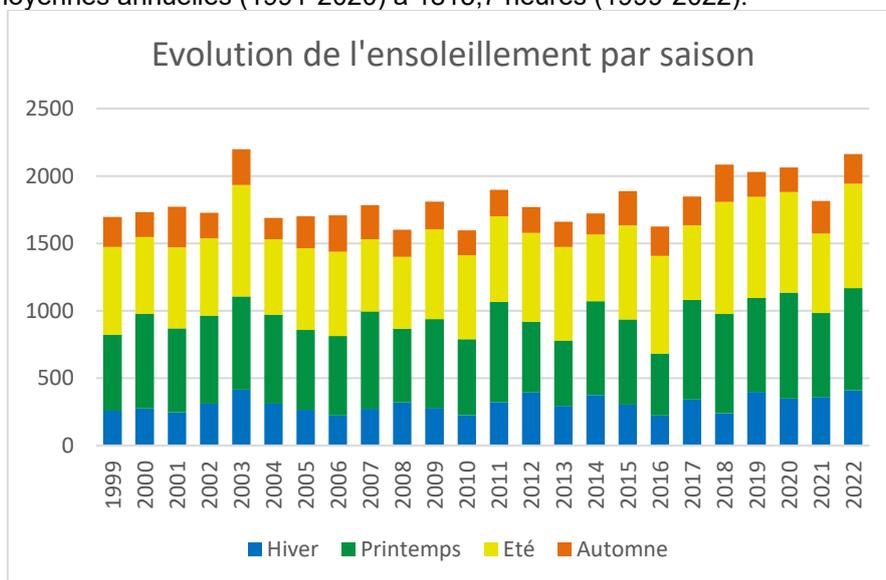
Cependant, la légère augmentation au niveau des moyennes ne se retrouve pas dans l'évolution des précipitations par rapport à la période de référence comme le montre le graphe précédent. En effet, cette première évolution observée est peut-être faussée par des années de fortes pluies comme les années 2010 et 2021. Plus encore, l'évolution des précipitations par rapport à la période de référence 1991-2020 montre

une diminution nette des précipitations sur les dernières années : de 2012 à 2022, seules 4 années sur 10 ont enregistré des niveaux de précipitation supérieurs à la période de référence.



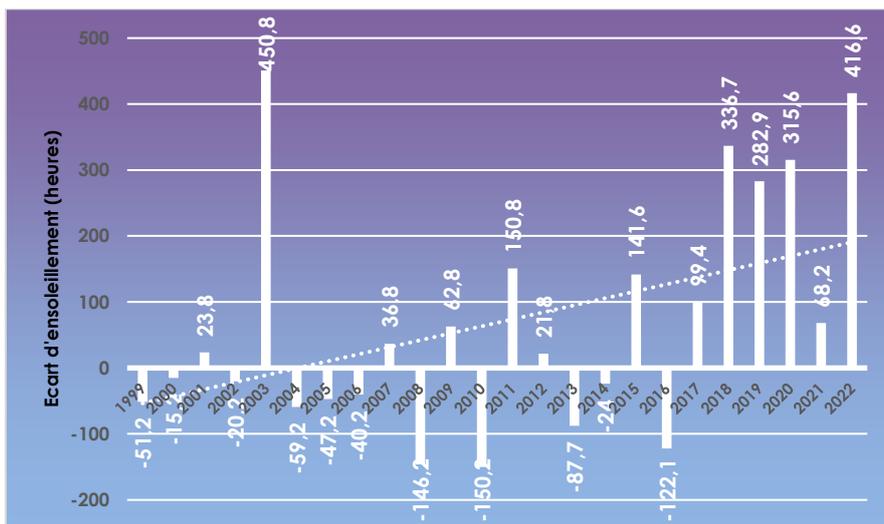
Evolution des précipitations saisonnières moyennes (Météo France, Auxilia Conseil)

Aussi, l'analyse des précipitations sur la période 1999-2022 met en évidence un changement dans la saisonnalité des précipitations. En effet, par rapport à la période 2001-2010, la quantité de pluie sur 2011-2020 a diminué fortement en hiver, en été et en automne (respectivement -15,0%, -12% et -16%) et a augmenté au printemps (+9%). L'accroissement des précipitations printanières semble s'accroître en ce début de décennie 2021-2030, tandis que les précipitations des autres saisons restent plus faibles que sur 2001-2010, sans pour autant atteindre les niveaux de baisse de la décennie précédente. De façon corrélée, l'analyse de l'ensoleillement sur la période 1999-2022 fait ressortir un nombre d'heures annuel moyen d'ensoleillement supérieur à celui de la période de référence 1991-2020, avec un passage de 1747,2 heures moyennes annuelles (1991-2020) à 1815,7 heures (1999-2022).



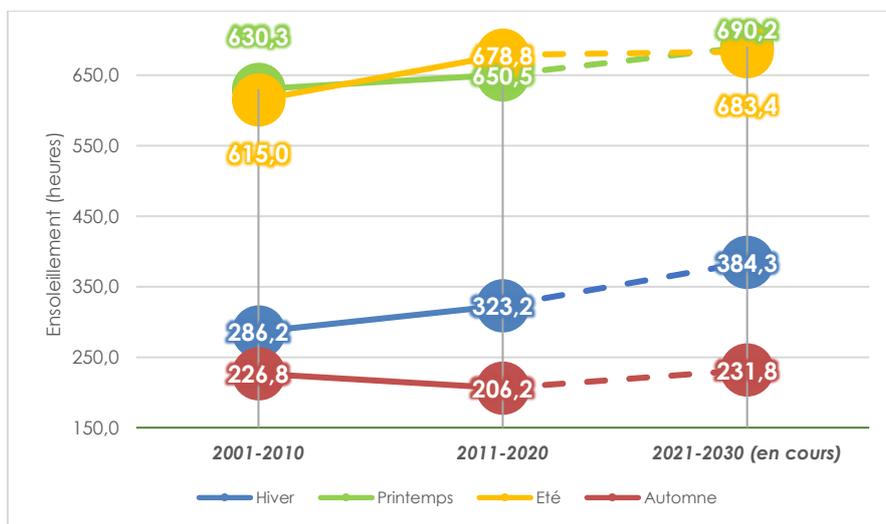
Evolution de l'ensoleillement annuel (Météo France, Auxilia Conseil)

Les années les plus ensoleillées sont, dans l'ordre décroissant du nombre d'heures d'ensoleillement enregistrées : 2003, 2022, 2018 et 2019, avec respectivement 2198, 2163,8, 2083,9 et 2062,8 heures d'ensoleillement annuel. On notera que, mis à part pour le cas de 2003 et sa canicule historique, les cas de dépassement des 2 000 heures d'ensoleillement annuel se sont tous produits dans les 5 dernières années.



Evolution de l'ensoleillement par rapport à la période de référence de 1991-2020 (Météo France, Auxilia Conseil)

Plus largement, et au-delà des 4 années fortement ensoleillées évoquées plus haut, les années dont le nombre d'heures d'ensoleillement dépasse les valeurs de la période de référence 1991-2010 semblent se faire plus fréquentes. En effet, si seulement 13 des 24 années de la période 1999-2022 présentent ce cas de figure, elles sont plus nombreuses d'une décennie sur l'autre, passant de 4 sur 10 (2001-2010) à 7 sur 10 (2011-2020).

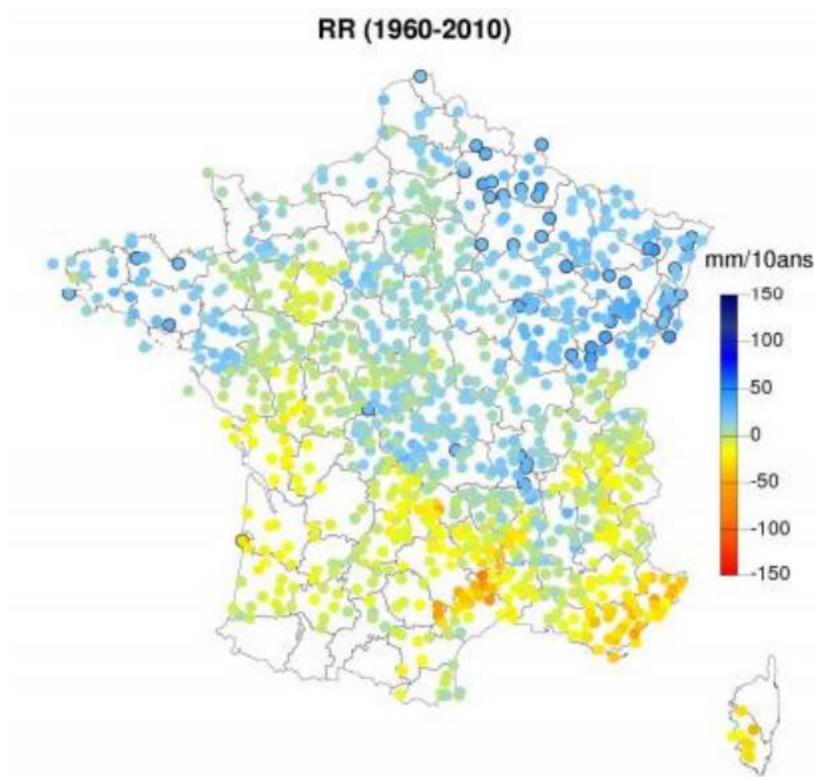


Evolution de l'ensoleillement saisonnier par décennie (Météo France, Auxilia Conseil)

Enfin, le graphique ci-dessus permet de constater que l'augmentation de l'ensoleillement annuel touche toutes les saisons, et particulièrement l'hiver. Les données de 2021 et de 2022 confirment pour l'instant cette tendance pour la décennie 2021-2030.

9.2.3.2 → Les évolutions régionales, nationales et mondiales

Contrairement aux températures, les analyses d'évolution des précipitations sont moins connues et diffusées. Une analyse sur une période plus longue est donc complexe. Néanmoins, à l'échelle nationale, les référentiels de Météo France mettent en évidence une évolution non significative des précipitations sur la période 1960-2010 et une forte variabilité spatiale avec une hausse dans le Nord de la France et une baisse dans le Sud-Est. A l'échelle de l'Alsace, il est indiqué que les précipitations entre 1961 et 1990 ont légèrement augmenté, principalement en automne, mais avec une très forte variabilité d'une année sur l'autre.



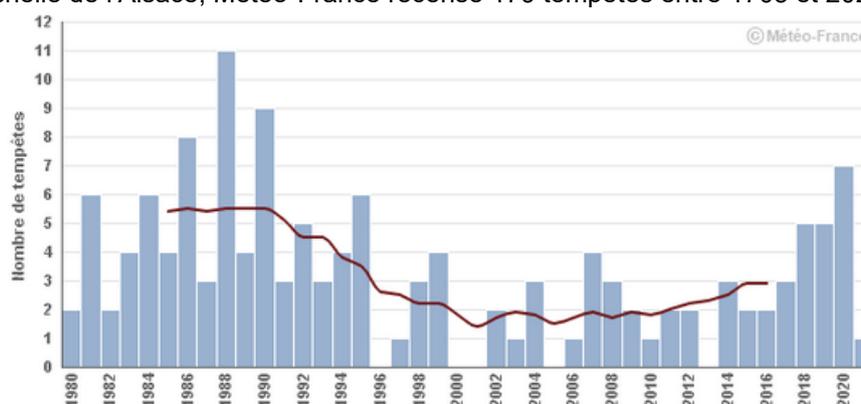
Evolution annuelle des précipitations sur la période 1960-2010 (Météo France)

9.2.4 FREQUENCE DES EVENEMENTS EXTREMES

Les communes de la Cdc du Kochersberg et Ackerland ont fait l'objet de plusieurs arrêtés de catastrophes naturelles pour diverses raisons : tempêtes, inondation, mouvements de terrain...

9.2.4.1 → Les phénomènes tempétueux

Le territoire de la Cdc du Kochersberg et Ackerland est notamment soumis aux risques météorologiques tempétueux. A l'échelle de l'Alsace, Météo-France recense 179 tempêtes entre 1703 et 2022.



Nombre de tempêtes en Alsace depuis 1980 (Météo France, Climat HD)

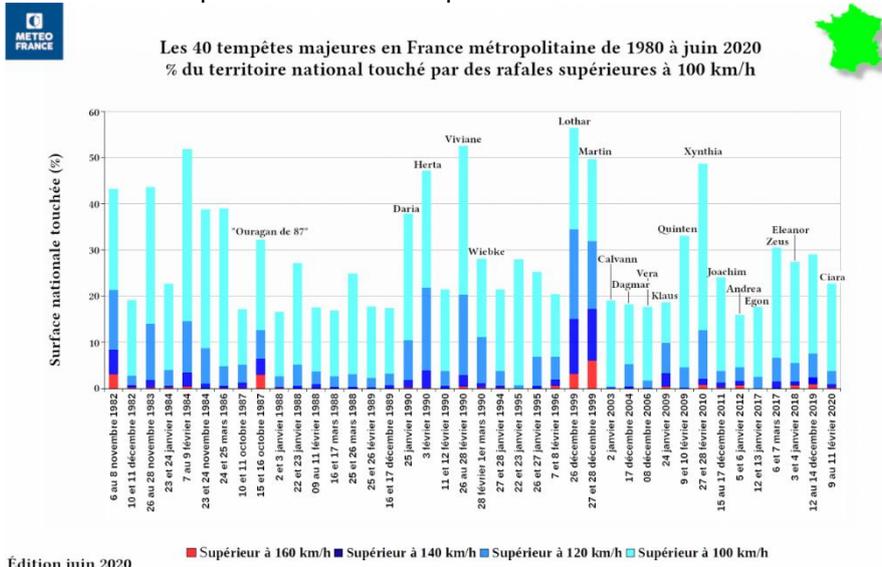
D'après Météo France, le nombre de tempêtes ayant affecté la région Alsace est très variable d'une année sur l'autre. Sur l'ensemble de la période, on observe une tendance à la baisse significative du nombre de tempêtes affectant la région mais sans lien établi avec le changement climatique.

Quelques-unes des tempêtes les plus marquantes sont présentées ci-dessous :

ANNEE	DETAILS
1984	Cette tempête a eu des impacts importants dans le Bas-Rhin. Les toitures de nombreux bâtiments, dont des maisons, des écoles et des bâtiments industriels, ont été endommagées, et des arbres ont été déracinés ou ont perdu des branches. Les lignes électriques ont été coupées, entraînant des coupures de courant dans de nombreuses zones.
1990	Tempête Vivian : Cette tempête a touché principalement l'est de la France, y compris l'Alsace. Elle a causé des dégâts importants dans les forêts et les zones urbaines, et a fait 5 morts en Alsace.
1990	Tempête Wiebke : Cette tempête a touché principalement l'ouest de l'Allemagne, mais a également affecté l'Alsace. Elle a causé des dégâts considérables dans les forêts et les zones urbaines, et a fait 8 morts en Alsace.
1999	Tempête Lothar : Cette tempête a touché l'ensemble de la France et plusieurs pays européens. Elle a causé des dégâts considérables dans le département du Bas-Rhin, en particulier dans les forêts du nord du département. La tempête a fait 10 morts en Alsace et a entraîné des milliers d'hectares de forêts détruits.
2010	Tempête Xynthia : Bien que cette tempête ait touché principalement la côte ouest de la France, elle a également causé des inondations importantes dans certaines parties du Bas-Rhin.
2017	Tempête Zeus : Cette tempête a touché l'est de la France et a causé des coupures de courant généralisées dans le département du Bas-Rhin. Des milliers de foyers ont été privés d'électricité pendant plusieurs jours.
2018	Tempête Eleanor : Elle a causé des dégâts importants dans le département : des coupures d'électricité, des perturbations des transports et des dégâts matériels, et notamment des inondations dues aux pluies diluviennes dans la commune de Schiltigheim. Elle a fait 1 mort en Alsace.

Les 7 tempêtes majeures ayant touché le territoire du Kochersberg et Ackerland ces 40 dernières années (Météo France, Auxilia Conseil)

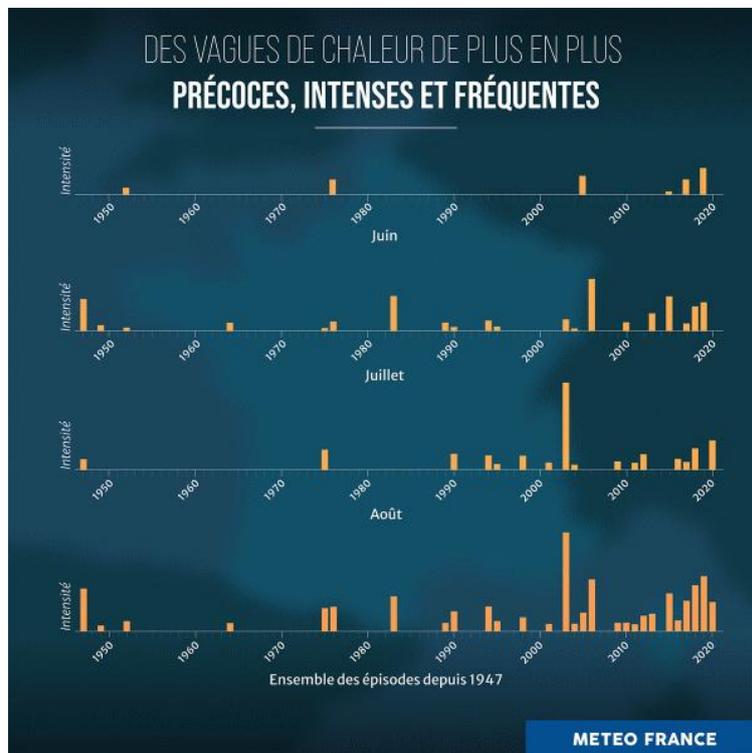
Nous retrouvons certaines de ces tempêtes dans l'analyse faites par Météo France sur le graphique présenté ci-dessous portant sur les 40 tempêtes les sévères depuis 1980 en France.



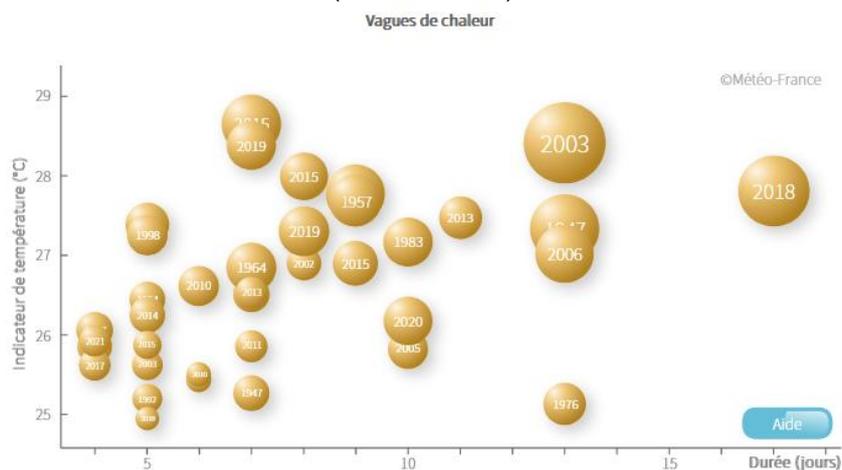
Les 40 tempêtes majeures en France métropolitaine de 1980 à juin 2020 : % du territoire national touché par des rafales supérieures à 100 km/h (Météo France)

9.2.5 LES VAGUES DE CHALEUR

Comme l'ensemble de la France, le territoire du Kochersberg et Ackerland a connu la canicule en 2003, avec une période de chaleur importante au mois d'août 2003 qui constitue le record observé en températures maximales entre 1999 et 2022 (avec 31.9°C) et en températures minimales (16.8°C). C'est également cette année-là que l'un des principaux pics de chaleur a été constaté avec 38.5°C. Bien que moins citées, les années 2006, 2010 et 2013 ont constitué trois années où les vagues de chaleur ont également été importantes par leur durée et par leur intensité sur le territoire. Aujourd'hui, ces niveaux sont fréquemment atteints voire dépassés, notamment en 2015, en 2019 et en 2022, avec respectivement 38.7°C, 38.9°C et 38.4°C.



Vagues de chaleur recensées en France sur la période 1947-2020 (Météo France)



Vagues de chaleur recensées en Alsace sur la période 1947-2021 (Météo France)

Enfin, les graphiques ci-dessus mettent en évidence deux périodes de sécheresses qui cumulent des températures élevées et des périodes de moindres précipitations : les périodes 2004-2003 et 2010-2011. A noter que l'année 2017 constitue également une année sèche. Les conséquences de ces sécheresses ont été multiples notamment en matière de santé publique mais également économique.

9.3 Évaluation de l'exposition future

9.3.1 POINT METHODOLOGIQUE

L'évaluation de l'exposition future de la Cdc du Kochersberg et Ackerland au dérèglement climatique s'appuie sur 3 scénarios qui, dans l'analyse suivante, sont présentés sous la forme d'un unique scénario moyen. Cela signifie que les valeurs présentées sont égales à la moyenne des valeurs des 3 scénarios suivants pour la même période :

- Scénario RCP2.6 : Ce scénario s'appuie sur une politique visant à faire baisser les concentrations en CO₂ ;
- Scénario RCP4.5 : Ce scénario s'appuie sur une politique climatique visant à stabiliser les concentrations en CO₂ ;
- Scénario RCP8.5 : Ce scénario constitue le scénario sans politique climatique.

Aussi, les trois périodes étudiées sont parfois simplifiées en une année médiane :

- 1976-2005 : 1990 ;
- 2021-2050 : 2035 ;
- 2041-2070 : 2055 ;
- 2071-2100 : 2085.

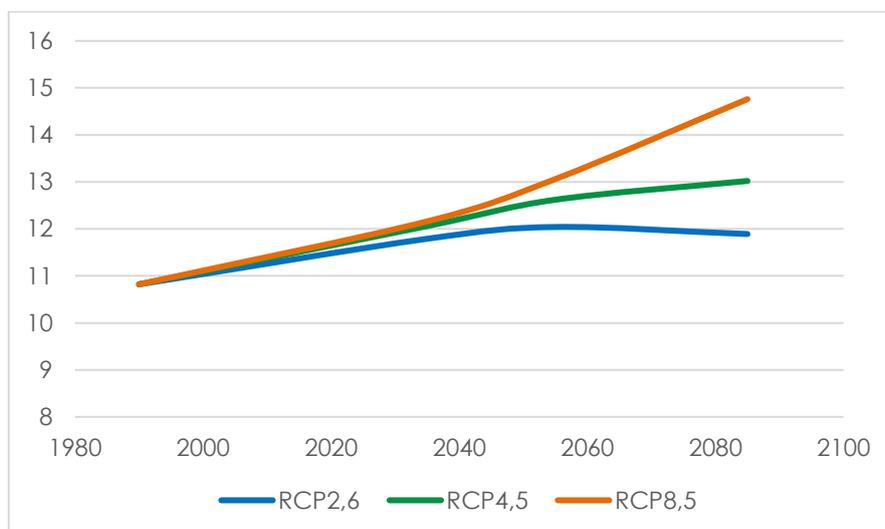
Les données locales collectées, issues de l'outil en ligne de Météo France « DRIAS, les futurs du climat », sont extraites manuellement d'une grille de valeurs dont chaque point est étalé 8 km, c'est une limite dictée par la méthode de régionalisation utilisée dans les simulations proposées, déjà très élevée pour des projections climatiques qu'il faut se garder d'interpréter à une échelle trop fine. Ainsi, les résultats présentés doivent être observés comme des tendances et non comme des chiffres clés significatifs.

9.3.2 EVOLUTION DES TEMPERATURES ATTENDUES

9.3.2.1 → Les évolutions locales

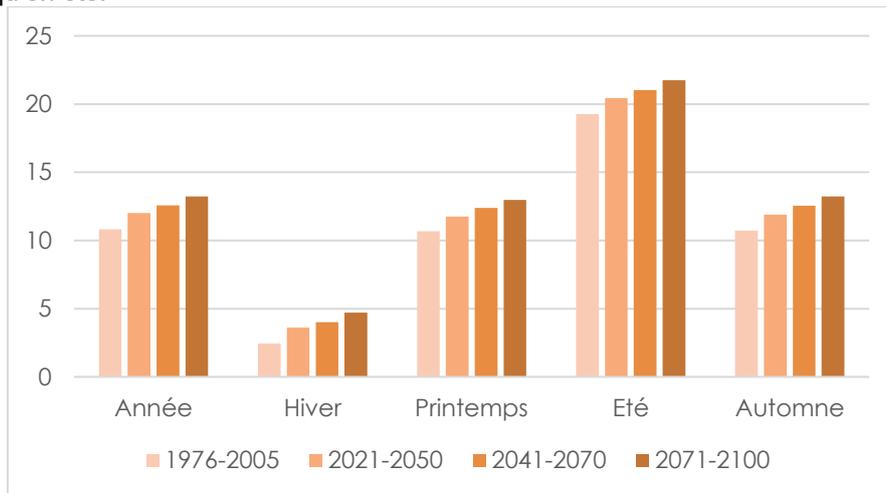
Quel que soit le scénario étudié, l'augmentation des températures est inéluctable.

- Cette hausse s'élève à 1.2°C d'ici 2055 et à 2.2°C à la fin du siècle selon un scénario moyen.
- Dans le scénario sans politique climatique mondiale forte (RCP8.5), la hausse irait jusqu'à 1.3°C autour de 2055, et 4°C autour de 2085.



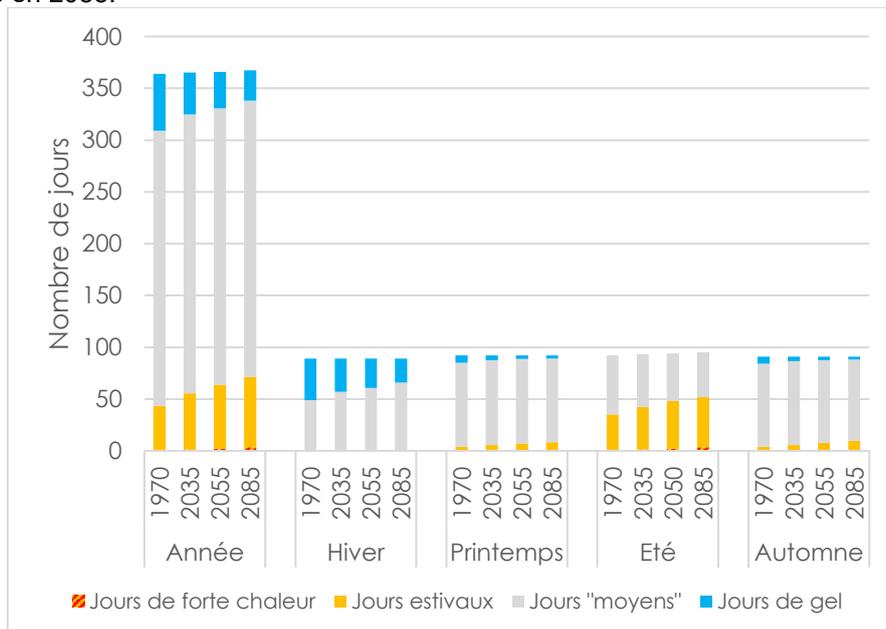
Evolution climatique de la Cdc du Kochersberg et Ackerland selon les scénarios du GIEC (Drias, Compilation de données par Auxilia Conseil)

Une augmentation des températures est attendue pour toutes les saisons quel que soit le scénario retenu. Cette augmentation est très marquée en hiver et aussi, dans une moindre mesure, au printemps et en automne, ainsi qu'en été.



Evolution de la température dans les années à venir (Drias, Compilation de données par Auxilia Conseil)

Disposant d'un climat tempéré, les évolutions de températures dans l'année connaissent des pics notables. Ainsi, le nombre de jours estivaux (supérieurs à 25°C) et de jours de gel (inférieur à 0°C) sont actuellement de 44 et 55. Dans les années à venir, le nombre de jours de gel devrait diminuer dans des proportions égales l'hivers comme l'automne et le printemps (35 au total dans l'année d'ici 2055 selon le scénario moyen) tandis que le nombre de jours estivaux devrait augmenter (64 au total dans l'année d'ici 2055 selon le scénario moyen) et s'étendre sur les périodes automnale et printanière. De plus, le nombre de jours de forte chaleur (des jours estivaux dont la température maximale dépasse les 35°C) devrait passer de 0 en moyenne actuellement à 3 en 2085.



Evolution du nombre de jours estivaux et de gel dans les années à venir (Drias, Compilation de données par Auxilia Conseil)

9.3.2.2 → Les évolutions régionales, nationales et mondiales

Les tendances observées sur le territoire du Kochersberg et Ackerland s'appuient sur les scénarii du GIEC qui prévoient une hausse des températures sur l'ensemble de la planète.

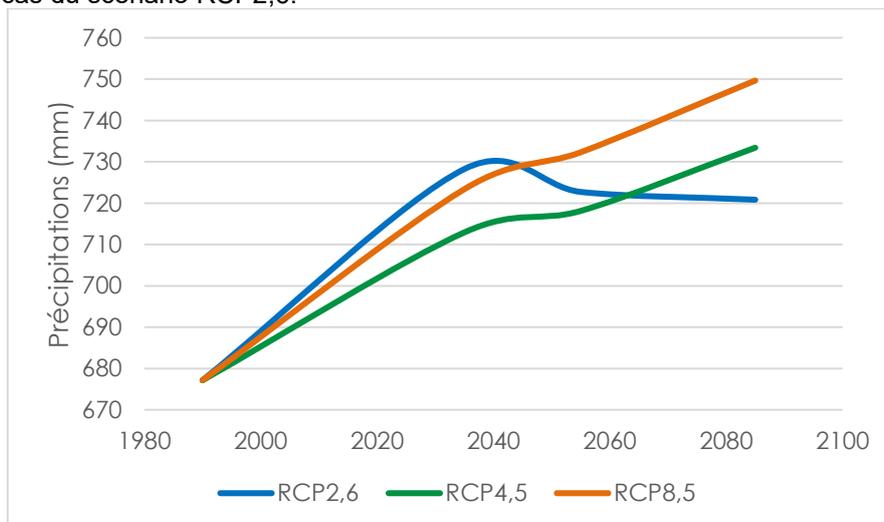
- Selon les scénarii, il est fait d'une augmentation d'environ 4,4°C d'ici 2100 par rapport à 1990 si aucune politique publique en matière de réduction des émissions de gaz à effet de serre n'est mise en œuvre localement, nationalement et internationalement.

- De telles politiques induiraient une augmentation des températures d'environ 1.8°C par rapport à 1990.
- Les scénarios socio-économiques montrent que le niveau de réchauffement global de 1.5 °C par rapport à l'ère préindustrielle sera atteint dès le début des années 2030, et ce quels que soient les efforts de réduction immédiate des émissions mondiales de CO₂.

9.3.3 EVOLUTION DES PRECIPITATIONS ATTENDUES

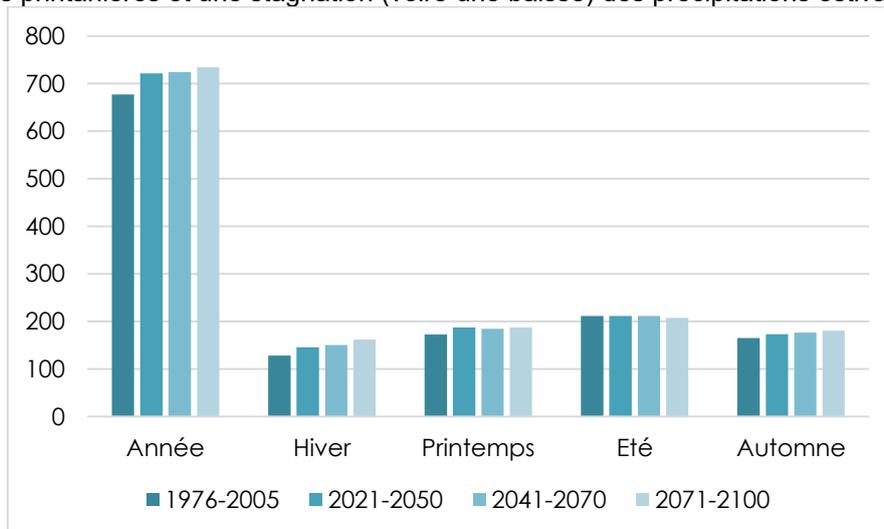
9.3.3.1 → Les évolutions locales

Les scénarii du GIEC mettent en évidence une augmentation moyenne des précipitations annuelles de 47 mm d'ici 2055. Sans que cela ne soit très significatif, les scénarii s'accordent sur une augmentation moins rapide des précipitations dans la seconde moitié du XXI^e siècle, allant jusqu'à une stagnation par rapport aux valeurs de 2055 pour le cas du scénario RCP2,6.

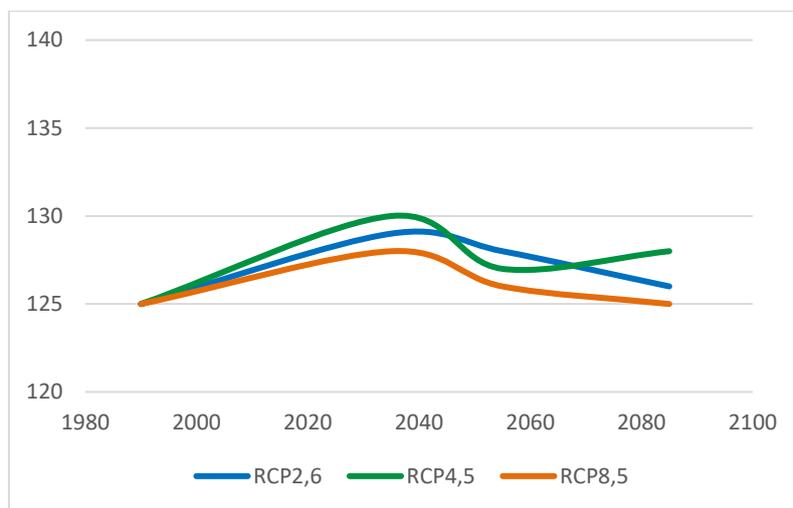


Evolution des précipitations de la Cdc du Kochersberg et Ackerland selon les scénarios du GIEC (Drias, Compilation de données Auxilia Conseil)

Par ailleurs, l'analyse des scénarii du GIEC met en évidence un changement du régime annuel des précipitations avec une augmentation des précipitations hivernales et automnales, une augmentation plus limitée des pluies printanières et une stagnation (voire une baisse) des précipitations estivales.



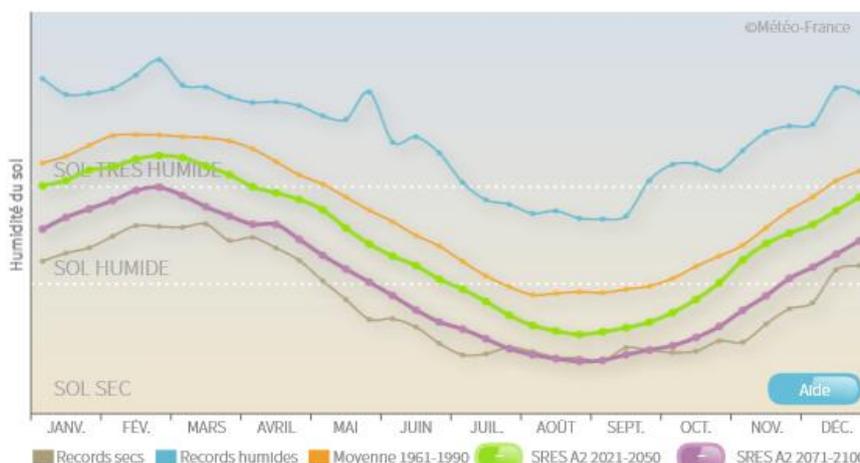
Evolution des précipitations dans les années à venir (Drias, Compilation de données par Auxilia Conseil)
 Les figures ci-dessous montrent que quel que soit le scénario retenu, le nombre de jours de précipitations tend vers des valeurs proches de 1990 à la fin du siècle, après avoir connu un pic entre 2030 et 2040.



Evolution du nombre de jours de précipitations de la Cdc du Kochersberg et Ackerland selon les scénarios du GIEC (Drias, Compilation de données Auxilia Conseil)

Mis en parallèle avec la relative augmentation des précipitations (en volume), cela induit des épisodes de pluie moins fréquents mais plus intenses, avec des pluies plus violentes pouvant occasionner des dommages aux biens et aux cultures.

Le rapport du GIEC ne conclut pas à une baisse des précipitations annuelles dans les régions européennes mais met en exergue l'augmentation des fréquences de fortes pluies. Les précipitations augmenteront à l'échelle planétaire d'ici la fin du XXIème siècle. Les régions humides aujourd'hui deviendront globalement plus humides et les zones sèches deviendront plus sèches. Les experts s'attendent également à ce que le réchauffement climatique provoque des événements météorologiques extrêmes plus intenses, telles que les sécheresses, les pluies diluviennes et – cela est encore débattu – des ouragans plus fréquents. L'étude menée en France par Jean-Marc Moisselin, Météo-France - Division Climat/DEV portant sur les précipitations en France au XXIème siècle conclut à des résultats similaires à un cumul annuel des précipitations à la hausse mais non significatif : une répartition du volume de pluie nouvelle avec des hivers plus pluvieux et des étés plus secs.



Cycle annuel d'humidité du sol en Alsace

Moyenne 1961-1990, records et simulations climatiques pour deux horizons temporels (scénario d'évolution SRES A2) (Météo France, Climat HD)

D'après Météo France, la comparaison du cycle annuel d'humidité du sol sur l'Alsace entre la période de référence climatique 1961-1990 et les horizons temporels proches (2021-2050) ou lointains (2071-2100) sur le XXIe siècle (selon un scénario SRES A2) montre un assèchement important en toute saison.

En termes d'impact potentiel pour la végétation et les cultures non irriguées, cette évolution se traduit par un allongement moyen de la période de sol sec (SWI inférieur à 0,5) de l'ordre de 1 à 3 mois tandis que la période humide (SWI supérieur à 0,9) se réduit dans les mêmes proportions.

On note que l'humidité moyenne du sol en été en fin de siècle pourrait correspondre aux situations sèches extrêmes d'aujourd'hui.

9.3.4 FREQUENCE DES EVENEMENTS EXTREMES ATTENDUS

S'il est difficile de connaître les événements extrêmes qui interviendront à l'avenir sur le territoire du Kochersberg et Ackerland, il ne fait cependant aucun doute que la fréquence des événements connus va progresser.

9.3.4.1 → Les risques caniculaires

Les vagues de chaleur devraient voir leur fréquence doubler d'ici à 2050 dans l'Hexagone et, pour la suite, tout dépendra des efforts mis en œuvre pour réduire les émissions de GES dans l'atmosphère. Si rien n'est fait pour renverser la tendance actuelle, les vagues de chaleur en France seront, à la fin du siècle, cinq à sept fois plus nombreuses qu'aujourd'hui, d'après Météo France.

A ce titre, les données Drias localisées mettent en évidence une augmentation forte des jours anormalement chauds sur le territoire du Kochersberg et Ackerland pour les deux scénarii les plus pessimistes, RCP4.5 et RCP8.5. Ce dernier est particulièrement alarmant avec une augmentation conséquente des jours anormalement chauds qui devrait presque doubler en 40 ans (entre 2035 et 2085) sur tout le territoire.

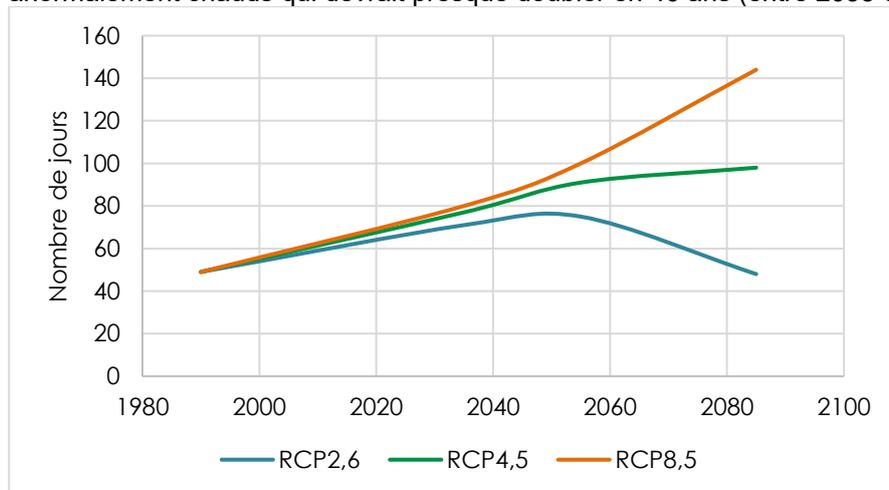
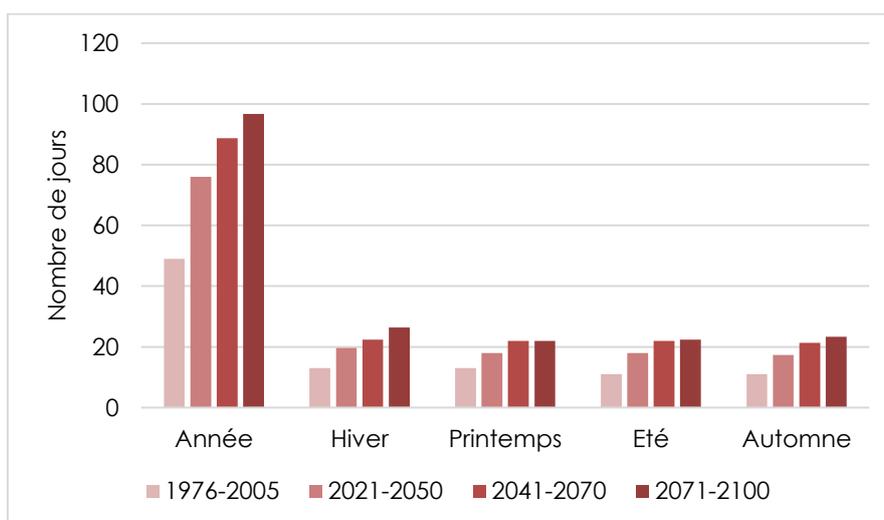


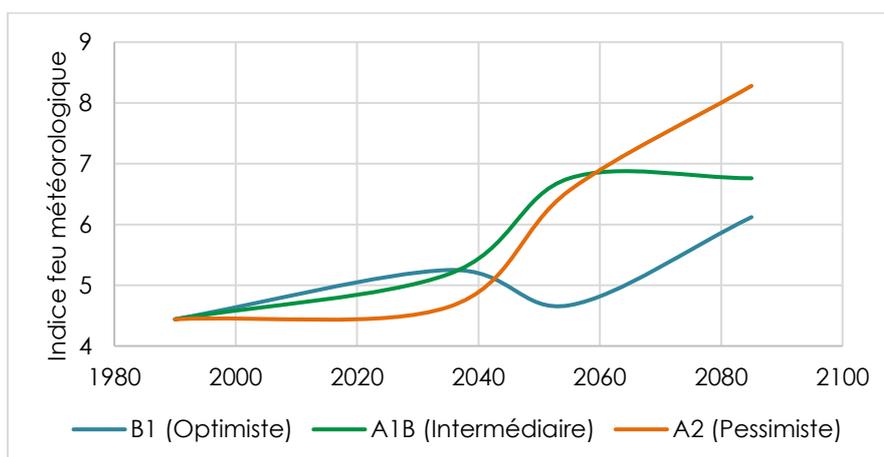
Figure 1 - : Evolution des jours anormalement chauds de la Cdc du Kochersberg et Ackerland (Drias, Données compilées par Auxilia Conseil)

L'augmentation des jours anormalement chaud devrait concerner toutes les saisons, mis à part le printemps, relativement épargné. En cumulant ces données avec la chute de précipitations attendue en période estivale et l'augmentation des températures, les périodes caniculaires devraient alors fortement progresser. Alors qu'on comptait en moyenne moins de 5 jours de vagues de chaleur sur la période 1976- 2005 en France, on estime qu'il y a 3 chances sur 4 pour que ce nombre augmente au moins de 0 à 5 sur le territoire à l'horizon 2021-2050.



Evolution du nombre de jours anormalement chauds par saison dans la région de la Cdc du Kochersberg et Ackerland (Drias, Compilation de données par Auxilia Conseil)

9.3.4.2 → Les risques de feux de végétation et de forêt



Evolution de l'indice de feu météorologique de la Cdc du Kochersberg et Ackerland selon les scénarios du GIEC (Drias, Compilation de données Auxilia Conseil)

Sous l'effet de l'augmentation des températures et de la multiplication des périodes de sécheresses de plus en plus longues, le risque incendie va augmenter sur le territoire. Celui-ci est calculé à partir de l'Indice de Feu Météo (IFM), calculé par Météo France à partir de six composantes qui tiennent compte des effets de la teneur en eau des combustibles et du vent sur le comportement des incendies⁸.

On observe ainsi, selon les scénarios, le passage d'un IFM moyen annuel de 4,4 (avec un maximum à 8,8 en été) sur la période 1976-2005 à 5 sur 2021-2050, jusqu'à 7,1 sur 2071-2100. A court terme, l'évolution de l'IFM est reliée de façon non-linéaire aux quantités de GES libérées dans l'atmosphère, mais l'effet de celles-ci devient nettement visible à la fin du siècle. En effet, alors que le scénario A1B (intermédiaire) prévoit une augmentation de l'IFM limitée à 6,76, il atteint 8,28 dans le scénario A2 (pessimiste). Pour la seule saison estivale, l'indice atteint sur cette dernière période des niveaux de 14,2 (A1B) à presque 16 (A2), c'est-à-dire les IFM estivaux actuels respectifs d'Albi et Toulouse.

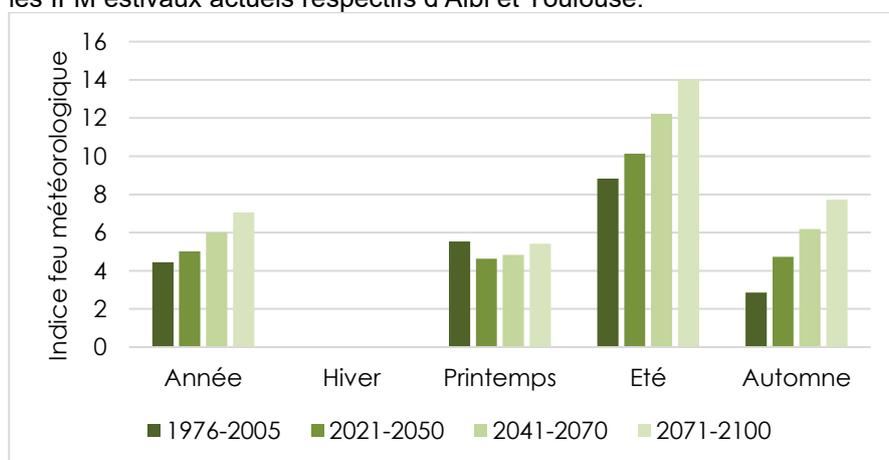


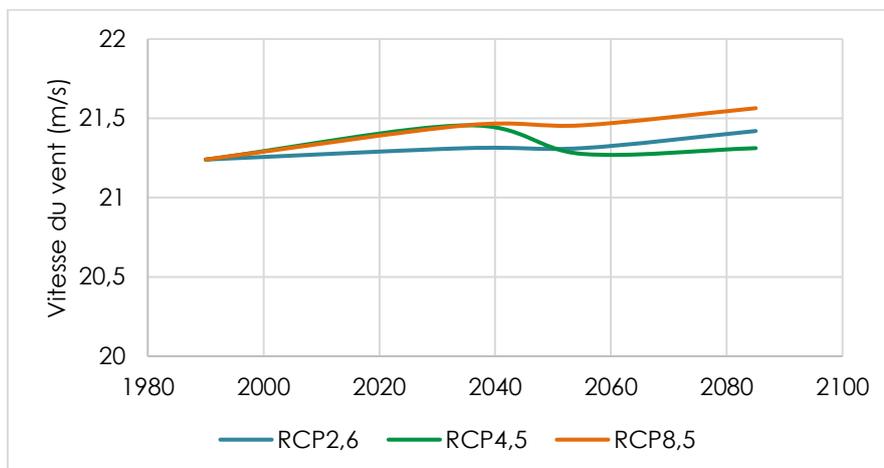
Figure 2 - Evolution de l'indice de feu météorologique dans les années à venir (Drias, compilation des données par Auxilia Conseil)

9.3.4.3 → Les risques tempétueux

L'état actuel des connaissances ne permet pas d'affirmer que les tempêtes seront sensiblement plus nombreuses ou plus violentes en France métropolitaine au cours du XXIème siècle. Le projet ANR-SCAMPEI, coordonné par Météo-France de 2009 à fin 2011, a simulé l'évolution des vents les plus forts à l'horizon 2030 et 2080. Les simulations ont été réalisées par trois modèles climatiques selon trois scénarios de dérèglement climatique retenus par le GIEC pour la publication de son rapport 2007. Les résultats sur les vents forts sont

⁸ D'après drias-climat.fr, ces composantes sont les suivantes : « Les trois premières composantes sont des indices d'humidité des combustibles ; ce sont des valeurs numériques de la teneur en eau de la litière et d'autres combustibles légers, de la teneur moyenne en eau de couches organiques peu tassées de moyenne épaisseur et de la teneur moyenne en eau d'épaisses couches organiques compactes. Les trois autres composantes sont des indices de comportement du feu qui représentent la vitesse de propagation du feu, les quantités de combustibles disponibles et l'intensité du feu sur le front de l'incendie ; la valeur de ces indices est directement proportionnelle au danger d'incendie. »

très variables. Seul le modèle ALADIN-Climat prévoit une faible augmentation des vents forts au Nord et une faible diminution au Sud pour tous les scénarios, sur l'ensemble du XXIème siècle. Les analyses de scénarii climatiques publiés dans le dernier rapport de la « mission Jouzel » (Volume 4, 2014) confirment le caractère très variable des résultats d'un modèle à un autre et surtout la faible amplitude de variations des vents les plus forts.



Evolution de la vitesse du vent fort sur la Cdc du Kochersberg et Ackerland selon les scénarios du GIEC (Drias, Compilation de données Auxilia Conseil)

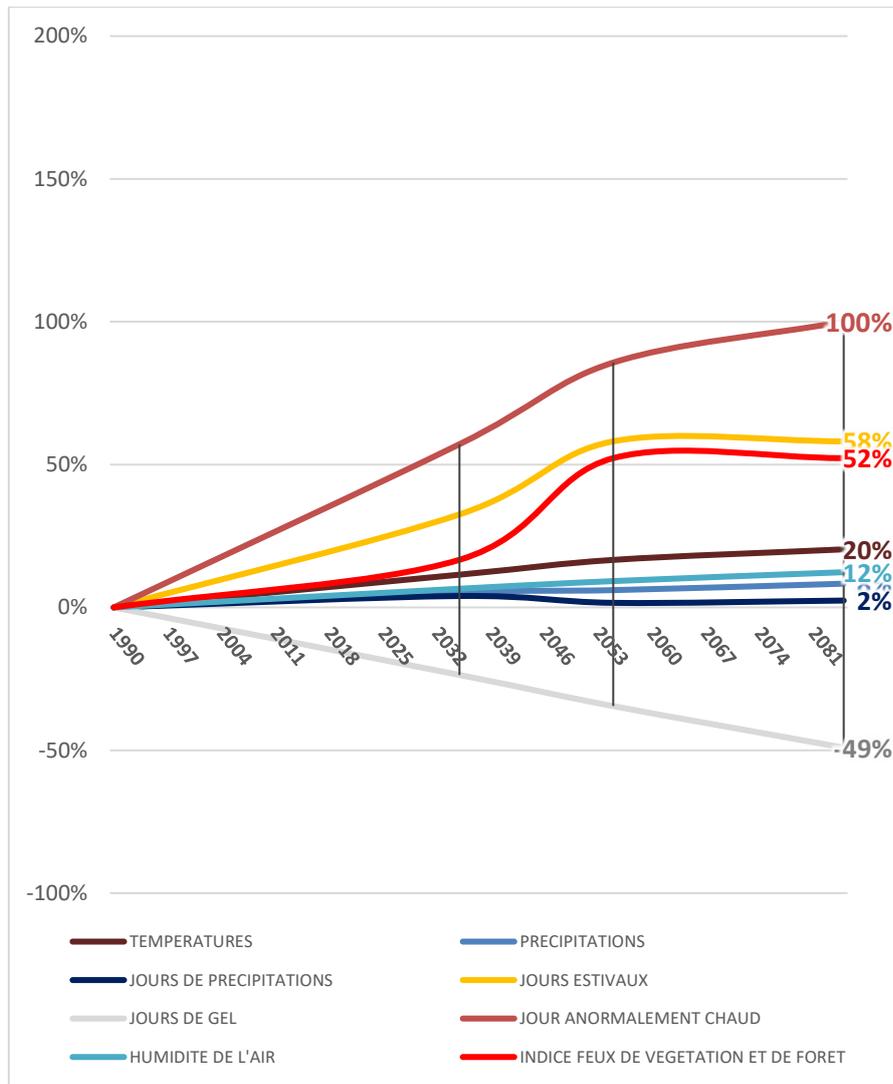
Cependant, l'étude de la vitesse des vents ne suffit pas à elle seule pour prédire l'évolution de la fréquence et de l'intensité des tempêtes. Elle est à combiner avec l'évolution des précipitations, des températures et de l'humidité dans l'air, autant de facteurs qui vont modifier la trajectoire, la fréquence et l'intensité des événements extrêmes tels que les tempêtes. Compte tenu de l'évolution de ces paramètres, le sixième rapport du GIEC (IPCC AR6 WGI FR - Page 1841) prévoit que les vents forts et les tempêtes extratropicales devraient légèrement croître en fréquence et en amplitude dans le futur dans le nord, l'ouest et l'Europe centrale, y compris la vallée du Rhin, dans le cadre de scénarios à fortes émissions.

9.3.5 SYNTHÈSE

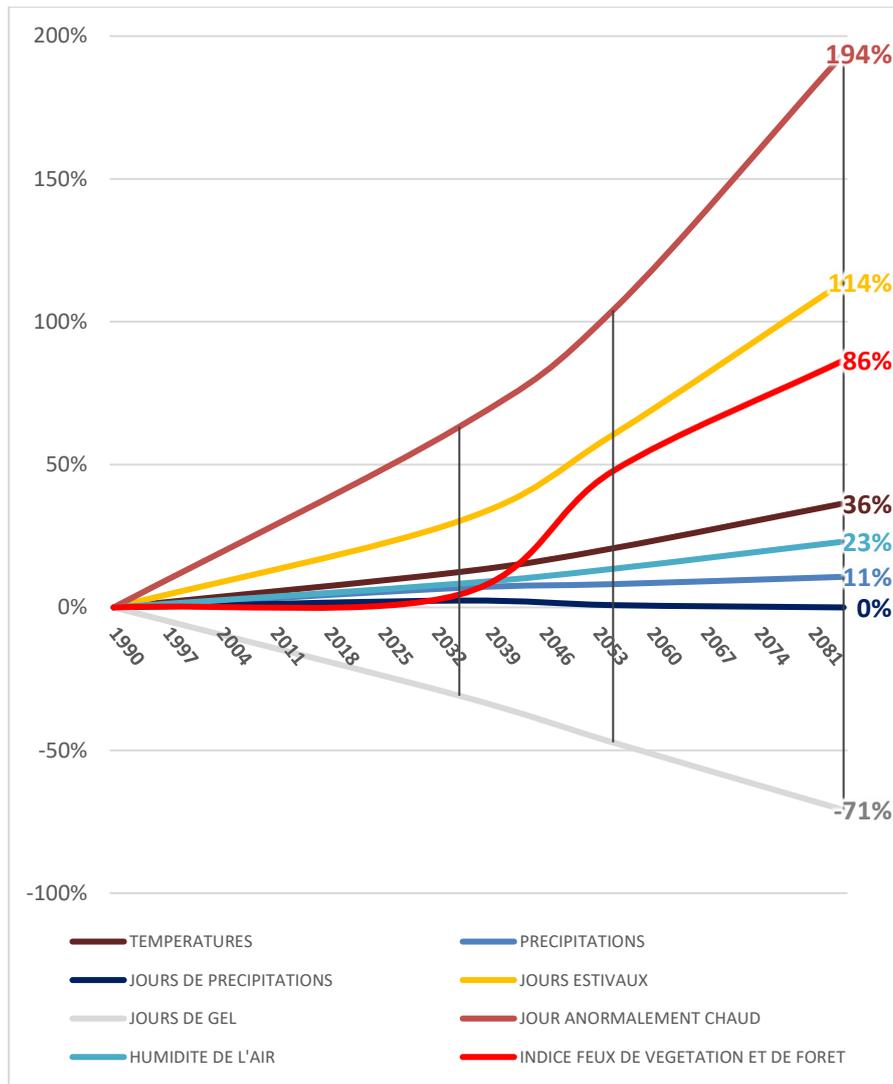
Le territoire du Kochersberg et Ackerland connaît aujourd'hui un climat continental contrasté selon les saisons. Comme le reste de la France, il ne va pas être épargné par le dérèglement climatique. Celui-ci va surtout se manifester par, d'ici la fin du siècle :

- Une augmentation des températures de +2.2°C selon le scénario moyen et de +3.9°C selon le scénario le plus pessimiste par rapport à 1990 (référence : 10,82°C) ;
- Une élévation des jours anormalement chauds à 98 jours selon le scénario moyen et 144 jours selon le scénario le plus pessimiste (référence : 49) ;
- Une diminution des jours de gel en moyenne, avec 28 jours pour le scénario moyen et 16 jours pour le scénario le plus pessimiste (référence : 55) ;
- Un changement de la saisonnalité des précipitations (plus en hivers et en automne, moins en été) et leur légère augmentation ;
- Des événements extrêmes plus fréquents : sécheresse/canicule, incendies, tempêtes, pluies importantes.

Les figures ci-dessous permettent de comparer l'évolution de plusieurs indicateurs climatiques locaux par rapport à leur valeur de 1990 à l'horizon 2080, selon un scénario intermédiaire (1^e graphique) et pessimiste (2^e graphique) :



Scénario intermédiaire – Evolution du climat local par rapport à 1990 (base 100) (Drias, Compilation de données Auxilia Conseil)



Scénario pessimiste – Evolution du climat local par rapport à 1990 (base 100) (Drias, Compilation de données Auxilia Conseil)

9.4 Evaluation de la sensibilité du territoire face au dérèglement climatique

9.4.1 METHODOLOGIE

L'évaluation de la sensibilité du territoire de la Cdc du Kochersberg à travers l'outil développé par Auxilia Conseil permet de confronter les enjeux du territoire aux effets du dérèglement climatique : hausse des températures, changement dans la saisonnalité des précipitations, catastrophes météorologiques (tempêtes, canicules, ...). Cet outil met en lumière la sensibilité des enjeux identifiés dans le diagnostic du PLUi et dans l'Etat Initial de l'Environnement du PCAET. Il s'agit d'étudier dans quelle mesure le dérèglement climatique renforce les enjeux actuels du territoire et si cela se fait dans le sens positif ou négatif.

Les thèmes étudiés sont les suivants :

- Santé, sécurité et bien-être
- Patrimoine naturel et paysager
- Organisation territoriale
- Production agricole et alimentation

En conclusion de chaque partie, sont identifiés les points de vulnérabilité majeurs du territoire c'est-à-dire les populations, les biens ou les espaces qui aujourd'hui, ne disposent pas suffisamment de connaissance et d'actions de réduction ou d'évitement des risques limitant leur vulnérabilité.

Cette analyse permet d'aboutir à un graphe « radar » de la sensibilité du territoire à travers les différents thèmes. Cet outil pourra être une aide à la décision afin d'adapter le territoire au dérèglement climatique.

Cependant, cette analyse étant basée principalement sur les enjeux du diagnostic du PLUi et de l'Etat Initial de l'Environnement du PCAET, documents stratégiques relativement transversaux, elle n'est pas exhaustive et ne prend pas forcément en compte toutes les problématiques que les effets du dérèglement climatique peuvent engendrer.

9.4.1.1 → Légende des tableaux d'analyse

NIVEAUX DE SENSIBILITE DE L'ENJEU VIS-A-VIS DU CLIMAT		CAUSES DE LA SENSIBILITE	
0	Sensibilité minimale	C	Chaleurs intenses et évolution des températures
1	Sensibilité faible	P	Fortes précipitations et évolution de leur saisonnalité
2	Sensibilité moyenne	S	Sécheresse de l'air et des sols
3	Sensibilité forte	F	Feux de forêt et de végétation
		T	Phénomènes tempétueux

9.4.2 SENSIBILITE DU SECTEUR SANTE, SECURITE ET BIEN-ETRE

9.4.2.1 Analyse par enjeu

THEMES	SANTE, SECURITE ET BIEN-ÊTRE												EXPLICATIONS	
ENJEUX TERRITORIAUX	SCORE DE SENSIBILITE		CAUSES DE LA SENSIBILITE ACTUELLE					CAUSES DE LA SENSIBILITE FUTURE						
	ACTUELLE	FUTURE	C	P	S	F	T	C	P	S	F	T		
Prévention des problèmes de santé liés à la pollution de l'air	0,5	2,5	1			0			3			2		<p>Pollution à l'ozone : L'augmentation à venir du rayonnement solaire et des températures favorisera la synthèse de l'ozone à partir de monoxyde d'azote, de monoxyde de carbone, et de composés organiques volatiles. Ces derniers pourront être plus présents dans l'air car les végétaux, sous l'effet de la chaleur, en émettent davantage.</p> <p>Particules fines (PM10 et PM2,5) : L'accroissement des risques d'incendies sur le territoire, dans la région et même à l'échelle européenne va de pair avec la libération d'importantes quantités de particules fines lorsque de vastes quantités de végétation partent en fumées. Portées par les vents, celles-ci peuvent venir créer des pics de pollution sur le territoire.</p> <p>Les populations sensibles sont les enfants, les personnes âgées, les personnes souffrant de pathologie respiratoire.</p>
Développement des allergies	1,0	2,0			1							2		<p>L'augmentation des concentrations de CO2 favorise la croissance des végétaux et tend à augmenter la production de pollen au cours d'une saison moyenne. Sous un temps sec et ensoleillé, les concentrations de pollens peuvent être fortes.</p> <p>Par ailleurs, la modification de la répartition spatiale des principales espèces végétales devrait occasionner la disparition ou la raréfaction de certains pollens allergisants (le bouleau) et l'introduction de pollens jusque-là quasi inconnus (l'olivier)</p>
Prévention des maladies vectorielles (moustiques tigres, tiques...)	0,5	2,5	1	0					3	2				<p>L'augmentation des températures et notamment l'adoucissement des hivers, ainsi que l'accroissement de l'humidité de l'air, devraient favoriser la remontée d'insectes et d'acariens, notamment ceux qui transmettent des maladies, comme le moustique tigre. Ce dernier peut être vecteur de diverses maladies comme la dengue, le chikungunya ou le Zika.</p> <p>Le moustique tigre est déjà installé dans le Bas-Rhin.</p> <p>Les autres vecteurs (i.e. tiques), également en croissance, peuvent également transmettre d'autres pathologies, comme le maladie de Lyme.</p>
Anticipation d'un risque RGA accru sur l'ensemble du territoire	1,5	2,5		1	2					2	3			<p>L'intégralité du territoire (hors proximité immédiate des cours d'eau) est soumise à un risque moyen de retrait-gonflement des argiles, cumulant une exposition et une sinistralité moyennes.</p> <p>Les épisodes accentués de fortes pluies après des périodes de sécheresse, entraînent une augmentation des risques de mouvement de terrain lié au retrait-gonflement des argiles. Ils accentuent ainsi la sinistralité associée, avec d'importants dommages aux</p>

												bâtiments et aux infrastructures du territoire, dont les routes.	
Anticipation d'un risque mouvement de terrain lié aux glissements de terrains et tassements différentiels	1,0	2,5		1	1				3	2		<p>Le phénomène de coulées de boues au printemps n'est pas particulièrement nouveau, mais il se trouve renforcé depuis quelques années, à la fois par l'urbanisation croissante des "bas de pente", par des événements climatiques de plus en plus "violents" qui surviennent en peu de temps et par l'évolution des pratiques agricoles qui laissent un sol nu à la période des orages de printemps.</p> <p>Dans les plaines dépourvues de haie, éléments topographiques divers, fossé ou autre ouvrage de retenu, les coulées de boue printanières sont déjà à l'origine de dommages. Les précipitations plus violentes du fait du dérèglement climatique vont les rendre plus fréquentes.</p>	
Anticipation d'un risque inondation par ruissellement/coulées de boues et par remontée de nappe caractérisé sur le territoire	0,7	2,0		1	1	0			3	2	1	<p>Les crues survenant à la fin du printemps sont les plus susceptibles de s'intensifier. En effet, l'augmentation des températures induites par le changement climatique entraîne une accentuation de la sécheresse des sols. Or, des sols très secs ont tendance à devenir moins poreux, limitant l'infiltration des eaux. En cas de fortes précipitations après un épisode relativement chaud et sec, la capacité d'absorption de sols est donc diminuée, aggravant ainsi le ruissellement et les risques d'inondation.</p> <p>Cependant, le territoire ne compte pas de zone inondable, ce qui limite la sensibilité de cet enjeu.</p>	
Accroissement des dommages liés aux tempêtes	1,0	2,0					1					2	<p>Le risque tempêtes est faible dans le département du Bas-Rhin. Toutefois, les modélisations du changement climatique indiquent que les tempêtes sont susceptibles de devenir plus fréquentes.</p>
Accroissement des problèmes sanitaires liés aux fortes chaleurs	0,5	2,5		1		0			3		2		<p>Sous l'effet des fortes chaleurs, les individus, notamment les plus vulnérables (très jeunes, âgés, présentant des co-morbidités) peuvent souffrir d'hyperthermie (incapacité pour le corps de réguler sa température interne), de déshydratation, de problèmes cardiovasculaires et de maladies respiratoires accrues. Elles auront d'autant plus de chances de survenir en cas de capacités de rafraîchissement et d'hydratation limitées (sécheresses et/ou précarité).</p>
Croissance démographique réelle mais en diminution, liée à un solde migratoire positif	0,5	1,5		1		0			2		1		<p>Sans certitude, le dérèglement climatique pourrait accentuer un phénomène d'exode urbain, avec un accroissement de la population dans les campagnes face à des centre-villes trop chauds.</p> <p>Cependant, le territoire pourrait voir son attractivité diminuer en cas de catastrophe naturelle marquée et médiatisée ou bien si l'économie locale souffre elle-même trop du dérèglement climatique.</p>
Vieillesse de la population, principalement au centre et à l'Ouest.	1,0	3,0		1					3				<p>Le vieillissement de la population induit une augmentation du nombre de personnes plus vulnérables aux problèmes sanitaires liés au dérèglement climatique (allergies, fortes chaleurs, pollution de l'air, etc.) et moins à même d'évacuer en cas de catastrophe naturelle. Par ailleurs, les seniors vivant dans des logements</p>

															<p>pavillonnaires sont autant de personnes pour qui un relogement en cas de dommage à leur logement (retrait-gonflement des argiles et mouvements de terrain, inondation, feux etc.) serait particulièrement pénible.</p> <p>Enfin, les personnes âgées sont souvent plus seules que le reste de la population, ce qui ajoute un facteur de vulnérabilité à leur situation.</p>
Baisse de la taille des ménages	0,2	1,8	1	0	0	0	0	0	3	2	2	1	1	1	<p>La baisse de la taille des ménages accroît les vulnérabilités de la population et notamment des personnes seules. Si elles ne peuvent compter sur la solidarité de leurs voisins, elles risquent de davantage souffrir en cas de risque naturel ou de maladie.</p>
Prévention et lutte contre la précarité climatique et énergétique	0,4	2,2	1	0	1	0	0	0	2	2	3	2	2	2	<p>Le changement climatique devrait limiter les besoins en chauffage, il est donc attendu une diminution de la précarité liée au chauffage. Cependant, celle-ci sera pour partie compensée par une augmentation des besoins en rafraîchissement des logements.</p> <p>Par ailleurs, la crise énergétique actuelle, notamment liée au dérèglement climatique (baisse de production hydroélectrique), a déjà précarisé une partie de la population, dont les dépenses énergétiques dans les logements et les transports ont crû.</p> <p>A l'avenir, ces problématiques pourraient s'accroître (baisse de productivité du solaire en cas de forte chaleur, poursuite de la baisse de productivité de l'hydroélectricité, arrêts ponctuels des centrales nucléaires en cas de sécheresse et de fortes chaleurs...).</p> <p>Enfin, les ménages dont les logements et/ou les lieux de travail seront touchés par les effets du dérèglement climatique (retrait-gonflement des argiles, inondations, tempêtes, coulées de boue, incendies) seront par conséquent précarisés.</p>
Accessibilité des équipements culturels et sportifs (bibliothèques, musées, école de musique, équipements sportifs...)	0,5	1,5	1		0				2		1				<p>Les conditions d'accueil du public devraient se dégrader lors des vagues de chaleur, notamment si l'accès à l'eau potable est restreint.</p>
Accessibilité locale à la médecine spécialisée	0,7	2,0	1		1	0			3		2		1		<p>Cet enjeu est d'autant plus central qu'il permet de répondre aux problématiques sanitaires émergentes du fait du dérèglement climatique (allergies, maladies vectorielles, maladies cardiovasculaires et respiratoires...).</p>
Accueil des personnes âgées dépendantes dans des établissements adéquats	0,5	2,5	1		0				3		2				<p>Les conditions d'accueil des personnes âgées vulnérables devraient se dégrader lors des vagues de chaleur, notamment si l'accès à l'eau potable est restreint.</p>
Accueil des enfants dans des	0,5	2,5	1		0				3		2				<p>Les conditions d'accueil des personnes âgées vulnérables devraient se dégrader lors des vagues de chaleur, notamment si l'accès à l'eau potable est restreint.</p>

équipements scolaires, de petite enfance et périscolaires adéquats	0,7	2,2	1,0	0,5	0,6	0,0	0,3	2,7	2,3	2,0	1,4	1,7
	BILAN	0,7	2,2	1,0	0,5	0,6	0,0	0,3	2,7	2,3	2,0	1,4

9.4.2.2 Bilan

En conclusion, la sensibilité de la santé, de la sécurité et du confort des habitants et usagers du territoire est jugée « forte ». Au regard d'un dérèglement climatique de l'ordre de +1.8°C à +4.4°C par rapport aux températures mondiales de 1990, la population sera plus vulnérable sur le plan sanitaire et les risques liés aux mouvements de terrain (glissements de terrain, retrait-gonflement des argiles) devraient croître significativement.

Ainsi, les populations devraient rencontrer davantage de situations de mal-être en période estivale, notamment lorsqu'elles habitent le tissu urbain minéral. Le dérèglement climatique entraînera l'augmentation de la fréquence et de l'intensité des sécheresses et des vagues de chaleur. Celles-ci déclencheront des surchauffes urbaines, liées à l'îlot de chaleur urbain, marqué dans les zones les plus minérales. Sur un territoire plus sec, ces épisodes pourront donner lieu à des feux de végétation (arborée ou non). Par ailleurs, le dérèglement climatique pourrait entraîner la migration d'agents pathogènes comme certains moustiques, occasionnant de nouvelles maladies pour les populations, et la pollution de l'air pourrait croître (pollens, particules fines liées aux incendies ailleurs en France et en Europe). Les plus âgé.e.s (de plus en plus nombreux) et les nourrissons seront particulièrement vulnérables à l'ensemble de ces phénomènes.

Aussi, le dérèglement climatique renforcera les risques naturels liés aux mouvements de terrain. En effet, les sécheresses cumulées aux précipitations diluviennes impacteront la stabilité des sols (notamment dans les zones pentues et dépourvues de végétation et d'aménagements pour les maintenir) et provoqueront d'important mouvements de ceux-ci dans les zones argileuses du territoire (la quasi-totalité de celui-ci, hors proximité avec les cours d'eau).

Les points de vulnérabilité majeurs du territoire au dérèglement climatique portent sur :

- ➔ Le renforcement des risques liés aux mouvements de terrain plus ou moins impactant selon la réponse des sols aux nouvelles conditions climatiques et à leurs aménagements et végétation. Les zones présentant un risque d'aléas liés aux argiles sont particulièrement concernées.
- ➔ Des sécheresses de plus en plus intenses et fréquentes, qui impacteront lourdement l'ensemble des activités du territoire, en particulier l'agriculture.
- ➔ Les populations fragiles, qui devront s'adapter à des épisodes caniculaires de plus en plus fréquents et intenses et à de nouvelles maladies.

9.4.3 SENSIBILITE DU SECTEUR PATRIMOINE NATUREL ET PAYSAGER

9.4.3.1 Analyse par enjeu

THEMES		PATRIMOINE NATUREL ET PAYSAGER												
ENJEUX TERRITORIAUX	SCORE DE SENSIBILITE	CAUSES DE LA SENSIBILITE ACTUELLE	CAUSES DE LA SENSIBILITE FUTURE										EXPLICATIONS	
	ACTUELLE	FUTURE	C	P	S	F	T	C	P	S	F	T		
Maîtrise de la consommation d'eau dans tous les secteurs et prévention des conflits d'usage autour de l'eau	0,7	2,7	0	1	1				3	2	3			<p>Une consommation inférieure aux seuils autorisés, stable ces 3 dernières années, mais doublement du volume produit de 2013 à 2021 : risque de pression en cas de fortes chaleurs et sécheresses. Quel que soit le scénario, il est à prévoir un assèchement des sols en période estivale et une augmentation des étiages, ce qui pourrait avoir des répercussions sur la recharge des aquifères à cette période de l'année. La pression quantitative sur la ressource en eau risque donc de s'accroître à l'horizon 2050, d'autant plus que les besoins en eau pour l'arrosage ou le rafraîchissement risquent d'augmenter en été en raison de l'augmentation des périodes de forte chaleur.</p> <p>Actuellement, plusieurs activités humaines du territoire ont un impact particulièrement important sur les ressources en eau :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Une activité agricole intensive impactant fortement la ressource du territoire (besoin en eau des cultures, principalement le maïs, culture majoritaire du territoire ; utilisation d'intrants dégradant la ressource en eau), - Quelques industries émettrices de rejets polluants, - Une population qui augmente générant de fait des besoins croissants en termes d'alimentation en eau potable et un risque de la dégradation de la ressource en eau, - Un traitement des eaux usées pouvant générer ponctuellement une dégradation des milieux naturels récepteurs. <p>Les cultures étant encore peu irriguées, elles sont peu susceptibles de se trouver mêlées à des conflits d'usage sur le territoire. Cependant, sous l'effet des sécheresses et vagues de chaleur à répétition, la tentation au développement de l'irrigation pourrait être forte, les différents usages et usagers de la ressource pourraient entrer en tension, voire en conflit.</p>
Poursuite du développement d'un réseau séparatif de gestion des eaux pluviales	1,0	2,0		1	1				3	1			<p>Le réseau d'assainissement est principalement vulnérable aux précipitations fortes, et un indice de connaissance des rejets en milieux naturels de 90%.</p> <p>Les réseaux d'eaux usées et pluviales pourraient être amenés à devoir gérer un volume d'eau plus conséquent du fait de pluies plus intenses et fréquentes en période estivale.</p>	

Eau potable de qualité satisfaisante	1,0	2,0		1	1				2	2			<p>L'eau est de bonne qualité actuellement. Cependant, l'augmentation des températures aura également des conséquences sur la qualité de l'eau disponible pour la consommation humaine. En effet, en période estivale, des étiages plus marqués dans le réseau hydrographique peuvent entraîner une concentration des pollutions diffuses et donc une dégradation de la qualité de l'eau.</p> <p>Par ailleurs, l'intensité accrue des précipitations pourrait également aggraver la pollution de l'eau, dans la mesure où ces précipitations emmèneraient avec elles davantage de polluants vers les aquifères souterrains. Les traitements nécessaires pour rendre potable la ressource en eau seront donc plus importants. Plusieurs réponses sont alors possibles pour limiter cela : améliorer la gestion des eaux pluviales, modifier les pratiques agricoles pour limiter le lessivage, limiter l'artificialisation du sol, etc.</p>
Maintien des boisements, vergers, ripisylves et haies arbustives et des corridors écologiques relictuels d'intérêt	1,0	2,4	1	1	1	1	1	2	2	3	3	2	<p>Le changement des conditions météorologiques (températures et régimes de précipitations) pourrait nuire aux essences présentes dans les haies et éventuellement amener à leur disparition.</p> <p>L'altération due au changement climatique de ces habitats naturels aura un impact également sur les habitats d'espèces floristiques et faunistiques et ainsi va possiblement réduire voire provoquer l'effondrement de certaines populations locales d'espèces sensibles au profit d'autres plus ubiquistes et résistantes.</p> <p>Par ailleurs, l'activité agricole liée au lait pourra être fragilisée par le réchauffement climatique alors qu'elle participe à la bonne gestion du bocage. Une réduction de cette activité pourrait nuire au maintien du bocage.</p> <p>Enfin, l'augmentation du risque d'incendie constitue une menace à part entière.</p> <p>Les tempêtes et les canicules et sécheresses pourraient venir à bout de plusieurs haies, arbres ponctuels, ruisseaux et autres composantes des corridors écologiques particulièrement exposées aux éléments.</p> <p>Concernant les corridors écologiques aquatiques (trame bleue), la sécheresse et la modification des précipitations engendreront des phénomènes d'étiage possiblement plus fréquents et donc une plus importante difficulté pour les espèces aquatiques de se déplacer au sein du réseau hydrographique.</p>
Bon état chimique et écologique des cours d'eau	0,6	1,8	0	1	1	0	1	2	2	3	1	1	<p>Actuellement, le bassin de La Souffel est identifié par le SDAGE comme étant une zone fragile en lien avec la qualité (OMS). Toutefois, aucun cours d'eau sur le territoire n'est identifié par le SDAGE comme étant fragiles avec une baisse significative des débits ou un niveau de nappe périodiquement très bas</p> <p>Cette situation est susceptible de se dégrader en cas de faible étiage par concentration des pollutions diffuses.</p> <p>Un réseau d'assainissement principalement unitaire, vulnérable</p>

													aux précipitations fortes, et un indice de connaissance des rejets en milieux naturels de 90%.
Maintien des zones humides existantes et identifiées	1,0	2,7	1		1	1		2		3	3		La hausse des températures et la multiplication des sécheresses va diminuer l'humidité des sols, rendant les situations de stress hydrique plus fréquentes et, de ce fait, menaçant les zones humides du territoire. Ces évolutions menacent la biodiversité inféodée aux zones humides
Maintien des réservoirs de biodiversité (ZNIEFF, sites protégés par le Conservatoire des Sites Alsaciens)	0,6	2,0	0	1	1	1	0	2	2	3	2	1	Tous les changements prévus (températures, régime de précipitations, sécheresses et catastrophes météorologiques plus fréquentes) vont entraîner une dégradation des réservoirs de biotope à cause d'un changement de conditions bioclimatiques ne convenant plus à certaines espèces, ou la dégradation de certains milieux tels que les zones humides.
Protection de la faune (dont la Pie-Grièche Grise, Crapaud Vert et Grand Hamster d'Alsace) et prévention de la prolifération des espèces envahissantes.	0,8	2,6	1	1	1	1	0	3	2	3	3	2	En modifiant et décalant les cycles naturels de la flore et en transformant l'habitat de la faune, le dérèglement climatique tend à faire remonter l'aire de répartition des espèces vers le Nord : les espèces emblématiques du territoire s'y feront plus rares, allant parfois même jusqu'à le quitter entièrement. Leur survie en-dehors de celui-ci dépendra de leur capacité à survivre aux bouleversements produits par ce changement d'environnement et à trouver leur subsistance parmi d'autres espèces dont les aires de répartition se déplacent toutes à des vitesses différentes. La prolifération d'espèces envahissantes n'est pas systématiquement causée par le changement climatique, est en tout cas facilitée par des conditions plus clémentes. Les espèces envahissantes constituent une menace particulière pour la biodiversité dite « ordinaire », qui ne fait pas l'objet de protection spécifique.
Bonne intégration des entrées de village et des franges urbaines dans le paysage, renforcement des ceintures vertes et des cœurs d'îlots jardinés	0,6	2,6	1	0	1	0	1	3	2	3	2	3	Les impacts du dérèglement climatique sur les choix en matière d'urbanisme ne peuvent être prédits. Cependant, la contrainte qu'il fait peser sur la végétation (voir plus haut) pourrait, sauf action contraire, entraîner l'amenuisement de celle-ci en périphérie des zones urbaines et ainsi, nuire à leur intégration paysagère. Elles jouent un rôle clé pour limiter la sévérité des vagues de chaleur et de sécheresse, pour stabiliser les sols et limiter les glissements de terrain et coulées de boues, et pour ralentir les vents violents lors de tempêtes (particulièrement forts dans les paysages dégagés que constituent les plaines agricoles du territoire). Ces ceintures végétales seront néanmoins mises à mal par ces mêmes canicules, sécheresses et tempêtes, et par le risque d'incendie, d'autant plus si les essences plantées ne le sont pas prévues pour affronter le climat de demain (d'autant plus si

													les haies plantées ne sont pas non plus diversifiées car les haies monospécifiques sont plus fragiles aux maladies, aux parasites et, en fonction de l'espèce plantée, aux sécheresses et canicules).
Développement de sentiers paysagers pédestres et cyclables	0,3	2,0	1	0		0		2	2		2		L'augmentation de la fréquence et de l'intensité des vagues de chaleur estivales pourront limiter leurs déplacements en journée. Sans adaptation des horaires de sortie des uns, et d'ouverture des autres, cela réduirait ainsi le flux de visiteurs sur le territoire. Le retrait-gonflement des argiles, plus destructeur du fait des alternances sécheresses-précipitations intenses plus importantes, occasionnerait des dommages plus fréquents aux voies carrossées. Le risque de coulées de boue et glissements de terrain y contribue également.
Valorisation du patrimoine naturel et du paysage rural et des sites naturels emblématiques comme le Mont Kochersberg	0,6	2,2	1	0	1	0	1	2	2	3	2	2	Les cultures de la plaine devront faire face à des changements de cycles végétatifs face aux épisodes de sécheresse et au développement possiblement accéléré de certaines maladies et parasites, entraînant des modifications de rendement (à la hausse ou à la baisse selon les cultures). Le monde agricole devra répondre à ces changements en adaptant les cultures et variétés, ainsi que les pratiques, modifiant ainsi le paysage agricole. Par ailleurs, les tempêtes et les canicules et sécheresses porteront atteinte aux haies, arbres ponctuels, ruisseaux et autres composantes des corridors écologiques qui structurent la trame paysagère, particulièrement exposées aux éléments.
Valorisation du patrimoine historique et architectural identitaires du Kochersberg Ackerland : Maison du Kochersberg, villages du Kochersberg et de l'Ackerland, Monuments et patrimoine religieux	0,0	1,5	0		0	0	0	1		2	2	1	Les fortes chaleurs ne devraient avoir qu'un faible effet sur la valorisation et l'attractivité du patrimoine historique et architectural. Cependant, les inondations, retrait-gonflement des argiles, incendies et tempêtes pourraient endommager ces bâtiments.
Développement d'une offre d'hébergement touristique	0,0	1,0	0	0				1	1				A l'instar de toute construction sur le territoire, ces hébergement seraient soumis à des risques structurels du fait de l'accroissement de la sinistralité due au retrait-gonflement des argiles. Par ailleurs, à moins d'être conçus de manière bioclimatique, les établissements d'hébergement pourraient souffrir d'une baisse de leur clientèle en cas de nuits anormalement chaudes.

Valorisation de la généreuse offre de restauration (restaurants, marchés, boulangeries...)	0,0	1,0	0	0			0	1	1			1	Par ailleurs, à moins d'être conçus de manière bioclimatique, les établissements de restauration pourraient souffrir d'une baisse de leur clientèle en cas de forte chaleur.
Valorisation des productions agricoles et des spécificités du territoire (diversification, vente à la ferme, projets d'agro-tourisme)	0,6	2,0	1	1	1	0	0	3	2	3	1	1	Les impacts du dérèglement climatique sur la production agricole pourraient directement impacter l'approvisionnement en produits frais et locaux des nombreux restaurants du territoire et ainsi, à l'attrait qu'ils pourraient représenter pour les visiteurs.
BILAN	0,6	2,0	0,5	0,6	0,9	0,4	0,4	2,1	1,9	2,7	2,1	1,6	

9.4.3.2 Bilan

En conclusion, la sensibilité des milieux naturels et du patrimoine paysager du territoire au dérèglement climatique est jugée « forte ». Au regard d'un dérèglement climatique de l'ordre de +1.8°C à +4.4°C par rapport aux températures mondiales de 1990, d'importantes modifications de tous les milieux naturels qui composent la Communauté de Communes sont attendues.

En effet, les milieux terrestres arborés seront fragilisés par l'élévation des températures, la récurrence des sécheresses et l'intensité des tempêtes. Celles-ci pourraient fragiliser les feuillus qui composent les haies et les espaces forestiers. Notamment, les espèces les plus sensibles au manque d'eau pourraient être remplacées à l'avenir par des chênes verts, typiquement méditerranéens. Aussi, la migration de nouveaux parasites des arbres au Nord de la France et la fragilisation du secteur agro-alimentaire, gestionnaire des espaces agricoles, sont également deux facteurs qui renforcent la vulnérabilité des milieux arborés.

Par ailleurs, les milieux aquatiques (cours d'eau, zones humides...) subiront les sécheresses et le manque de précipitations annuelles. Ainsi, les cours d'eau disposeront d'un débit plus faible et des températures plus fortes, inadaptées à certaines espèces animales et végétales qui y vivent. Par ailleurs, le risque d'eutrophisation de ces milieux est important.

Les points de vulnérabilité majeurs des milieux naturels et de la biodiversité au changement climatique portent sur :

- ➔ Le risque d'assèchement et d'eutrophisation des zones humides
- ➔ Les nouvelles conditions physiques des cours d'eau, non adaptées aux espèces animales et végétales actuelles
- ➔ La transformation des ceintures vertes et des haies restantes malgré la difficulté à prévoir leur évolution du fait de l'extension de milieux secs à tempérés.

9.4.4 SENSIBILITE DU SECTEUR ORGANISATION TERRITORIALE

9.4.4.1 Analyse par enjeu

THEMES	ORGANISATION TERRITORIALE												
ENJEUX TERRITORIAUX	SCORE DE SENSIBILITE		CAUSES DE LA SENSIBILITE ACTUELLE					CAUSES DE LA SENSIBILITE FUTURE					EXPLICATIONS
	ACTUELLE	FUTURE	C	P	S	F	T	C	P	S	F	T	
Limitation de l'exposition du foncier d'activité aux risques	0,4	1,8	0	1	1	0	0	1	3	3	1	1	Le foncier d'activité, comme l'ensemble des bâtiments, infrastructures et constructions neuves, est exposé au RGA, mouvements de terrain, inondations, tempêtes et incendies, selon sa localisation. Cela incite à une vigilance accrue aux risques et à ses lieux de survenue probable, tant pour implanter de nouvelles activités que pour renouveler ou étendre un site existant.
Bien-être et santé des salariés et productivité des entreprises	0,6	1,8	1	1	1	0	0	3	2	2	1	1	En cas de fortes chaleurs, le travail en extérieur ou dans un bâtiment peu rafraîchi est source d'une importante pénibilité, le lieu de travail peut voir émerger l'ensemble des pathologies liées (déshydratation, hyperthermie, problèmes cardiovasculaires et respiratoires). De même, l'augmentation des allergies, les problèmes de pollution de l'air et les maladies vectorielles pourront aussi toucher les travailleurs. Affaiblis, ils sont par ailleurs plus susceptibles d'être victimes d'accidents de travail. La canicule induit une baisse de 50% de la productivité des salariés. Les autres pressions sur leur bien-être et leur santé pourraient également peser à la baisse sur leur productivité.
Dynamisme du secteur tertiaire, premier employeur du territoire	0,2	1,4	1	0	0	0	0	2	1	2	1	1	Le secteur tertiaire (tant les administrations que l'artisanat, le commerce et les services) est le plus employeur du territoire. Il est particulièrement sensible aux phénomènes altérant les consommations et déplacements de sa clientèle / de ses publics, tels que les vagues de chaleur, les maladies à transmission vectorielle, etc. De manière plus générale, il sera affecté par les catastrophes naturelles touchant la majeure partie du territoire (incendies, inondations, RGA, coulées de boue etc.).
Fluidification du trafic routier, notamment à l'Est du territoire et sur les axes structurants	0,2	2,2	1	0	0	0	0	3	2	2	2	2	La mobilité routière sera perturbée en cas de fortes chaleurs (fissures, affaissements et déformation de la chaussée, accidentologie en cas de malaise liée aux fortes chaleurs), de retrait-gonflement des argiles, de glissements de terrain et coulées de boue (dommages à la chaussée). Les épisodes de fortes précipitations, plus intenses et plus fréquents, seront également des facteurs d'accidentologie accrue. L'accès aux infrastructures sera limité voire empêché en cas d'inondation, de tempêtes et de feux. La forte polarité de l'Euro métropole de Strasbourg dans les déplacements domicile-travail constitue un facteur de sensibilité

														supplémentaire, notamment avec la mise en place de sa ZFE croisée avec les risques accrues de pics de pollution à l'ozone en été, limitant voire empêchant les trajets automobiles vers celle-ci.
Accessibilité aux transports aériens	0,4	2,4	1	0	0	0	1	3	3	2	1	3	<p>L'accès aux aéroports est tributaire des conditions de circulation des autres modes.</p> <p>Concernant les vols en avion eux-mêmes :</p> <p>Les conditions météorologiques extrêmes, telles que la déformation de la chaussée due à la chaleur et les changements de portance de l'avion, peuvent affecter les voyages aériens.</p> <p>La quantité de turbulence aérienne modérée ou supérieure sur les routes de vol transatlantiques en hiver augmentera considérablement à l'avenir à mesure que le climat changera.</p> <p>Les impacts climatiques tels que des températures extrêmement élevées, des pluies intenses entraînant des inondations, des vents et/ou des tempêtes plus intenses et/ou l'élévation du niveau de la mer peuvent avoir des impacts graves sur les infrastructures de transport.</p>	
Gestion et logistique des déchets	0,4	1,4	0	1	1	0	0	1	2	2	1	1	<p>Augmentation de la production de déchets : Le changement climatique peut entraîner une augmentation de la production de déchets. Par exemple, les événements météorologiques extrêmes tels que les inondations et les tempêtes peuvent endommager les infrastructures et les biens, ce qui peut augmenter la quantité de déchets produits.</p> <p>Problèmes de gestion des déchets dangereux : Le changement climatique peut également poser des problèmes de gestion des déchets dangereux. Par exemple, les inondations peuvent déplacer des déchets toxiques et dangereux, ce qui peut augmenter les risques pour la santé publique et l'environnement.</p> <p>Réduction de la capacité des décharges : Le changement climatique peut affecter la capacité des décharges à stocker les déchets. Par exemple, les tempêtes et les inondations peuvent endommager les décharges et les rendre inutilisables.</p> <p>Augmentation des coûts : Le changement climatique peut également entraîner une augmentation des coûts de gestion des déchets. Par exemple, les tempêtes et les inondations peuvent</p>	

													nécessiter des travaux de nettoyage et de réparation coûteux.
Accroissement de la desserte en transports en commun : renforcement de la desserte en bus et proximité avec des gares hors du territoire	1,0	2,3	1	1	1		1	3	2	2		2	La mobilité routière sera perturbée en cas de fortes chaleurs (fissures, affaissement et déformation de la chaussée, accidentologie en cas de malaises des voyageurs et des conducteurs liée aux fortes chaleurs), de retrait-gonflement des argiles, de glissements de terrain et coulées de boue (dommages à la chaussée). Les épisodes de fortes précipitations, plus intenses et plus fréquents, seront également des facteurs d'accidentologie accrue. En cas de forte chaleur, les transports ferroviaires proches du territoire pourront rouler au ralenti sur des rails dilatés par la chaleur, être affectés par des risques d'incendies déjà importants près des rails, faire face à des problèmes de climatisation et ainsi, des malaises de voyageurs. L'accès aux infrastructures sera limité voire empêché en cas d'inondation, de tempêtes et de feux.
Développement des mobilités et des itinéraires cyclables	1,0	2,3	1	1	1		1	3	2	2		2	Les mobilités cyclables seront sujettes aux mêmes phénomènes que les autres modes de déplacement routiers, en ajoutant à cela que les cyclistes seront probablement plus affectés par les fortes chaleurs (effort physique, absence d'habitacle), aux tempêtes (poids plus faible qu'une voiture) et aux incendies (vitesse de fuite réduite), mais ne courent pas le risque d'être bloqués dans un embouteillage en cas d'évacuation.
Maîtrise de l'énergie, rénovation du bâti et des logements	0,4	2,4	1	0	1	0	0	3	3	3	2	1	Le changement climatique limite les besoins en rénovation thermique des logements puisque la température devrait augmenter. Cependant, les fortes chaleurs, les risques de retrait-gonflement des argiles et d'autres potentielles contraintes encore pourraient faire émerger des besoins pour d'autres types de rénovation (i.e. bioclimatisme). Le retrait-gonflement des argiles devrait impacter fortement le bâti ancien, qui ne dispose généralement pas de fondations adaptées.
Maîtrise de la consommation d'espace et de l'artificialisation	1,0	2,0	1	1	1			2	2	2			Le dérèglement climatique met en exergue le rôle des espaces de pleine terre, de végétation et des zones humides dans la limitation des stress chroniques et chocs. La consommation de foncier qui ne pourra être évitée pourrait limiter la capacité d'adaptation du territoire si elle entraîne une perte de tels espaces. Les activités qui y seront implantées seront par ailleurs plus vulnérables (forte chaleur, pression sur une ressource en eau amoindrie par l'opération, exposition et renforcement du risque d'inondation si imperméabilisation du sol près des cours d'eau...).

<p>Diversification de l'offre de logements (taille, catégorie, prix), développement de l'habitat collectif et baisse de la taille des ménages</p>	1,0	3,0	1					3					<p>L'enjeu territorial de diversification de l'offre de logements rencontrera bientôt celui de fournir aux habitants l'accès à un point de rafraîchissement de proximité.</p>
<p>Croissance démographique réelle mais en diminution, liée à un solde migratoire positif</p>	0,5	1,5	1	0	0	0	0	2	0	1	0	0	<p>Sans certitude, le dérèglement climatique pourrait accentuer un phénomène d'exode urbain, avec un accroissement de la population dans les campagnes face à des centres-villes trop chauds. Cependant, le territoire pourrait voir son attractivité diminuer en cas de catastrophe naturelle marquée et médiatisée ou bien si l'économie locale souffre elle-même trop du dérèglement climatique.</p>
<p>Vieillesse de la population, principalement au centre et à l'Ouest.</p>	1,0	3,0	1	0	0	0	0	3	0	0	0	0	<p>Le vieillissement de la population induit une augmentation du nombre de personnes plus vulnérables aux problèmes sanitaires liés au dérèglement climatique (allergies, fortes chaleurs, pollution de l'air, etc.) et moins à même d'évacuer en cas de catastrophe naturelle. Par ailleurs, les seniors vivant dans des logements pavillonnaires sont autant de personnes pour qui un relogement en cas de dommage à leur logement (retrait-gonflement des argiles et mouvements de terrain, inondation, feux etc.) serait particulièrement pénible. Enfin, les personnes âgées sont souvent plus seules que le reste de la population, ce qui ajoute un facteur de vulnérabilité à leur situation.</p>
<p>Prévention et lutte contre la précarité climatique et énergétique</p>	0,4	2,2	1	0	1	0	0	2	2	3	2	2	<p>Le changement climatique devrait limiter les besoins en chauffage, il est donc attendu une diminution de la précarité liée au chauffage. Cependant, celle-ci sera pour partie compensée par une augmentation des besoins en rafraîchissement des logements. Par ailleurs, la crise énergétique actuelle, notamment liée au dérèglement climatique (baisse de production hydroélectrique), a déjà précarisé une partie de la population, dont les dépenses énergétiques dans les logements et les transports ont crû. A l'avenir, ces problématiques pourraient s'accroître (baisse de productivité du solaire en cas de forte chaleur, poursuite de la baisse de productivité de l'hydroélectricité, arrêts ponctuels des centrales nucléaires en cas de sécheresse et de fortes chaleurs...). Enfin, les ménages dont les logements et/ou les lieux de travail seront touchés par les effets du dérèglement climatique (retrait-gonflement des argiles, inondations, tempêtes, coulées de boue, incendies) seront par conséquent précarisés.</p>

Amélioration du débit internet et de la réception téléphonique	0,5	2,0	1	0		0	1	2	2		2	2	Les catastrophes naturelles et événements climatiques extrêmes, plus fréquents avec le dérèglement climatique, pourront interrompre les télécommunications et endommager les infrastructures, tant lors d'inondations que de tempêtes ou encore d'incendies. Lors des périodes de forte chaleur, les antennes-relais et les data centers peuvent tomber en panne, suite aux avaries de leur système de refroidissement.
Augmentation de la part d'EnR dans la consommation d'énergie finale	0,2	2,4	1	0	0	0	0	3	2	3	2	2	La hausse des températures permettra un développement plus important des panneaux solaires, hors fortes chaleurs, où ceux-ci perdent en rendement. Cependant, les risques de tempêtes pourraient fragiliser l'ensemble des installations énergétiques. Par ailleurs, le changement climatique pourrait limiter le potentiel énergétique aux boisements (croissance limitée par les sécheresses, incendies). Sous l'effet des fortes chaleurs et d'importants étages, les centrales nucléaires pourront être mises à l'arrêt, alors que les consommations électriques liées aux équipements de rafraîchissement connaîtraient un pic. De manière général, le réseau électrique en surface est vulnérable aux risques naturels (feux, tempêtes, inondations).
Augmentation des prix de l'énergie	0,0	1,0	0					1					Le changement climatique réduit le potentiel de certaines ENR (baisse de la productivité photovoltaïque en cas de forte chaleur) mais pas des énergies fossiles. L'évolution des prix des énergies sont liés l'augmentation de la production et la réduction de la consommation et pas véritablement lié au changement climatique.

Diminution des émissions de gaz à effet de serre	0,8	2,2	1	0	1	1	1	3	2	2	2	2	<p><u>Emissions énergétiques :</u> Augmentation des températures : Les températures plus élevées peuvent entraîner une augmentation de la demande d'énergie pour la climatisation et la réfrigération, ce qui peut entraîner une augmentation des émissions de GES provenant des centrales électriques qui alimentent ces équipements. Événements climatiques extrêmes : Les ouragans, les tempêtes de neige, les inondations et d'autres événements climatiques extrêmes peuvent endommager les infrastructures énergétiques, telles que les centrales électriques, les pipelines et les raffineries de pétrole, ce qui peut entraîner des émissions de GES importantes. Énergie renouvelable : Le dérèglement climatique a également un impact sur l'utilisation des énergies renouvelables telles que l'énergie solaire et éolienne. Les conditions météorologiques extrêmes peuvent endommager les installations d'énergie renouvelable, réduisant ainsi leur capacité à produire de l'énergie propre</p> <p><u>Emissions non-énergétiques</u> Les difficultés du secteur agricole et, notamment, de l'élevage pourront contribuer à réduire ses émissions non-énergétiques (principalement du méthane). Cependant, les fortes chaleurs pourraient donner lieu à un recours massif aux systèmes de climatisation, importants émetteurs de gaz fluorés. Par ailleurs, le stockage carbone des sols et de la végétation du territoire pourraient être dégradés, avec l'éventuelle disparition d'une partie de sa végétation arborée, de zones humides et de prairies sous l'effet des sécheresses et des fortes chaleurs.</p>
Gestion des déchets inertes	0,2	1,6	0	0	1	0	0	2	2	2	1	1	Les dommages aux bâtiments et infrastructures causés par le retrait-gonflement des argiles, les mouvements de terrain, les fortes chaleurs, les inondations, les incendies et les tempêtes nécessiteront d'une part de gérer des flux bien plus importants de déchets de construction, mais seront aussi à l'origine d'une consommation bien plus importante de matériaux pour leur réparation voire leur reconstruction.
BILAN	0,5	2,0	0,8	0,4	0,6	0,1	0,3	2,4	1,9	2,1	1,3	1,4	

9.4.4.2 Bilan

En conclusion, la sensibilité de l'organisation territoriale du territoire au dérèglement climatique est jugée « moyenne-forte ». Au regard d'un dérèglement climatique de l'ordre de +1.8°C à +4.4°C par rapport aux températures mondiales de 1990, l'ensemble des politiques et dynamiques d'aménagement, de logement, de mobilité et d'emploi seront touchées.

Les zones habitées devront répondre au défi des fortes chaleurs dans un contexte de manque d'eau récurrent et prolongé, en pensant un aménagement et une place à la végétation à même de rendre les canicules supportables, en particulier pour les plus vulnérables. La question occupera une place importante dans les logements, tant dans les habitations neuves que dans le bâti ancien. Par ailleurs, les espaces habités subiront les dégâts de mouvements de terrain plus fréquents et marqués, posant la question de l'adaptation au bâti et de l'éventuel évitement des zones à fort risque, amenées à s'étendre.

Les mobilités seront également touchées, avec des infrastructures routières elles aussi endommagées par les mouvements de terrain, et des déplacements plus pénibles et accidentogènes et contraintes lors des fortes chaleurs, des pluies diluviennes et des pics de pollution de l'air.

L'économie et, notamment, le tourisme, devront s'adapter pour offrir des modalités d'accueil et de travail supportables à leurs employés et leurs visiteurs dans un contexte sanitaire dégradé (voir « Sensibilité du secteur Santé, sécurité et bien-être), qui affectera fortement leur productivité. Elles feront également face à des contraintes sur l'eau pendant des sécheresses amenées à être plus longues et fréquentes.

Plus globalement, l'approvisionnement en énergie sera affecté de façon multiple, entre risque de rupture d'approvisionnement en cas de fortes chaleur et d'aléas, et forte variation de la production d'énergie en fonction des conditions climatiques.

Les points de vulnérabilité majeurs de l'organisation territoriale au changement climatique portent sur :

- L'adaptation des bâtiments et des zones habitées aux fortes chaleurs
- L'évolution des pratiques de mobilité et le maintien de bonnes conditions de déplacement face aux mouvements de terrain, aux fortes chaleurs et aux pics de pollution de l'air
- La transformation des activités économiques pour accueillir et offrir des conditions de travail vivables pendant les fortes chaleurs et les sécheresses.

9.4.5 SENSIBILITE DU SECTEUR PRODUCTION AGRICOLE ET ALIMENTATION

9.4.5.1 Analyse par enjeu

THEMES	PRODUCTION AGRICOLE ET ALIMENTATION												
ENJEUX TERRITORIAUX	SCORE DE SENSIBILITE		CAUSES DE LA SENSIBILITE ACTUELLE					CAUSES DE LA SENSIBILITE FUTURE					EXPLICATIONS
	ACTUELLE	FUTURE	C	P	S	F	T	C	P	S	F	T	
Maîtrise de la consommation d'eau dans tous les secteurs et prévention des conflits d'usage autour de l'eau	0,7	2,7	0	1	1	0	0	3	2	3	0	0	<p>Une consommation inférieure aux seuils autorisés, stable ces 3 dernières années, mais doublement du volume produit de 2013 à 2021 : risque de pression en cas de fortes chaleurs et sécheresses.</p> <p>Quel que soit le scénario, il est à prévoir un assèchement des sols en période estivale et une augmentation des étiages, ce qui pourrait avoir des répercussions sur la recharge des aquifères à cette période de l'année. La pression quantitative sur la ressource en eau risque donc de s'accroître à l'horizon 2050, d'autant plus que les besoins en eau pour l'arrosage ou le rafraîchissement risquent d'augmenter en été en raison de l'augmentation des périodes de forte chaleur.</p> <p>Actuellement, plusieurs activités humaines du territoire ont un impact particulièrement important sur les ressources en eau :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Une activité agricole intensive impactant fortement la ressource du territoire (besoin en eau des cultures, principalement le maïs, culture majoritaire du territoire ; utilisation d'intrants dégradant la ressource en eau), - Quelques industries émettrices de rejets polluants, - Une population qui augmente générant de fait des besoins croissants en termes d'alimentation en eau potable et un risque de la dégradation de la ressource en eau, - Un traitement des eaux usées pouvant générer ponctuellement une dégradation des milieux naturels récepteurs. <p>Les cultures étant encore peu irriguées, elles sont peu susceptibles de se trouver mêlées à des conflits d'usage sur le territoire. Cependant, sous l'effet des sécheresses et vagues de chaleur à répétition, la tentation au développement de l'irrigation pourrait être forte, les différents usages et usagers de la ressource pourraient entrer en tension, voire en conflit.</p>
Eau potable de qualité satisfaisante	1,0	2,0	0	1	1	0	0	0	2	2	0	0	<p>L'eau est de bonne qualité actuellement. Cependant, l'augmentation des températures aura également des conséquences sur la qualité de l'eau disponible pour la consommation humaine. En effet, en période estivale, des étiages plus marqués dans le réseau hydrographique peuvent entraîner une concentration des pollutions diffuses et donc une dégradation de la qualité de l'eau.</p> <p>Par ailleurs, l'intensité accrue des précipitations pourrait également aggraver la pollution de l'eau, dans la mesure où ces précipitations</p>

														emmèneraient avec elles davantage de polluants vers les aquifères souterrains. Les traitements nécessaires pour rendre potable la ressource en eau seront donc plus importants. Plusieurs réponses sont alors possibles pour limiter cela : améliorer la gestion des eaux pluviales, modifier les pratiques agricoles pour limiter le lessivage, limiter l'artificialisation du sol, etc.
Maintien des zones humides existantes et identifiées	1,0	2,7	1	0	1	1	0	2	0	3	3	0	0	La hausse des températures et la multiplication des sécheresses va diminuer l'humidité des sols, rendant les situations de stress hydrique plus fréquentes et, de ce fait, menaçant les zones humides du territoire. Ces évolutions menacent la biodiversité inféodée aux zones humides
Bon état chimique et écologique des cours d'eau	0,6	1,8	0	1	1	0	1	2	2	3	1	1	1	Actuellement, le bassin de La Souffel est identifié par la SDAGE comme étant une zone fragile en lien avec la qualité (OMS). Toutefois, aucun cours d'eau sur le territoire n'est identifié par le SDAGE comme étant fragiles avec une baisse significative des débits ou un niveau de nappe périodiquement très bas. Cette situation est susceptible de se dégrader en cas de faible étiage par concentration des pollutions diffuses. Un réseau d'assainissement principalement unitaire, vulnérable aux précipitations fortes, et un indice de connaissance des rejets en milieux naturels de 90%.
Anticipation d'un risque mouvement de terrain lié aux glissements de terrains et tassements différentiels	1,0	2,5	0	1	1	0	0	0	3	2	0	0	0	Le phénomène de coulées de boues au printemps n'est pas particulièrement nouveau, mais il se trouve renforcé depuis quelques années, à la fois par l'urbanisation croissante des "bas de pente", par des événements climatiques de plus en plus "violents" qui surviennent en peu de temps et par l'évolution des pratiques agricoles qui laissent un sol nu à la période des orages de printemps. Dans les plaines dépourvues de haie, éléments topographiques divers, fossé ou autre ouvrage de retenu, les coulées de boue printanières sont déjà à l'origine de dommages. Les précipitations plus violentes du fait du dérèglement climatique vont les rendre plus fréquentes.
Conciliation des besoins de développement des exploitations agricoles et des enjeux d'exposition aux risques	0,6	2,4	1	1	1	0	0	3	2	3	2	2	2	Le développement des exploitations agricoles sera contraint de manière croissante par des risques qui vont en s'intensifiant (retrait-gonflement des argiles, inondations et coulées de boue) et par l'amenuisement des ressources (principalement les sécheresses). Le développement des haies et autres marqueurs topographiques pourra constituer une solution d'adaptation aux fortes chaleurs et aux intempéries, tout en étant soumis à ces mêmes contraintes.
Préservation des chemins agricoles	0,5	2,0		1	0				2	2				L'évolution des précipitations vers des épisodes pluvieux moins fréquents mais plus violents devrait occasionner des dommages plus fréquents aux chemins agricoles. Par ailleurs, la sinistralité accrue liée au retrait-gonflement des argiles, du fait de la succession d'épisodes de sécheresse et de précipitations intenses, va vraisemblablement donner lieu à des dommages accrus.

Maintien de l'agriculture d'élevage	0,7	1,7	1		1	0		2		2	1	<p>L'élevage est très peu pratiqué sur le territoire. Ayant cela en tête, les sécheresses et fortes chaleurs nuisant à la qualité et à la quantité de l'herbe, leur dégradation devrait nuire à la santé et à la fécondité des troupeaux. Ces carences alimentaires provoquent également des avortements chez les animaux ou encore l'absence de retour de chaleur. L'affaiblissement qui résulte de ces carences accroît le risque de mortalité sous l'effet des fortes chaleurs.</p> <p>Le risque de réduction de la fenêtre temporelle pour les travaux de fenaison pourrait obliger les agriculteurs à réorganiser leur calendrier de travail et à acheter du matériel plus performant et coûteux pour réaliser leurs travaux en un temps plus court.</p> <p>Les températures hivernales moyennes plus élevées devraient entraîner une recrudescence de parasites et de moustiques, et des maladies telles que la fièvre catarrhale ovine.</p> <p>Cela risque d'occasionner des dommages et baisses de rendements au sein des exploitations et ainsi, des pertes de revenus pour les agriculteurs.</p>	
Maintien de l'agriculture céréalière	0,8	2,4	1		1	1	0	3	2	3	2	2	<p>Sous l'effet des sécheresses, la production céréalière pourrait connaître des baisses de rendements plus fréquentes.</p> <p>Les épisodes météorologiques extrêmes comme les inondations ou les tempêtes sont amenés à se multiplier et à s'intensifier, mettant en péril les récoltes.</p> <p>Cela risque d'occasionner des dommages et baisses de rendements au sein des exploitations et ainsi, des pertes de revenus pour les agriculteurs.</p>
Maintien des labels de qualité sur la production agricole	1,0	3,0	1	1	1			3	3	3			<p>L'évolution du climat (précipitations, sécheresses, adoucissement des températures et fortes chaleurs) pose déjà un défi aux agriculteurs dans le respect des cahiers des charges souvent exigeants des signes de qualité et AOP et AOC locales, tant alimentaires (asperges d'Alsace, Fruits et légumes d'Alsace, Volaille d'Alsace, Gänzliesel) que vinicoles (Grand cru d'Alsace).</p> <p>En s'intensifiant, elle pourra mettre les agriculteurs en difficulté et nécessiter de reconsidérer les cahiers des charges.</p>
Diversification des productions agricoles et des spécificités du territoire (vente à la ferme, projets d'agrotourisme)	0,6	2,0	1	1	1	0	0	3	2	3	1	1	<p>Les impacts du dérèglement climatique sur la production agricole pourraient directement impacter l'approvisionnement en produits frais et locaux des nombreux restaurants du territoire et ainsi, à l'attrait qu'ils pourraient représenter pour les visiteurs.</p> <p>Par ailleurs, le dérèglement climatique fait peser un risque accru de pertes de récoltes intégrales aux plantations les plus spécialisées, incitant plutôt à une diversification des productions vers des variétés plus adaptées aux nouvelles conditions climatiques et ressources disponibles.</p>

Conciliation de la diminution de la population agricole et de son rôle majeur dans la gestion de l'espace rural du territoire	0,2	1,4	0	0	1	0	0	2	1	2	1	1	La population agricole déjà fragilisée pour différentes causes connues, le sera d'autant plus qu'elle devra intégrer dans ses pratiques agricoles des modalités d'adaptation au changement climatique. Ainsi, un éventuel déclin de la population agricole renforcée par le changement climatique nuira à la bonne gestion de l'espace rural. Ces difficultés pourraient se traduire par de nouvelles problématiques de santé physique en lien avec le travail de la terre dans des conditions climatiques et météorologiques plus difficiles. Par ailleurs, conjuguées avec l'isolement que vivent beaucoup d'agriculteurs, ces difficultés pourraient leur ajouter un poids psychologique conséquent.
Protection des éléments paysagers végétaux qui contribuent à la structuration du paysage et à sa diversité (bocages, cortèges végétaux, massifs boisés, haies et arbres isolés en milieu agricole)	1,0	2,4	1	1	1	1	1	2	2	3	3	2	Les tempêtes et les canicules et sécheresses pourraient venir à bout de plusieurs haies, arbres ponctuels, ruisseaux et autres composantes des corridors écologiques particulièrement exposés aux éléments. En ce qui concerne les arbres plus spécifiquement, la fragilisation des peuplements en général (sécheresse, tempête, maladie) et le dépérissement en particulier de plusieurs essences (chênes, hêtres) sont déjà observés. Cela aura des conséquences sur les paysages de la plaine agricole où le motif arboré est rare mais néanmoins précieux. Les conséquences affecteront également les paysages des vallées, qui seront de plus soumis à des accentuations des phénomènes d'étiage qui pourront entraîner des conséquences sur les espèces exigeantes en eau. A cela s'ajoute la potentielle augmentation en fréquence et en intensité des inondations qui pourront provoquer des dégâts sur la végétation arborée des vallées.
Prévention du mitage des paysages, de l'étalement urbain et de la conurbation et maintien du caractère rural du territoire	0,4	2,0	1	0	1	0	0	3	2	3	1	1	Les politiques urbaines futures ne peuvent pas être anticipées dans le cadre de ce travail. Au-delà de cet aspect, les cultures de la plaine devront faire face à des changements de cycles végétatifs face aux épisodes de sécheresse et au développement possiblement accéléré de certaines maladies et parasites, entraînant des modifications de rendement (à la hausse ou à la baisse selon les cultures). Le monde agricole devra répondre à ces changements en adaptant les cultures et variétés, ainsi que les pratiques.
BILAN	0,7	2,2	0,6	0,8	0,9	0,3	0,2	2,2	1,9	2,6	1,3	0,9	

9.4.5.2 Bilan

En conclusion, la sensibilité de la production agricole et de l'alimentation du territoire au dérèglement climatique est jugée « forte ». Au regard d'un dérèglement climatique de l'ordre de +1.8°C à +4.4°C par rapport aux températures mondiales de 1990, l'ensemble des activités agricoles seront touchées par des évolutions climatiques dont les conséquences sur chacune des filières sont encore mal connues.

D'ores et déjà, il est assuré que le dérèglement climatique nuira à la céréaliculture et aux productions légumières en accroissant la fréquence et l'intensité des canicules, sécheresses et précipitations diluviennes. Ces problématiques toucheront aussi les haies et zones humides qui jalonnent le paysage agricole et leur

apportent leurs services écosystémiques. Les risques d'incendies seront également plus forts, menaçant la production et les bâtiments agricoles.

Plus spécifiquement, les épisodes de sécheresses, plus fréquents et longs, mettront en tension l'agriculture avec les autres usages de l'eau, notamment les espaces naturels et les consommations domestiques.

Par ailleurs, différents ravageurs et agents pathogènes pourraient venir affecter les essences végétales et les bêtes, dans un avenir où les hivers ne seront plus assez froids pour les maintenir à l'écart de nos latitudes.

Au-delà de ça, l'évolution du climat et son instabilité rendront plus difficile la réponse aux critères de qualité des normes et label qui renforcent la valeur ajoutée et le rayonnement de la production locale. Ces évolutions pourront rendre intenable la production de certaines variétés vulnérables et gourmandes en ressources comme le maïs et faire émerger d'autres productions plus résistantes.

Les points de vulnérabilité majeurs du secteur agricole et de l'alimentation au dérèglement climatique sont :

- Des dommages et pertes de productivité aux cultures (canicules, agents pathogènes, sécheresses, fortes précipitations, glissements de terrain)
- Des risques de conflit autour de la ressource en eau dans un contexte de sécheresses plus fréquentes
- Des difficultés à répondre à des critères de production dans un avenir climatique instable et incertain

9.4.6 BILAN DE LA SENSIBILITE DU TERRITOIRE

Le dérèglement climatique impactera l'ensemble des composantes du territoire et ceci, plutôt négativement. Il engendra des conséquences importantes sur l'environnement, l'agriculture, la santé de la population et les politiques d'habitat.

Sur l'ensemble du territoire, le dérèglement climatique influera sur l'identité locale en offrant un climat plus chaud et en entraînant la disparition progressive du gel et de la neige pendant la saison froide. Ces évolutions toucheront les modes de vie plus ou moins traditionnels des populations du territoire. La culture alsacienne s'adaptera à un climat plus proche du sud-est de la France.

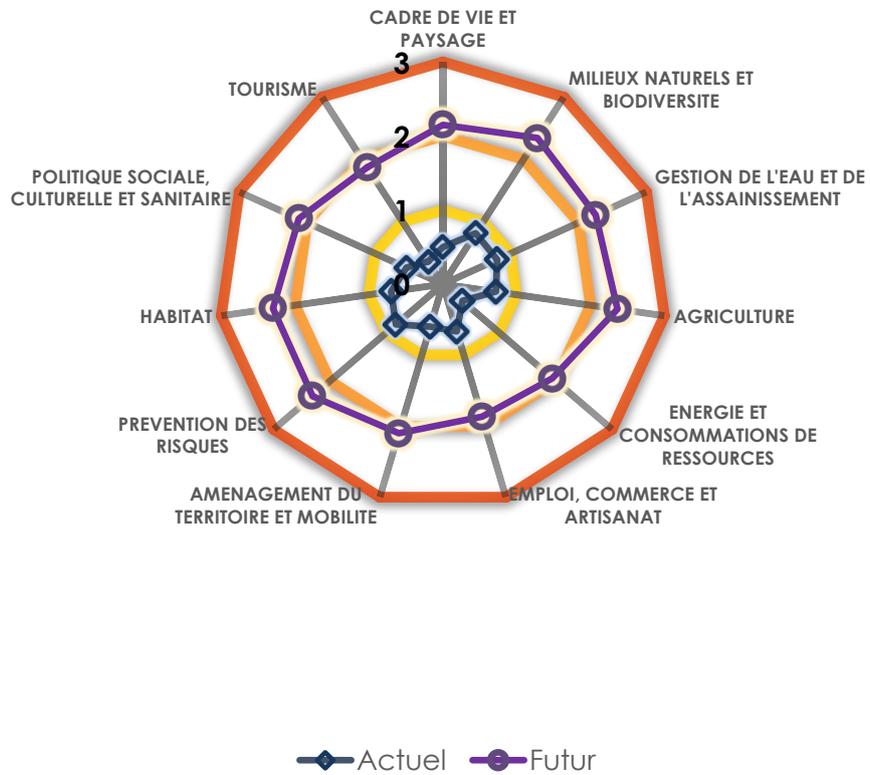
L'agriculture est la filière économique qui sera la plus impactée. Toutes les filières agricoles et agro-alimentaires sont concernées. L'adaptation des pratiques et des modes de culture est donc un enjeu important.

En lien étroit avec celle-ci, les milieux naturels et la biodiversité évolueront eux aussi fortement, entre recomposition des écosystèmes via les migrations d'espèces animales et végétales adaptées au nouveau climat, et disparition de milieux végétaux et aquatiques les plus fragiles. Les milieux aquatiques en particulier seront touchés par des problématiques de manque d'eau et de dégradation de sa qualité.

Enfin, la santé de la population deviendra un enjeu d'autant plus prégnant que celle-ci traversera chaque année des vagues de chaleur et des sécheresses plus longues et fréquentes et fera face à de nouveaux agents pathogènes, dans un contexte de vieillissement de la population. L'adaptation de l'habitat, des lieux et pratiques de travail ou encore des mobilités à ces nouvelles contraintes se fera de plus en plus pressant.

Le graphique ci-contre, présente ainsi la sensibilité actuelle du territoire (bleu foncé) et sa sensibilité future (violet). De nombreux thèmes se situent actuellement, à l'intérieur du cercle jaune, avec un niveau faible de sensibilité par rapport à l'avenir, mais néanmoins non-nul. Ainsi, l'ensemble des composantes du territoire sont sensibles au dérèglement climatique, bien que certaines soient plus affectées.

BILAN DE LA SENSIBILITÉ DU TERRITOIRE



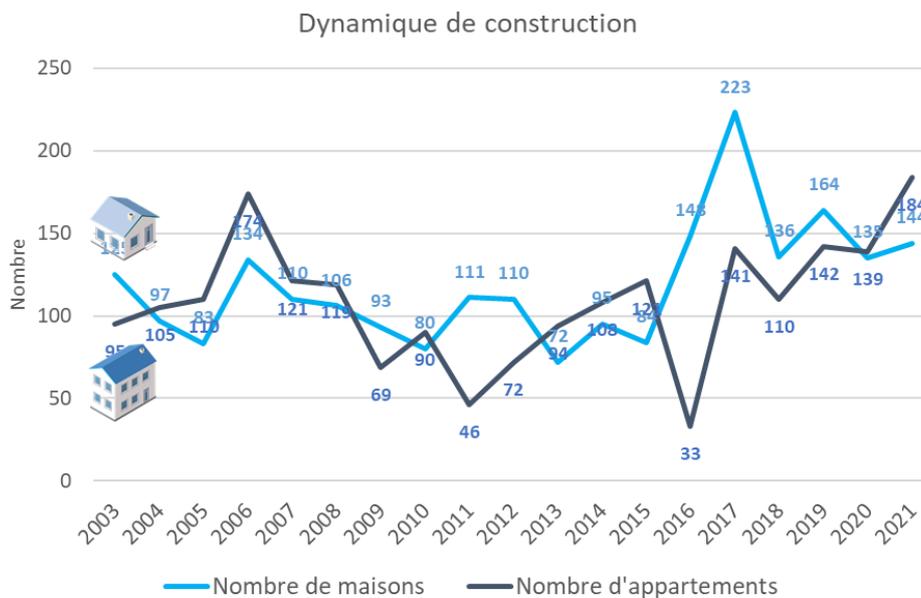
Bilan synthétique de la sensibilité du territoire au dérèglement climatique par enjeu détaillé (Auxilia Conseil)

BILAN	Thème	SANTE, SECURITE ET BIEN-ÊTRE	PATRIMOINE NATUREL ET PAYSAGER	ORGANISATION TERRITORIALE	PRODUCTION AGRICOLE ET ALIMENTATION
	Actuel	Faible	Faible	Faible	Faible
Futur	Forte	Moyenne	Moyenne	Forte	Faible
PRESENT	Chaleur	Faible	Faible	Faible	Faible
	Précipitations	Faible	Faible	Faible	Faible
	Sécheresses	Faible	Faible	Faible	Faible
	Feux	Minimale	Faible	Faible	Faible
	Tempêtes	Faible	Faible	Faible	Faible
FUTUR	Chaleur	Forte	Moyenne	Forte	Moyenne
	Précipitations	Forte	Moyenne	Moyenne	Moyenne
	Sécheresses	Moyenne	Forte	Moyenne	Forte
	Feux	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Moyenne
	Tempêtes	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Faible

10 EVOLUTION DE LA DEMANDE ENERGETIQUE

10.1 Dynamique de construction des logements

Les données Sitadel indique une dynamique de 130 maisons et 144 appartements/an sur les dix dernières années. En l'absence de données précise du SCOTERS, nous retenons 110 maison/an et 100 logements collectifs/an d'ici 2030.



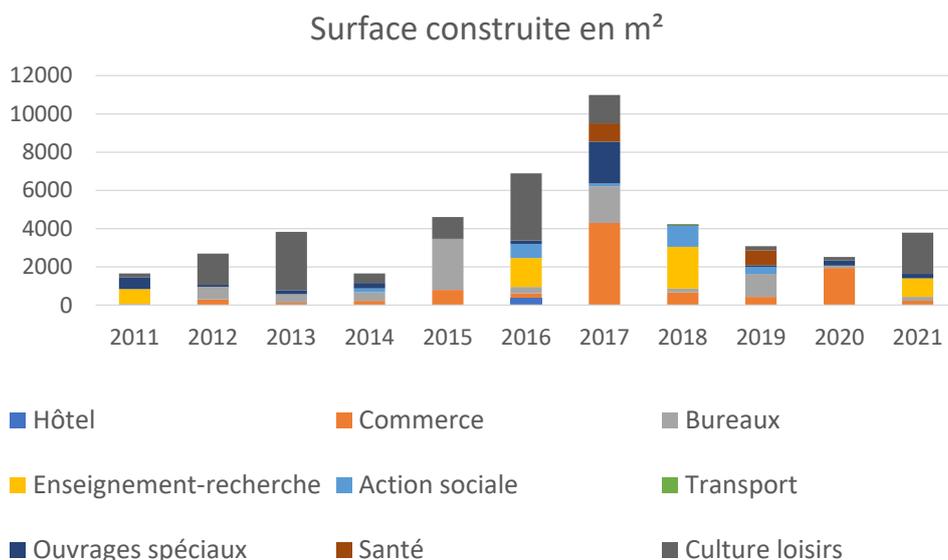
Nombre de maisons et d'appartement construits chaque année sur la CC Kochersberg-Ackerland (source Sitadel)

Bien entendu les nouvelles constructions respectent la réglementation environnementale 2020 ainsi que les futures réglementations thermiques, les consommations par usages étant ajustées en conséquence.

10.2 Evolution du secteur tertiaire

Pour accompagner l'augmentation de la démographie, il est nécessaire de construire des bâtiments publics (crèches, écoles, maisons de retraite, etc.).

La dynamique de construction sur les neuf dernières années entre 2011 et 2021 est projetée jusqu'en 2030. Nous n'avons pas conservé la dynamique sur les surfaces commerciales qui n'ont plus vocation à être développées sur le territoire.



Surface construite en m² en sur la CC Kochersberg-Ackerland par typologie de bâtiments tertiaires (source Sitadel)

Les futurs bâtiments seront construits selon une réglementation environnementale beaucoup plus stricte dont on tient compte pour établir les consommations supplémentaires en 2030.

10.3 Evolution du secteur des transports

La hausse de consommation du secteur des transports est calculée relativement aux nouveaux véhicules en circulation, sur la base d'une hausse du nombre des véhicules et d'une baisse des consommations de carburants de ces véhicules.

La hausse du nombre de véhicules est considérée proportionnelle à la hausse de la population évaluée précédemment. Concernant la consommation de carburant des véhicules, on considère une hypothèse de diminution des consommations de 6,4 l/100km en moyenne en 2016 à 4,5 l/100km en 2030 (source ADEME).

Ces hypothèses entraînent 14,3 GWh de consommation supplémentaire à l'horizon 2030 (pour rappel la consommation du transport est de 113 GWh en 2020).

10.4 Evolution du secteur industriel

Il est difficile d'estimer l'évolution des consommations due au développement des activités industrielles sur le territoire étant donné les incertitudes liées à ce secteur.

Si on laisse de côté l'année 2010 qui présente une surface très importante, on peut se baser sur une moyenne entre 2011 et 2021 pour estimer la part de construction attendue d'ici 2030.

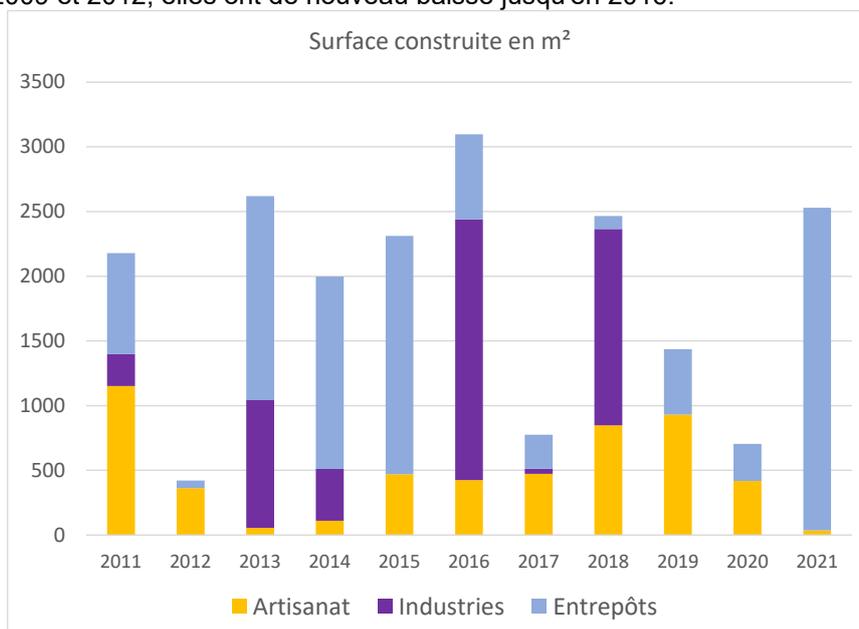
Surface construite en m² en sur le PETR Gâtinais montargois par typologie de bâtiments industriels (source Sitadel)

Sur la base du nombre de m² de SHON construit et de la moyenne des consommations par m² de SHON sur le territoire (issue des consommations énergétiques de l'industrie et des surfaces constatées avec la BDTopo), nous avons estimé une consommation supplémentaire de 11 GWh en 2030 ce qui représente 1,5% des consommations du secteur industriel en 2016.

A titre d'information, voici les surfaces construites pour l'artisanat, les industries et les entrepôts entre 2003 et 2016.

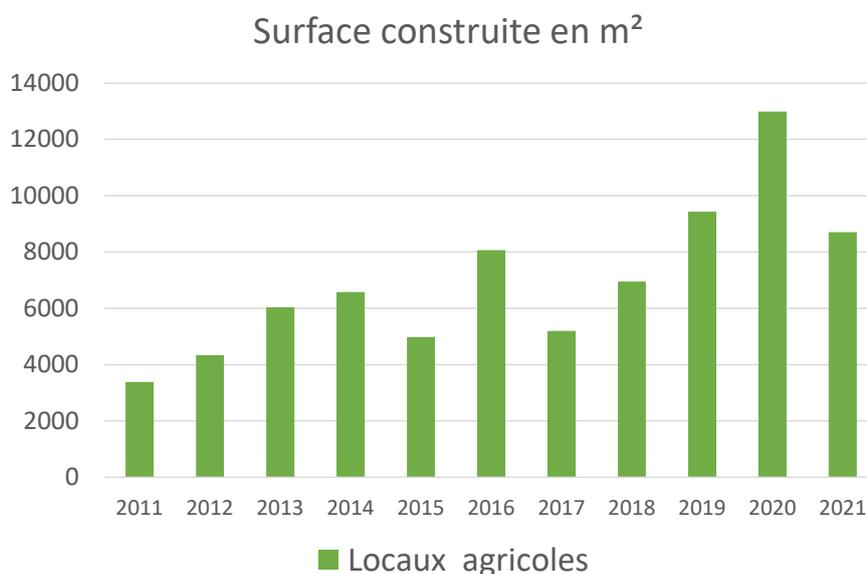
10.5 Evolution du secteur agricole

Il est également difficile d'évaluer l'évolution des consommations dans le secteur agricole. Si celles-ci ont augmenté entre 2009 et 2012, elles ont de nouveau baissé jusqu'en 2016.



Surface construite en m² pour les industries, l'artisanat et les entrepôts (source Sitadel)

A titre d'information le nombre de m² de SHON construit entre 2011 et 2021 pour les locaux agricoles.



Surface construite en m² pour les locaux agricoles (source Sitadel)

Pour le secteur agricole en l'absence d'informations précises, nous avons raisonné avec un parc d'exploitation agricole constant. Il s'agit la plupart du temps de hangars construits pour installer du photovoltaïque, cela n'engendre pas des consommations d'énergie supplémentaires.

10.6 Synthèse

Le tableau suivant présente la hausse totale des consommations en 2030, **hors actions de maîtrise de l'énergie**.

	Consommation 2020 (GWh/an)	Dynamique 2020-2030 (logements/an)	Consommations supplémentaires 2020-2030 (GWh/an)	Consommation en 2030 (GWh/an)
Logements individuels	187 GWh/an	110	10,1 GWh/an	197 GWh/an
Logements collectifs	33 GWh/an	100	5,4 GWh/an	38 GWh/an
Résidentiel	220 GWh/an	210	15,5 GWh/an	235 GWh/an
Tertiaire 	59 GWh/an		3 GWh/an	61 GWh/an
Industrie 	26 GWh/an		2 GWh/an	28 GWh/an
Agriculture 	29 GWh/an		0 GWh/an	29 GWh/an
Transport 	113 GWh/an		14 GWh/an	127 GWh/an
TOTAL	446 GWh/an		34 GWh/an	480 GWh/an

11 POTENTIELS DE REDUCTION DES CONSOMMATIONS ENERGETIQUES

11.1 Potentiels maximums théoriques de maîtrise de l'énergie

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'ouvrage 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 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.

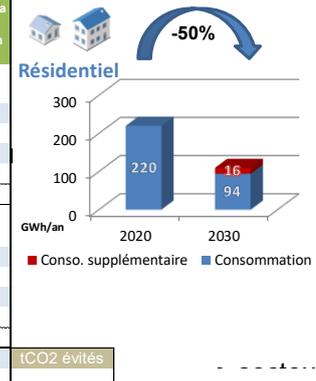
En revanche, ce gisement servira de base pour la définition d'un **scénario tendanciel de maîtrise de l'énergie**.

Les tableaux et graphiques à la page suivante 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**.

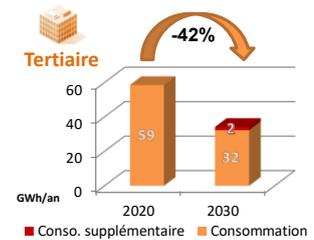
Différents types d'actions sont définis suivant les secteurs :

- 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.

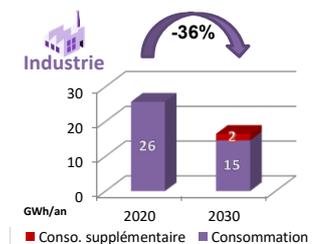
BILAN DES GISEMENTS NETS DE LA MAITRISE DE L'ENERGIE	GAIN THEORIQUE SUR L'EXISTANT en MWh/an			en % de la consommation actuelle	Economie sur la facture énergétique en 2030 k€/an
	Electricité	Energie fossile	Energie bois		
HABITAT MAISONS INDIVIDUELLES					
Action sur le bâti et les systèmes de chauffage	-13 289	-41 296	-25 931	-43%	-24 961
Sobriété énergétique et comportement	-12 072	-7 223	-3 826	-12%	-6 523
Electromenager performant	-2 146			-1%	-1 330
GAINS THEORIQUES DANS LES MAISONS :	-27 507	-48 519	-29 757	-57%	-32 814
HABITAT LOGEMENTS COLLECTIFS					
Action sur le bâti et les systèmes de chauffage	-3 774	-9 934		-42%	-3 902
Sobriété énergétique et comportement	-3 296	-1 985		-16%	-1 490
Electromenager performant	-743			-2%	-461
GAINS THEORIQUES DANS LES LOGEMENTS COLLECTIFS :	-7 813	-11 920		-60%	-5 852
Sous-total :	-35 320	-60 438	-29 757	-57%	-38 667
Rappel de la consommation de l'habitat en 2020	219 810				
GAIN THEORIQUE TOTAL DU SECTEUR DE L'HABITAT :			-125 516		-18 865



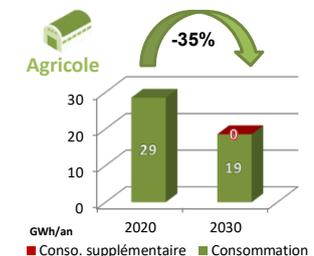
BILAN DES GISEMENTS NETS DE LA MAITRISE DE L'ENERGIE	GAIN THEORIQUE SUR L'EXISTANT en MWh/an		en % de la consommation actuelle	tCO2 évités
	Electricité	Energie fossile		
SECTEUR TERTIAIRE				
Action sur le bâti et les systèmes de chauffage	-23 802		-41%	
Equipements performants	-2 443		-4%	
Rappel de la consommation du tertiaire en 2020	58 573			
GAIN THEORIQUE TOTAL DANS LE SECTEUR TERTIAIRE :	-26 245		-45%	-3 808



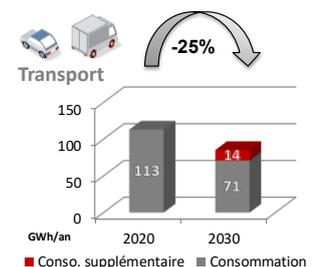
BILAN DES GISEMENTS NETS DE LA MAITRISE DE L'ENERGIE	GAIN THEORIQUE SUR L'EXISTANT en MWh/an		en % de la consommation actuelle	tCO2 évités
	Electricité	Energie fossile		
SECTEUR INDUSTRIEL				
Action sur le bâtiment	-1 696		-7%	
Utilités	-5 382	-4 014	-37%	
Sous-total :	-7 079	-4 014	-43%	
Rappel de la consommation de l'industrie en 2020	25 670			
GAIN THEORIQUE TOTAL DANS LE SECTEUR INDUSTRIE :		-11 092		-1 529



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
	Electricité	Energie fossile		
SECTEUR AGRICOLE				
Action sur le bâti et les systèmes de chauffage	-1 434		-5%	-312
Pratiques des éleveurs / réglage des équip.	-596		-2,1%	-98
Consommation de carburant		-7 958	-28%	-2 149
Modification de l'alimentation du bétail (TeqCO2 évités) pratique sur l'épandage (incorporation rapide, stockage, etc.)				-2 365
Sous-total :	-2 029	-7 958	-35%	
Rappel de la consommation de l'agriculture en 2020	28 533			
GAIN THEORIQUE TOTAL DANS LE SECTEUR AGRICOLE :		-9 987		-14 005



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
	Electricité	Energie fossile		
SECTEUR TRANSPORT				
Equipement		-3 123	-32%	
Service		-12 021	-124%	
Amélioration tendancielle		-27 007		
Rappel de la consommation du transport en 2020		112 941		
GAIN THEORIQUE TOTAL DANS LE SECTEUR TRANSPORT :		-42 150	-37%	-15 877



Afin de se fixer des objectifs plausibles d'économies 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 2020),
- 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),
- l'augmentation des consommations d'énergie avec les nouvelles constructions pour le secteur résidentiel, tertiaire et l'industrie,
- l'augmentation du parc des véhicules sur le territoire conformément aux nouvelles constructions,

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 du contenu de chaque énergie en tenant compte des émissions amont et des pertes pour l'électricité. A ce titre, pour l'électricité, le contenu de CO₂ est issu des récents travaux de l'ADEME et de RTE qui estime une valeur de 80gCO₂/kWh pour le chauffage si les objectifs d'évolution et de décarbonation du mix électrique français prévus dans la PPE sont tenus.

Chiffre du chauffage sur le territoire en 2020	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	44%	17%	44%	17%	235	235	104,5	40,7	102,6	40,1
élec	34%	34%	50%	66%	132	53	45,3	45,3	26,8	35,1
fuel	12%	41%	6%	17%	329	329	40,2	136,3	20,1	56,7
bois	9,1%	7,0%	0%		33	33	3,0	2,3	0,0	0,0
chauffage urbain	0%	0,0%	0%	0%	152	152	0,0	0,0	0,0	0,0
On retient (gCO ₂ /kWh) :							193,0	225,0	150,0	130,0

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.

La colonne nb représente le nombre total de maisons concernées entre 2020 et 2030 pour les actions sur le bâti et les systèmes de chauffage. Par exemple, au total entre 2020 et 2030, 2 021 maisons chauffées au fioul, au gaz naturel ou au gaz propane vont isoler leurs combles d'ici 2030.

La colonne % représente la part des maisons qui vont réaliser ce type de travaux par rapport au total de la cible. Pour information cette dynamique est 15% plus importante que la moyenne nationale constatée sur les travaux de maîtrise de l'énergie.

Pour les mesures de sobriété énergétique et de comportement, le nb indique un nombre de ménages qui réalisent ce type d'action au sein de leur foyer.

Enfinement en 2030 :

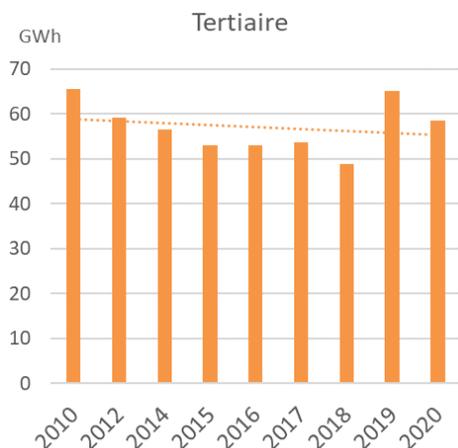
- 3 470 maisons auront isolé leurs combles
- 3 970 auront changé leur fenêtre
- 13 850 auront isolé leurs murs,
- 1 413 auront agi sur leur système de chauffage.

		2030		Proposition d'un objectif en % du gisement identifié			IMPACT DES ACTIONS		DONNEES ECONOMIQUES			
		%	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	ECONOMIE LOCALE		FACTURE ENERGETIQUE POUR UN LGT < 1975	
		%	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	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 LOGEMENTS COLLECTIFS											
	Réglage des équipements de chauffage	34%	536			-134 MWh/an	-38	2%	80	80	-2%	-37
	Auxiliaires de chauffage, calorifugeage											
	Vannes thermostatiques sur les émetteurs de chaleur	11%	180			-150 MWh/an	-42	7%			-6%	-189
	Calorifugeage des ballons ECS (gain 8%)	28%	358	-44 MWh/an			-2	1%			-1%	-22
	Régulation T° de chauffage par sondes (ch. Fossile)	11%	180			-109 MWh/an	-31	5%	967	242	-4%	-138
	Régulation T° de chauffage par sondes (ch. élec)	11%	109	-27 MWh/an			-4	2%			-2%	-64
	Changement des émetteurs de chaleur (ch. élec)	11%	109	-64 MWh/an			-8	5%			-5%	-155
	Amélioration thermique du bâti (chauffage énergie fossile)											
	Isolation des combles	49%	766			-1 569 MWh/an	-442	17%	4 886	1 466	-15%	-465
	changement des fenêtres	56%	876			-797 MWh/an	-225	8%	4 554	1 366	-7%	-207
	Isolation des murs	49%	775			-1 293 MWh/an	-365	14%	3 863	1 159	-12%	-379
	Amélioration thermique du bâti (chauffage électrique)											
	Isolation des combles	49%	463	-609 MWh/an			-81	11%	2 951	885	-12%	-348
	changement des fenêtres	56%	529	-310 MWh/an			-41	5%	2 751	825	-5%	-155
	Isolation des murs	49%	468	-502 MWh/an			-66	9%	2 333	700	-10%	-284
	Nb de ménages effectuant un bouquet de travaux chaque année (fenêtres+combles, etc.)			140								
Sous-total actions sur le bâti et chauffage :					-1 556 MWh/an	-4 053 MWh/an	-1 345		22 386	6 724		
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).	40%	1 109	-119 MWh/an		-300 MWh/an	-100					-96
	Fermer les volets la nuit (gain 2% sur le chauffage).	70%	1 941	-60 MWh/an		-150 MWh/an	-50					-28
	Mettre un couvercle sur la casserole lorsque l'on fait bouillir de l'eau	50%	1 387	-21 MWh/an		-32 MWh/an	-9					-4
	Eteindre le four avant la fin de la cuisson	50%	1 387	-4 MWh/an		-6 MWh/an	-2					-1
	Décongeler d'abord les aliments dans le réfrigérateur	30%	458	-5 MWh/an			0					-2
	Dégivrer au moins deux fois par an le réfrigérateur	50%	1 381	-92 MWh/an			-5					-13
	Optimiser l'ouverture des portes du réfrigérateur et du congélateur	20%	552	-61 MWh/an			-3					-21
	Utiliser la touche éco du lave-vaisselle	70%	1 180	-131 MWh/an			-7					-21
	Laver le linge à basse température, choisir un cycle court	70%	1 871	-104 MWh/an			-6					-11
	Réduction des débits d'eau	20%	555	-80 MWh/an		-94 MWh/an	-26					-28
	Prendre des douches plutôt que des bains	50%	1 387	-80 MWh/an		-38 MWh/an	-13					-11
	Couper les veilles des équipements (gain 500kWh/an)	50%	1 387	-308 MWh/an			-16					-43
	Sous-total sobriété énergétique et comportement :					-1 065	-620 MWh/an	-238				
Electroménager performant	Gain tendanciel sur le changement de l'électroménager											
	Réfrigérateurs				-151		-10					
	Réfrigérateur-congélateur											
	Congélateur				-17		-1					
	Lave-linge				-83		-5					
	Sèche-linge				7		0					
	Lave-vaisselle				78		5					
	Eclairage performant				-250		-16					
	Plaque de cuisson				-210		-11					
	Fours				-169		-9					
Audio-visuel / box internet				-117		-6						
Autres + nouvelles conso. (climatisation, serveur NAS, etc.)				168		11						
Sous-total électroménager performant :					-743		-43					
GAINS ENERGETIQUES DANS LES LOGEMENTS COLLECTIFS :				-3 364		-4 673	-1 626					
Rappel de la consommation des lgts collectifs en 2020 :				32 831 MWh/an								
Consommation supplémentaire nouveaux logements en 2030 :				5 448 MWh/an		hors conso suppl.						
						-24%						
						-8%						
Consommation totale des logements collectifs en 2030 :				24 795 MWh/an		30 243						
GAIN ENERGETIQUE TOTAL DANS LE SECTEUR DE L'HABITAT :				-21 668	-6 521	-24 471	-8 085					
Rappel de la consommation de l'habitat en 2020 :				219 810 MWh/an								
Consommation supplémentaire nouveaux logements en 2030 :				15 524 MWh/an		hors conso. suppl.						
						-24%						
						-17%						
Consommation totale du secteur de l'habitat en 2030 :				167 148 MWh/an		182 674						

Tableau des gains énergétiques attendus en 2030 pour les logements collectifs

11.2.3 SCENARIO TENDANCIEL - SECTEUR TERTIAIRE

Evolution des consommations constatées depuis 2011 à climat réel (source : Atmo Grand-Est) :



Même si il y a un rebond sur la consommation après une baisse continue entre 2010 et 2018, on peut considérer qu'avec le décret tertiaire qui oblige les bâtiments tertiaires à se rénover que la consommation va baisser d'ici 2030.

Nous avons retenu une baisse de la consommation de 9% en tenant compte de la construction de nouveaux bâtiments tertiaires d'ici 2030.

Le décret relatif aux obligations d'actions de réduction de la consommation d'énergie finale dans des bâtiments à usage tertiaire est paru le 23 juillet 2019, ce décret vient 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 40% dès 2030 puis 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 tertiaires 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 TERTIAIRE								
Action sur le bâti et les systèmes de chauffage	Cafés, Hotels, Restaurants & Commerces							
	Amélioration thermique des bâtiments	30%	47		-1 069		-239	13%
	Amélioration des systèmes de chauffage	30%	47		-464		-104	6%
	Rénovation du système de chauffage (hors EnRs)	30%	47		-1 097		-245	13%
	Amélioration des systèmes de ventilation mécanique contrôlé	30%	47		-596		-133	7%
	Actions spécifique sur l'eau chaude sanitaire	30%	47		-50		-11	1%
Sous-total actions sur le bâti et chauffage :					-3 276 MWh/an		-732	
Equipements performants	Eclairage performant (horloge, détecteur de présence)	30%	47	-33 MWh/an			-2	0%
	Rénovation de l'éclairage	30%	47	-164 MWh/an			-11	2%
	Amélioration de la ventilation mécanique contrôlée	15%	24	-31 MWh/an			-1,6	1%
	Bloc autonome de sécurité	30%	47	-9 MWh/an			-0,5	0,1%
	Usage performant du froid dans les commerces	30%	47	-13 MWh/an			-0,7	0,2%
	Sous-total équipements performants :					-250 MWh/an		-16
SOUS TOTAL Cafés, Hotels, Restaurants & Commerces					-3 526 MWh/an		-748	
Action sur le bâti et les systèmes de chauffage	Santé & Habitat communautaire							
	Amélioration thermique des bâtiments	30%	14		-321		-74	23%
	Amélioration des systèmes de chauffage	30%	14		-55		-13	4%
	Rénovation du système de chauffage (hors EnRs)	30%	14		-144		-33	10%
	Amélioration des systèmes de ventilation mécanique contrôlé	30%	14		-108		-25	8%
	Actions spécifique sur l'eau chaude sanitaire	30%	14		-29		-7	2%
Sous-total actions sur le bâti et chauffage :					-657 MWh/an		-151	
Equipements performants	Eclairage performant (horloge, détecteur de présence)	30%	14	-6 MWh/an			0	0%
	Rénovation de l'éclairage	30%	14	-9 MWh/an			-1	1%
	Amélioration de la ventilation mécanique contrôlée	15%	7	-3 MWh/an			-0,1	0%
	Bloc autonome de sécurité	30%	14	-3 MWh/an			-0,1	0,2%
	Sous-total équipements performants :					-21 MWh/an		-1
SOUS TOTAL Santé & Habitat communautaire					-678 MWh/an		-152	
Action sur le bâti et les systèmes de chauffage	Enseignement & Sport, Loisirs, Culture							
	Amélioration thermique des bâtiments	30%	29		-743		-178	18%
	Amélioration des systèmes de chauffage	30%	29		-208		-50	5%
	Rénovation du système de chauffage (hors EnRs)	30%	29		-484		-116	11%
	Amélioration des systèmes de ventilation mécanique contrôlé	30%	29		-541		-129	13%
	Actions spécifique sur l'eau chaude sanitaire	30%	29		-80		-19	2%
Sous-total actions sur le bâti et chauffage :					-2 055 MWh/an		-491	
Equipements performants	Eclairage performant (horloge, détecteur de présence)	30%	29	-10 MWh/an			-1	0,2%
	Rénovation de l'éclairage	30%	29	-31 MWh/an			-2	1%
	Amélioration de la ventilation mécanique contrôlée	15%	15	-3 MWh/an			-0,2	0,1%
	Bloc autonome de sécurité	30%	29	-6 MWh/an			-0,3	0,1%
	Sous-total équipements performants :					-49 MWh/an		-3
SOUS TOTAL Enseignement & Sport, Loisirs, Culture					-2 104 MWh/an		-494	
Action sur le bâti et les systèmes de chauffage	Bureaux							
	Amélioration thermique des bâtiments	30%	52		-358		-70	11%
	Amélioration des systèmes de chauffage	30%	52		-165		-32	5%
	Rénovation du système de chauffage (hors EnRs)	30%	52		-384		-75	11%
	Amélioration des systèmes de ventilation mécanique contrôlé	30%	52		-236		-46	7%
	Sous-total actions sur le bâti et chauffage :					-1 142 MWh/an		-224
Equipements performants	Eclairage performant (horloge, détecteur de présence)	30%	52	-17 MWh/an			-1	1%
	Rénovation de l'éclairage	30%	52	-77 MWh/an			-5	2%
	Amélioration de la ventilation mécanique contrôlée	15%	26	-28 MWh/an			-2	2%
	Bloc autonome de sécurité	30%	52	-10 MWh/an			-1	0%
	Usage performant de la bureautique	30%	52	-143 MWh/an			-8	4%
	Substitution de la climatisation	6%	10	-19 MWh/an			-3	3%
Sous-total équipements performants :					-295 MWh/an		-19	
SOUS TOTAL Bureaux					-1 437 MWh/an		-243	
GAIN ENERGETIQUE TOTAL DANS LE SECTEUR TERTIAIRE :							-7 745	
Rappel de la consommation du tertiaire en 2020 :							58 573 MWh/an	VR A1
<input checked="" type="checkbox"/> Appliquer l'intensité énergétique du secteur Consommation supplémentaire en 2030 :							2 738 MWh/an	hors conso. suppl.
Consommation totale du secteur tertiaire en 2030 :							50 828 MWh/an	-8,5%

Tableau des gains énergétiques attendus en 2030 pour le secteur tertiaire

11.2.4 SCENARIO TENDANCIEL POUR LE SECTEUR INDUSTRIEL

Evolution des consommations constatées depuis 2010 à climat réel (source : Oreges) :



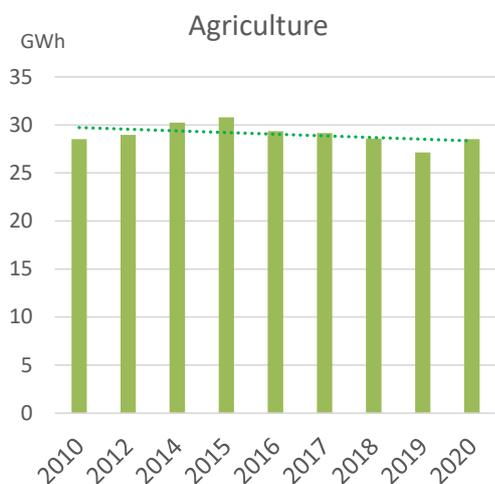
Le climat a beaucoup moins d'influence sur le secteur industriel. On note une augmentation importante, mais qui tend à se stabiliser depuis 2018. Nous avons tenu compte d'une dynamique de construction et d'accueil de nouvelles entreprises, ce qui engendre finalement une très légère hausse de la consommation, environ +1% d'ici 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	15%	6	-4			0	
	Système de mise au repos automatique de blocs autonomes d'éclairage de sécurité	15%	6	-4			0	
	Luminaire pour tube fluorescent T5 sur un dispositif d'éclairage intérieur	15%	6	-134			-9	
	Dispositif de gestion horaire d'une installation d'éclairage intérieur	15%	6	-44			-3	
	Déstratificateur ou brasseur d'air	15%	6	-10				
	Tubes à LED à éclairage hémisphérique	15%	6	-57				
	Sous-total actions sur le bâtiment :				-254 MWh/an			-12
Utilités	Système de variation électronique de vitesse sur un moteur asynchrone	15%	6	-371 MWh/an			-20	
	Système de récupération de chaleur sur un compresseur d'air	15%	6			-76 MWh/an		
	Economiseur sur les effluents gazeux d'une chaudière de production de vapeur	15%	6			-179 MWh/an	-7	
	Système de récupération de chaleur sur un groupe de production de froid	15%	6			-251 MWh/an		
	Brûleur micro-modulant sur chaudière industrielle	15%	6			-311 MWh/an		
	Moteur premium de classe IE3	15%	6	-40 MWh/an				
	Moto-variateur synchrone à aimants permanents	15%	6	-20 MWh/an				
	Compresseur d'air basse pression à vis ou centrifuge	15%	6	-27 MWh/an				
	Brûleur avec dispositif de récupération de chaleur sur un four	15%	6			-113 MWh/an		
	Amélioration des systèmes de pompage	15%	6	-23 MWh/an				
Amélioration des procédés pour la réduction des polluants atmosphériques	15%							
Sous-total actions sur les utilités :				-481 MWh/an		-929 MWh/an	-27	
GAIN ENERGETIQUE TOTAL DANS LE SECTEUR INDUSTRIEL :				-735		-929	-39	
Rappel de la consommation de l'industrie en 2020 :		25 670 MWh/an						
Consommation supplémentaire en 2030 :		1 898 MWh/an		hors conso. suppl.				
				-6%		1%		
Consommation totale du secteur industriel en 2030 :				24 006 MWh/an		25 904		

Tableau des consommations énergétiques attendues en 2030 pour le secteur industriel

11.2.5 SCENARIO TENDANCIEL POUR LE SECTEUR AGRICOLE

Evolution des consommations constatées depuis 2010 à climat normal :



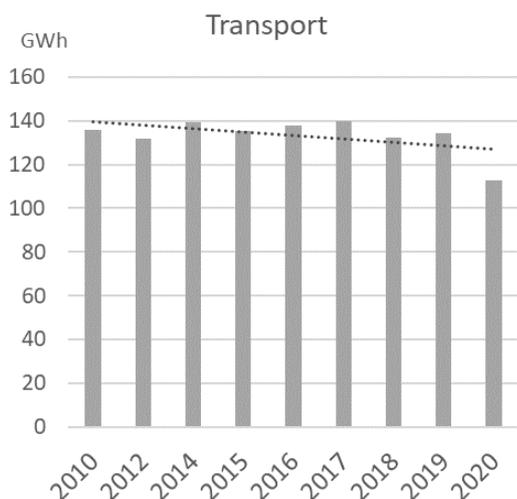
La consommation est relativement stable.

Nous avons pris une hypothèse de -4% d'économie d'énergie d'ici 2030 en tenant compte des actions de maîtrise de l'énergie réalisées par les exploitations agricoles.

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	10%	3		-59 MWh/an		-14	
	Choix des équipements de chauffage	10%	7		-64 MWh/an		-15	
	Ventilation	10%	2	-6 MWh/an			0	
	Eclairage performant (tube + balast électronique)	10%	6	-6 MWh/an			0	
	Actions sur la production d'eau chaude	10%	1		-1 MWh/an		0	
	Tank à lait	10%	1	-3 MWh/an			0	
	Actions sur la thermovinification, l'air comprimé	10%	4	-5 MWh/an			0	
	Sous-total actions sur le bâti et chauffage :					-143 MWh/an		-30
Pratiques des éleveurs / réglage des équip.	Réglage et positionnement des équipements	10%	2		-13 MWh/an		-3	
	Coordonner le couple chauffage/ventilation	10%	2		-25 MWh/an		-6	
	Utilisation de la pompe à vide	10%	1	0 MWh/an			0	
	Action sur les pompes (irrigation)	10%	31	-21 MWh/an			-1	
	Modification de l'alimentation du bétail (TeqCO2 évités)	2%					-47	
	Pratique sur l'épandage (incorporation rapide, stockage, etc.) (tNH3)	2%						
Sous-total pratiques des éleveurs :					-60	0	-57	
Consommation de carburant	Banc d'essai tracteurs	10%	50			-194 MWh/an	-63	
	Techniques culturales sans labour	10%	31			-181 MWh/an	-58	
	Raisonnement des interventions sur les parcelles : optimisation des trajets, couplage d'opérations	10%	34			-129 MWh/an	-42	
	Contrôle et préconisations de réglage du moteur d'un tracteur	10%	50			-291 MWh/an	-94	
	Sous-total consommation de carburant :						-796 MWh/an	-257
GAIN ENERGETIQUE TOTAL DANS LE SECTEUR AGRICOLE :					-999		-345	
Rappel de la consommation de l'agriculture en 2020 :		28 533 MWh/an						
Consommation supplémentaire en 2030 :		0 MWh/an		hors conso. suppl.				
				-4%		-3,5%		
Consommation totale du secteur agricole en 2030 :					27 534 MWh/an	27 534		

Tableau des gains énergétiques attendus en 2030 pour le secteur agricole

11.2.6 SCENARIO TENDANCIEL POUR LE SECTEUR DU TRANSPORT



Les consommations sont en dents de scie et il faut laisser de côté l'année 2020 du COVID (confinement et forte baisse des déplacements), nous avons choisi en tendanciel d'afficher une consommation constante d'ici 2030 avec d'un côté les nouveaux ménages qui seront motorisés et de l'autre la réduction des consommations avec l'émergence rapide des motorisations hybrides, rechargeables et tout électriques..

		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	30%	395			-128 MWh/an	-41	
	Pneus de véhicules légers à basse résistance au roulement	30%	395			-206 MWh/an	-67	
	Changement de catégorie de consommation des véhicules de flottes professionnelles	30%	395			-603 MWh/an	-195	
	Amélioration tendanciel de la consommation de carburant pour tous les modes de transport	46%	4 765	1 304		-12 477 MWh/an	-4 035	
Sous-total équipement :				1 304		-13 414 MWh/an	-4 338	
Service	Formation d'un chauffeur de véhicule (voitures particulières et camionnettes) à la conduite économique	30%	395			-237 MWh/an	-77	
	Covoiturage domicile/travail	8%	470			-282 MWh/an	-91	
	Télétravail pour les salariés tertiaire "bureaux"	30%	362			-82 MWh/an	-26	
	Mode doux pour les trajets courts	15%	1 387			-1 074 MWh/an	-355	
	Gonflage des pneumatiques pour véhicules légers et véhicules utilitaires légers	30%				-12 MWh/an	-4	
Sous-total pratiques des éleveurs :						-1 687 MWh/an	-172	
GAIN ENERGETIQUE TOTAL DANS LE SECTEUR TRANSPORT :						-13 796	-4 509	
Rappel de la consommation du transport en 2020 :			112 941 MWh/an					
Consommation supplémentaire en 2030 :			14 019 MWh/an					
Consommation supplémentaire d'élec 2030 :			279 MWh/an			-12%	0%	
Consommation totale du secteur transport en 2030 :			99 145 MWh/an					

Tableau des gains énergétiques attendus en 2030 pour le transport

11.2.7 SYNTHÈSE DES GAINS ÉNERGETIQUES EN 2030 – SCÉNARIO TENDANCIEL

GAIN ÉNERGETIQUE POUR L'ENSEMBLE DES SECTEURS :		-76 864	CO2 évité : -14 616
Rappel de la consommation en 2020 :	445 663 MWh/an		
Consommation supplémentaire en 2030 :	34 458 MWh/an		
	hors conso. suppl.		
	-17%		-9,5%
Consommation totale en 2030 :	368 799 MWh/an	403 256	

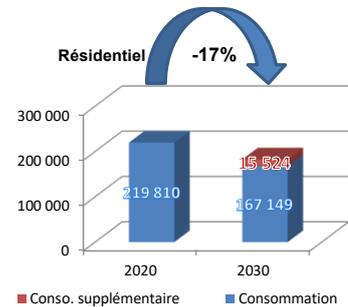
Les gains sur les polluants atmosphériques sont calculés précisément en fonction des modes de chauffage des maisons et logements collectifs et des énergies économisées dans les différents secteurs (tertiaire, agriculture, industrie, etc.). Ainsi, lorsque l'on isole une maison chauffée au fioul, elle réduit sa consommation et donc dans le même temps elle réduit ses émissions de CO₂ et de polluants atmosphériques.

Le tableau ci-dessous présente la réduction des émissions de polluants atmosphériques correspondant aux actions de sobriété et de maîtrise de l'énergie réalisées dans le scénario tendanciel. Les émissions de polluants atmosphériques évitées avec le scénario tendanciel de développement des énergies renouvelables sont également présentées :

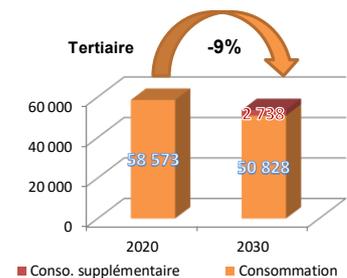
POLLUTIONS ÉVITÉES (tonnes/an)	PM10	PM2,5	NOx	SO2	COV	NH3
Situation à fin 2020	130	65	240	12	353	400
Gain avec la sobriété et la maîtrise de l'énergie	-7	-7	-28,0	-3	-25	0
Gain avec les EnRs & R	-2	-2	-2,5	-3	4	0
Gain avec d'autres actions (limiter les engrais, etc.)	0	0	0	0	0	-1
Gain total sur les polluants atmosphériques	-9	-9	-31	-6	-22	-1
Total à fin 2030 (tonnes/an):	121	56	210	6	331	400
	-7%	-14%	-13%	-49%	-6%	0%

La réduction des particules fines (PM10 et PM2,5) provient essentiellement de la baisse des consommations de bois énergie et de manière plus anecdotique des produits pétroliers (le fioul pour le chauffage et les carburants). Le renouvellement des appareils au bois permet de compenser les nouveaux équipements pour les particules fines, mais pas pour les composés organiques volatiles qui augmentent du fait d'une progression du bois énergie dans le scénario tendanciel. La réduction des émissions de soufre provient essentiellement des chaudières au fuel. La réduction des oxydes d'azote (Nox) provient majoritairement du renouvellement du parc automobile (le diesel est délaissé au profit des nouvelles motorisations hybrides). La réduction des consommations pour le chauffage (bois, gaz naturel et fioul) a également un impact sur les émissions d'oxyde d'azote. Enfin, la réduction des émissions sur l'ammoniac est faible puisqu'il y a peu d'émissions liées à l'énergie.

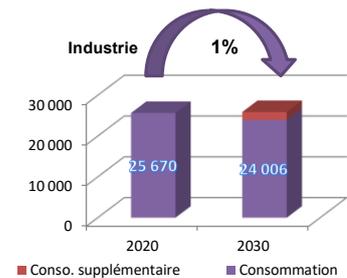
PROSPECTIVE EN 2030		GAIN ENERGETIQUE SUR L'EXISTANT		IMPACTS DES ACTIONS
		Electricité MWh/an	Autres énergies MWh/an	tCO2 évité/an en 2030
	HABITAT MAISONS INDIVIDUELLES			
	Action sur le bâti et les systèmes de chauffage	-11 044	-23 409	-4 860
	Sobriété énergétique et comportement	-5 115	-2 911	-1 468
	Electromenager performant	-2 146		-131
	GAINS ENERGETIQUES DANS LES MAISONS :	-18 304	-26 320	-6 458
	HABITAT LOGEMENTS COLLECTIFS			
	Action sur le bâti et les systèmes de chauffage	-1 556	-4 053	-1 345
	Sobriété énergétique et comportement	-1 065	-620	-238
	Electromenager performant	-743		-43
	GAINS ENERGETIQUES DANS LES LOGEMENTS COLLECTIFS :	-3 364	-4 673	-1 626
GAIN ENERGETIQUE TOTAL DANS LE SECTEUR DE L'HABITAT :		-21 668	-30 992	-8 085
Rappel de la consommation de l'habitat en 2020 :		219 810		
Consommation supplémentaire nouveaux logements en 2030 :		15 524		
Consommation totale des maisons individuelles en 2030 :			182 674	-17%



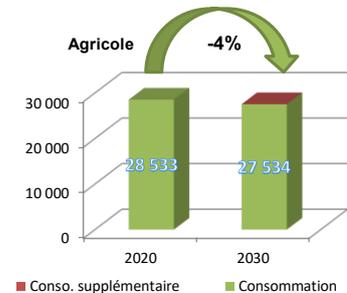
PROSPECTIVE EN 2030		GAIN ENERGETIQUE SUR L'EXISTANT		IMPACTS DES ACTIONS
		Electricité MWh/an	Autres énergies MWh/an	tCO2 évité/an en 2030
	SECTEUR TERTIAIRE			
	Action sur le bâti et les systèmes de chauffage	-7 131		-1 599
	Equipements performants	-614		-39
GAIN ENERGETIQUE TOTAL DANS LE SECTEUR TERTIAIRE :		-7 745		-1 638
Rappel de la consommation du tertiaire en 2020 :		58 573		
Consommation supplémentaire en 2030 :		2 738		
Consommation totale du secteur tertiaire en 2030 :			53 566	-9%



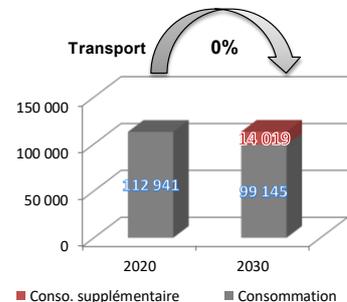
PROSPECTIVE EN 2030		GAIN ENERGETIQUE SUR L'EXISTANT		IMPACTS DES ACTIONS
		Electricité MWh/an	Autres énergies MWh/an	tCO2 évité/an en 2030
	SECTEUR INDUSTRIEL			
	Action sur le bâtiment	-254		-12
	Utilités	-481	-929	-27
GAIN ENERGETIQUE TOTAL DANS LE SECTEUR INDUSTRIEL :		-735	-929	-39
Rappel de la consommation de l'industrie en 2020 :		25 670		
Consommation supplémentaire en 2030 :		1 898		
Consommation totale du secteur industriel en 2030 :			25 904	1%



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		-143	-30
	Pratiques des éleveurs / réglage des équip.	-60		-57
	Consommation de carburant		-796	-257
GAIN ENERGETIQUE TOTAL DANS LE SECTEUR AGRICOLE :		-203	-796	-345
Rappel de la consommation de l'agriculture en 2020 :		28 533		
Consommation supplémentaire en 2030 :		0		
Consommation totale du secteur agricole en 2030 :			27 534	-4%



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		-13 414	-4 338
	Service		-1 687	-172
	Conso. d'élec. supplémentaire (voiture hybride rechargeable et électrique)	1 304		
	GAIN ENERGETIQUE TOTAL DANS LE SECTEUR TRANSPORT :	1 304	-15 101	-4 509
Rappel de la consommation du transport en 2020 :		112 941		
Consommation supplémentaire en 2030 :		14 019		
Consommation supplémentaire d'élec 2030 :		279		0%
Consommation totale du secteur transport en 2030 :			113 443	



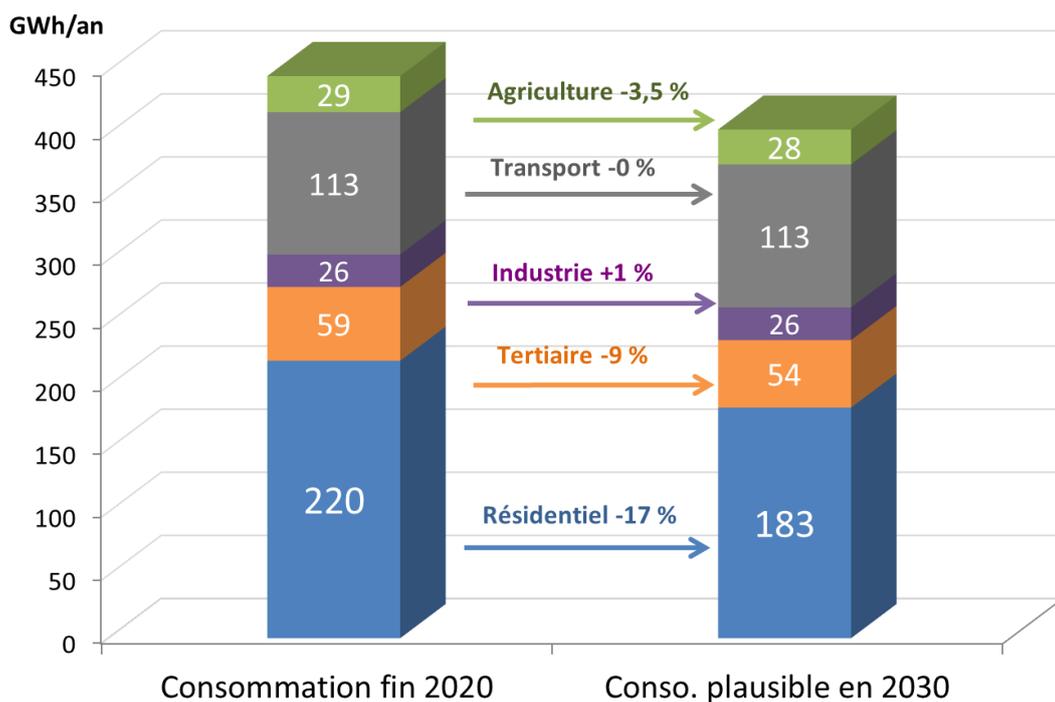
Rappel de la consommation en 2020 :
(avec les résidences secondaires)

445 663 MWh/an

-10%

Consommation en 2030 : 401 673 MWh/an

11.3 Synthèse du scénario tendanciel de maîtrise de l'énergie



Objectifs du SRADDET en 2030

- 13% 
- 11% 
- 12% 
- 25% 
- 33% 

Scénario tendanciel -9,5% au global

-19% au global SRADDET (par rapport à 2021)

Les objectifs du SRADDET ne sont pas atteints, un scénario volontariste a tout son sens sur le territoire pour essayer d'approcher les objectifs du SRADDET dans les différents secteurs.

12 POTENTIELS DE PRODUCTION D'ENERGIES RENEUVABLES

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

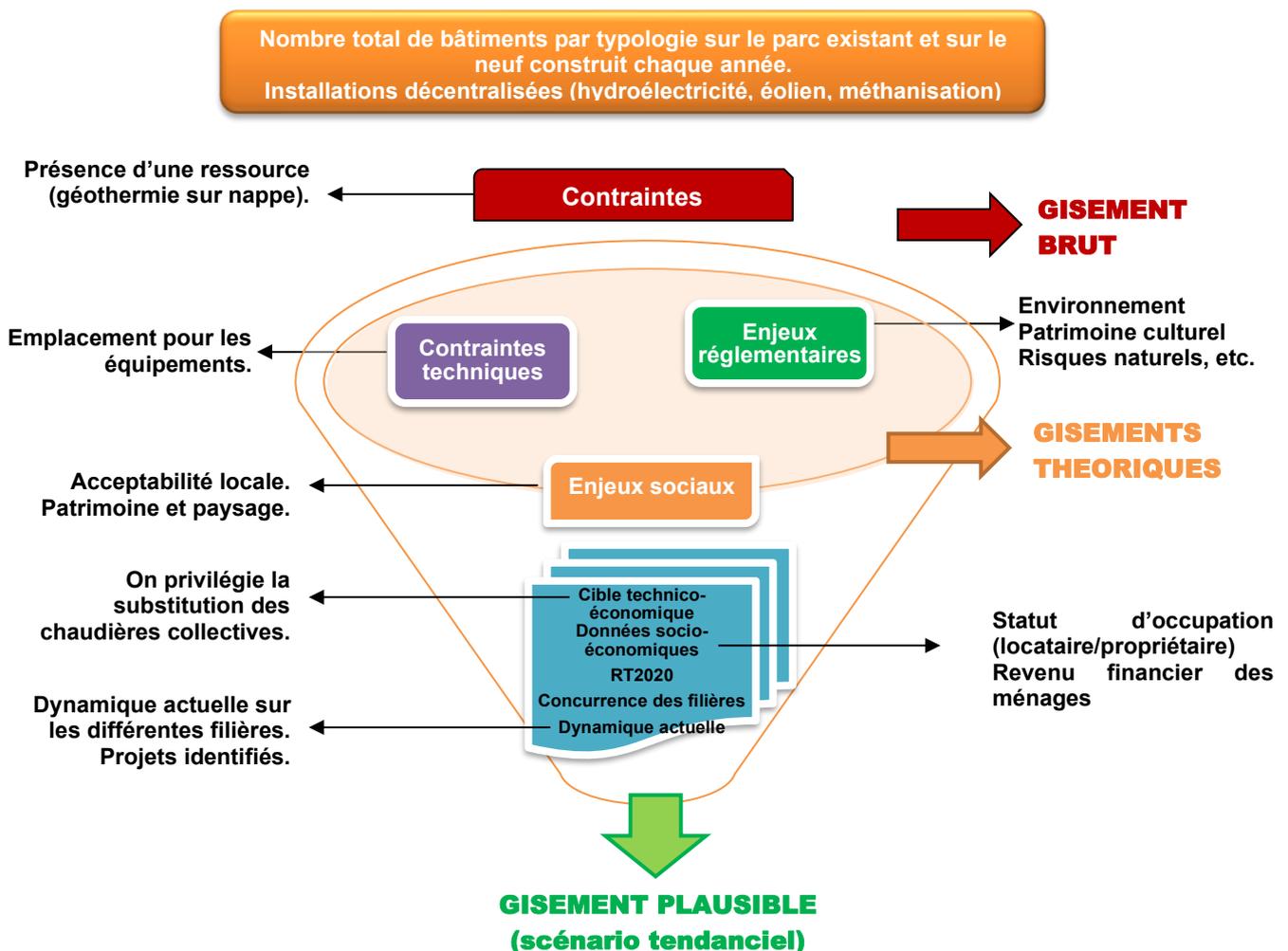
12.1 Gisements bruts

Les gisements bruts représentent les ressources primaires d'énergies renouvelables du territoire. Ces ressources varient selon le type d'énergie : ensoleillement, ressource forestière pour le bois énergie, aquifères pour la géothermie, etc. Ce type de gisement est indépendant de toute contrainte technique ou économique.

12.2 Gisements théoriques

Les gisements théoriques représentent toutes les installations qu'il serait possible de réaliser sur les bâtiments existants et toutes les installations que l'on pourrait réaliser chaque année sur les constructions neuves, en ayant exclu toutes celles qui ne peuvent l'être, compte tenu de contraintes réglementaires, techniques et patrimoniales.

Le schéma ci-dessous présente la démarche jusqu'à l'estimation des gisements plausibles. Ce rapport présente les gisements bruts et les gisements théoriques. Les gisements plausibles seront étudiés dans le cadre de l'élaboration des scénarios énergétiques.



Pour chaque typologie d'installation, on tient compte :

- des contraintes liées au patrimoine culturel (sites classés, sites inscrits, secteur sauvegardé, monuments historiques, etc.),
- des enjeux sur les risques naturels (mouvement de terrain, remontée de nappe, cavités, etc.) pour la filière géothermie,
- de la typologie des bâtiments et de leurs besoins énergétiques (eau chaude sanitaire, chauffage et besoins de rafraîchissement),
- de la dynamique de construction pour les nouveaux projets,
- etc.

Les chiffres présentent donc **le potentiel maximal théorique** et ne tiennent pas compte de la capacité financière des maîtres d'ouvrage, du nombre d'artisans en mesure de réaliser les travaux, des réglementations thermiques actuelles et futures et de la concurrence entre les filières, y compris les filières traditionnelles (électricité, gaz naturel, fioul).

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 **gisements 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 gisements plausibles.

13 TYPOLOGIE DU TISSU URBAIN

Nous avons établi une typologie des bâtiments à partir des catégories proposées par le thème bâtiment de la base de données de l'IGN (BDTopo). Nous présentons ci-dessous ce que regroupent les termes employés dans la catégorie des bâtiments.

! Les surfaces présentées représentent les surfaces de toiture rapportées au sol sur un plan horizontal.

La catégorie des maisons regroupe les baraquements, bungalow, cabane, chalet, grange, garage individuel, construction diverse et bien sûr les maisons.

Les immeubles quant à eux regroupent, outre les immeubles d'habitation, les immeubles de bureaux, les établissements hospitaliers, les établissements scolaires, les musées, les prisons et les villages de vacances.

Les bâtiments industriels regroupent les abattoirs, ateliers (> 50 m²), bâtiments industriels (> 20 m²), centrales électriques (bâtiments), constructions techniques, entrepôts, hangars industriels (> 20 m²), scieries et usines.

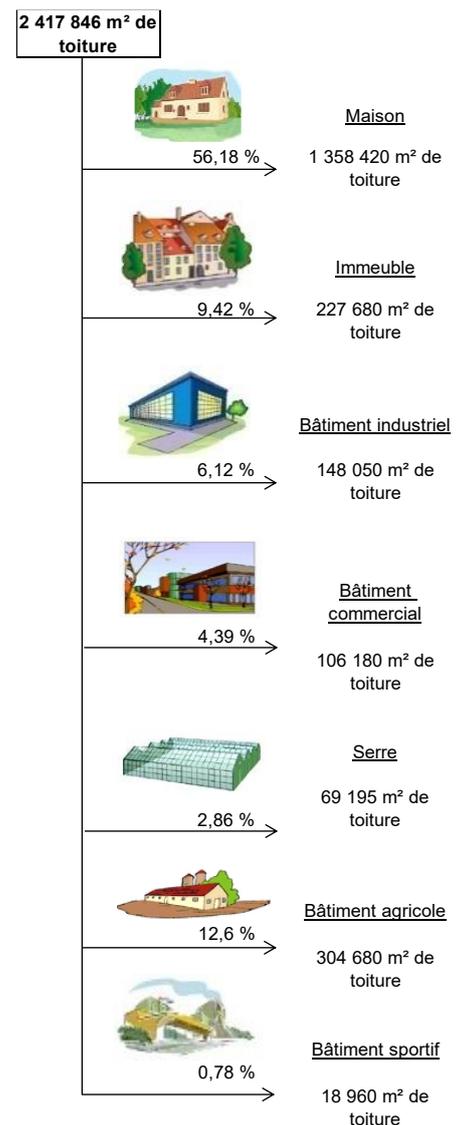
Les bâtiments commerciaux sont des bâtiments de grande surface réservés à des activités commerciales : centres commerciaux, hypermarchés, magasins (grands, isolés), parcs des expositions (bâtiments).

Les serres agricoles dont la superficie inclut les allées entre les serres.

Les bâtiments agricoles regroupent les bâtiments d'élevage industriel, hangars agricoles de grande taille, minoteries, etc.

Les bâtiments sportifs sont réservés à la pratique sportive. Ils comprennent les gymnases, piscines couvertes, salles de sport, tennis couverts ainsi que les tribunes des stades.

La base de données de l'IGN regroupe également d'autres types de bâtiments, mais pour des surfaces beaucoup plus faibles dont nous ne tiendrons pas compte dans le cadre de cette étude (les donjons, les gares, les réservoirs industriels, les annexes, etc.).



13.1 La base permanente des équipements tertiaires géolocalisés de l'Insee

Au-delà de la base de données BDTopo, nous avons également à notre disposition la base de données géolocalisée des équipements de l'INSEE afin de cartographier les équipements tertiaires fortement consommateurs (centre hospitalier, centre commercial, maison de retraite, école, collège, etc.).

La base de données des équipements géolocalisés de l'INSEE a été retraitée par **AXENNE**. Cette base recense 181 types équipements. Nous en avons conservé 82 en fonction de leurs usages et besoins énergétiques généralement constatés (consommation d'eau chaude importante, besoin de rafraîchissement, etc.).

Contrairement à la BDTopo, ce ne sont pas des polygones représentant la superficie de la toiture, mais des points qui localisent plus ou moins précisément le bâtiment tertiaire sur le territoire. Cette base est remise à jour chaque année par l'Insee et on constate une amélioration du positionnement des bâtiments au fil des années et une augmentation de leur nombre.

Chaque bâtiment a fait l'objet d'une analyse pour l'opportunité de l'équiper avec différentes installations d'énergies renouvelables en fonction de ses besoins de chauffage, de rafraîchissement et d'eau chaude sanitaire.



14 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 également des capteurs bi-énergie qui combinent la production solaire photovoltaïque et thermique (production d'eau chaude ou valorisation de l'air chaud à l'arrière des modules photovoltaïques). Ces technologies combinant la production d'électricité et de chaleur, on peut les considérer comme l'association des deux technologies présentées ci-dessus avec l'avantage de tenir moins de place sur les toitures.

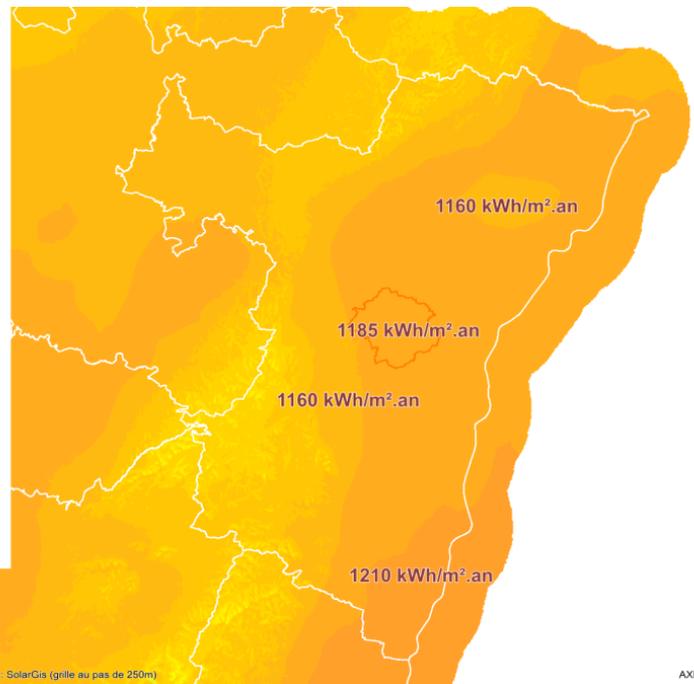
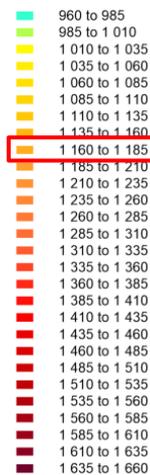
14.1 Gisements bruts

L'ensoleillement du territoire et les données météorologiques constituent le gisement de la filière solaire. Ces données servent de base au calcul du productible des installations solaires thermiques et photovoltaïques.

Les valeurs d'ensoleillement sont issues de la base de données SolarGis détenue par Axenne (grille au pas de 250 mètres).

La carte ci-contre met en évidence l'ensoleillement moyen annuel reçu sur un plan horizontal. La légende comprend toutes les valeurs en France en tenant compte du relief, qui peut fortement réduire l'ensoleillement.

Ensoleillement à l'horizontale en kWh/m².an



Ensoleillement annuel reçu à l'horizontale, en kWh/m²

L'ensoleillement est correct et permet d'entrevoir une production solaire intéressante aussi bien pour les modules photovoltaïques que pour les capteurs solaires thermiques.

L'ENERGIE SOLAIRE THERMIQUE

DESCRIPTION DE LA TECHNOLOGIE

Les systèmes solaires thermiques convertissent l'énergie contenue dans les rayons du soleil en chaleur. Les capteurs solaires de type plan sont les plus couramment utilisés. Ils se composent d'un absorbeur situé dans un coffrage isolé en face arrière et constitué d'un vitrage en face avant. Cet absorbeur possède une couche sélective qui augmente la captation de l'énergie solaire tout en limitant les pertes par rayonnement. Le vitrage quant à lui évite le refroidissement de l'absorbeur par le vent et crée un effet de serre qui augmente le rendement du capteur. L'isolation à l'arrière du capteur diminue les pertes de chaleur.

C'est à la surface de l'absorbeur que le rayonnement solaire est converti en chaleur. Un liquide caloporteur circule dans l'absorbeur et vient transmettre sa chaleur via un échangeur à l'eau sanitaire. De ce fait, le circuit solaire est totalement indépendant du circuit consommateur.

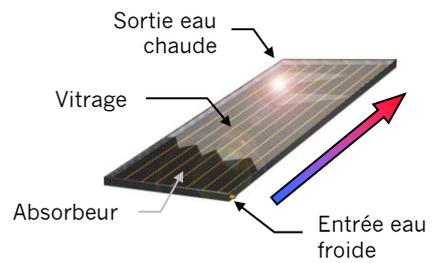


Schéma d'un capteur solaire de type plan

USAGES

L'énergie solaire thermique trouve de nombreuses applications :

- le chauffage de l'eau chaude sanitaire (logements, secteur tertiaire et agriculture),
- le chauffage des maisons,
- le chauffage des piscines,
- les centrales solaires thermiques pour des réseaux de chaleur ou des usages industriels.

Il est toujours nécessaire de recourir à un appoint, l'énergie solaire ne pouvant pas couvrir l'intégralité des besoins (en particulier en hiver) : un premier ballon de stockage solaire est généralement placé en amont d'un deuxième ballon d'appoint qui assure le maintien en température de consigne de l'eau chaude. Il est également possible d'installer un seul ballon qui intègre un deuxième échangeur ou une résistance électrique.



Chauffe-eau solaire sur des maisons (premier plan) et un immeuble de logement.



Capteurs solaires destinés à la production d'eau chaude sanitaire pour un hôtel.

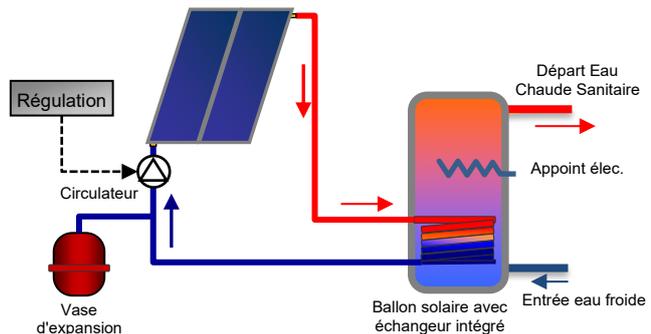


Schéma de principe d'une chauffe-eau solaire individuel avec appoint électrique

AVANTAGES DU SOLAIRE THERMIQUE

La production de chaleur par le biais de capteurs solaires thermiques présente les avantages suivants :

- la source d'énergie utilisée est renouvelable et gratuite, aucune pénurie ou fluctuation des prix n'est à craindre,
- le processus de production de chaleur n'a aucun impact sur l'environnement (pas de rejets polluants, pas de déchets, etc.),
- quelle que soit l'énergie substituée (électricité, fioul ou gaz), les rejets de gaz à effet de serre évités sont importants,
- dans le secteur de l'habitat, les lave-vaisselle et lave-linge peuvent aussi bénéficier de l'eau chaude solaire,
- Sur les maisons neuves la consommation d'eau chaude représente plus de 20% des besoins énergétiques, le solaire thermique permet de réduire de 60% ces consommations.

ELEMENTS ECONOMIQUES

- Chauffe-eau solaire individuel (CESI) : 1 000 € HT/m² (3m² pour un ménage de 4 personnes)
- Système solaire combiné (SSC) : 900 €HT/m² (chauffage et eau chaude sanitaire)
- Chauffe-eau solaire collectif (CESC) : entre 800 et 1000 €HT/m²
- Chauffage de l'eau des piscines : 200 €HT/m²

La rentabilité dépend de l'énergie actuellement utilisée.

INFORMATIONS

Fabricants français de panneaux solaires thermiques :

- HelioFrance, Giordano, Solisart, DualSun (capteurs bi-énergie)

Rejets de CO₂ évités pour une installation de 3 m² suivant différentes énergies substituées :

- Fioul : 435 kgCO₂/an
- Gaz propane : 356 kgCO₂/an
- Gaz naturel : 310 kgCO₂/an
- Electricité : 70 kgCO₂/an

14.2.1 PRODUCTIBLE SOLAIRE THERMIQUE

Le productible solaire thermique est illustré via deux exemples : une installation individuelle et une installation collective, produisant toutes deux de l'eau chaude sanitaire. Les simulations sont réalisées avec SOLO 2000.

- **Chauffe-eau solaire individuel (CESI)**

L'installation présente les caractéristiques suivantes :

- 4 m² de capteurs,
- Orientation sud et inclinaison à 45°,
- Ballon de stockage de 200 litres,
- Consommation de 170 litres par jour (ces besoins correspondent à ceux d'une famille de 4 personnes),
- Température de consigne de 60°C.

Avec les hypothèses mentionnées ci-dessus, l'installation produira 1 480 kWh/an, soit 51% des besoins en eau chaude sanitaire de la famille considérée (15% de couverture solaire en décembre et 83% en juillet). La productivité des capteurs est de 370 kWh/m².

- **Chauffe-eau solaire collectif (CESC)**

L'installation présente les caractéristiques suivantes :

- 40 m² de capteurs,
- Orientation sud et inclinaison à 45°,
- Ballon de stockage de 3 000 litres,
- Consommation de 2 000 litres par jour (ces besoins correspondent à ceux d'un immeuble de 16 appartements de type T3),
- Température de consigne de 50°C.

Avec les hypothèses mentionnées ci-dessus, l'installation produira 17 138 kWh/an, soit 50% des besoins en eau chaude sanitaire considérés. La productivité des capteurs est de 428 kWh/m².

14.2.2 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. Le tableau suivant résume ces enjeux et leur niveau de contrainte.

Sur le territoire du Kochersberg-Ackerland, il n'y a qu'un site inscrit et plusieurs monuments historiques.

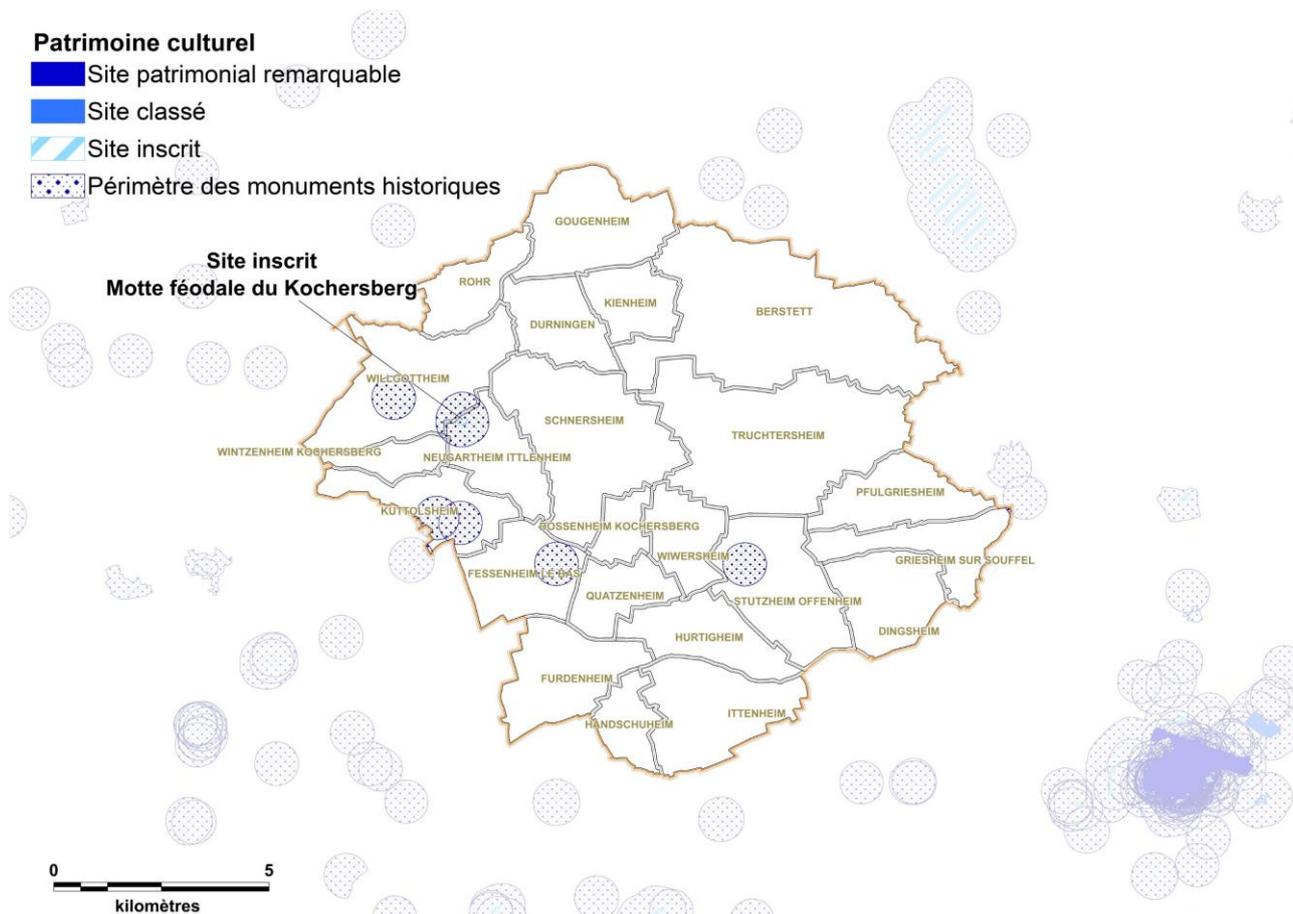


Type de protection	Définition	Objectifs	Procédures	Principes à respecter pour l'implantation de capteurs
<p>Sites patrimoniaux remarquables</p> <p>Loi du 7 juillet 2016</p> <p>ENJEU REDHIBITOIRE</p>	<p>Les sites patrimoniaux remarquables sont « les villes, villages ou quartiers dont la conservation, 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>■ ■ ■ ■ ■</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>Site inscrit Articles L341-1 à L341-22 du code de l'environnement Sur les bâtiments</p> <p>■ ■ ■ ■ ■</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.</p> <p>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>

La carte suivante met en évidence les contraintes patrimoniales impactant les bâtiments du territoire.



Contraintes patrimoniales pour l'installation de capteurs solaires thermiques ou modules photovoltaïques

Le croisement de la cartographie des contraintes patrimoniales et de la cartographie des bâtiments existants (constituée à partir de la BDTopo de l'IGN) permettent 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 92% de toitures libres de toute contrainte pour l'installation de capteurs solaires (thermiques ou photovoltaïques). Les 8% de bâtiments en « implantation délicate » peuvent tout de même accueillir ce type d'installation s'il n'y a pas de covisibilité directe entre le monument historique et l'installation des capteurs solaires. 0,04% des toitures sont dans le périmètre du site inscrit sur la commune de Neugartheim Ittlenheim.

A noter qu'il n'y a pas de site patrimonial remarquable sur le territoire, ni de site classé.

Enjeux du patrimoine culturel pour l'implantation de capteurs solaires	Surface (m²)	
Implantation très difficile	0	0%
Implantation difficile	899	0,04%
Implantation délicate	194 927	8%
Pas de contrainte	2 222 020	92%
Total	2 417 846	

Tableau des enjeux patrimoniaux pour l'implantation de capteurs solaires

14.2.3 SYNTHÈSE DES CONTRAINTES POUR LES BÂTIMENTS

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

Typologie de bâtiment	Surface sans aucune contrainte (m ²)	en % de la surface totale de la typologie
Maison	1 358 416	100,0%
Logements collectifs	156 323	100,0%
Immeuble	227 682	100,0%
Bâtiment industriel	148 049	100,0%
Bâtiment commercial	106 175	100,0%
Bâtiment sportif	18 959	100,0%
Bâtiment agricole	304 680	100,0%
	2 320 284	

Surfaces favorables à la mise en place de panneaux solaires

14.2.4 SYNTHÈSE DES GISEMENTS THÉORIQUES

Le tableau suivant présente les gisements théoriques du solaire thermique par typologie de bâtiment. La première ligne « dans l'existant » représente le nombre d'installations solaire thermique que l'on pourrait aujourd'hui réaliser en théorie sur les bâtiments existants. La deuxième ligne « sur le neuf par an » représente ce que l'on pourrait faire chaque année sur les constructions neuves.

INSTALLATIONS SOLAIRES THERMIQUES										TOTAL
		CHAUFFE-EAU SOLAIRE INDIVIDUEL*	CHAUFFAGE ET EAU CHAUDE SOLAIRE MAISON INDIVIDUELLE**	EAU CHAUDE SOLAIRE COLLECTIVE*** (privé+HLM)	EAU CHAUDE SOLAIRE COLLECTIVE TERTIAIRE	Agricole (ECS et séchage)	CHAUFFAGE DE L'EAU DES PISCINES	Haute température (industrie)	Centrale solaire thermique	
dans l'existant	nombre :	8 007	2 870	114	45	49	0	540 m ²	0	11 094
	surface totale* :	23 926 m ²	51 491 m ²	1 884 m ²	2 216 m ²	392 m ²	0 m ²	0 m ²	0 m ²	80 449 m ²
	MWh/an :	8 374	16 477	942	1 108	196	0	378	0	27 475 MWh/an
sur le neuf par an	nombre :	110		8	1			0		119
	surface totale* :	255 m ²		74 m ²	10 m ²			15 m ²		354 m ²
	MWh/an :	89		37	5			10		141 MWh/an

* 4 m² par installation pour un chauffe-eau solaire

** 13 m² par installation pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire

*** 0,6 m² par logement en moyenne pour l'eau chaude solaire collective

Source : Axceléo

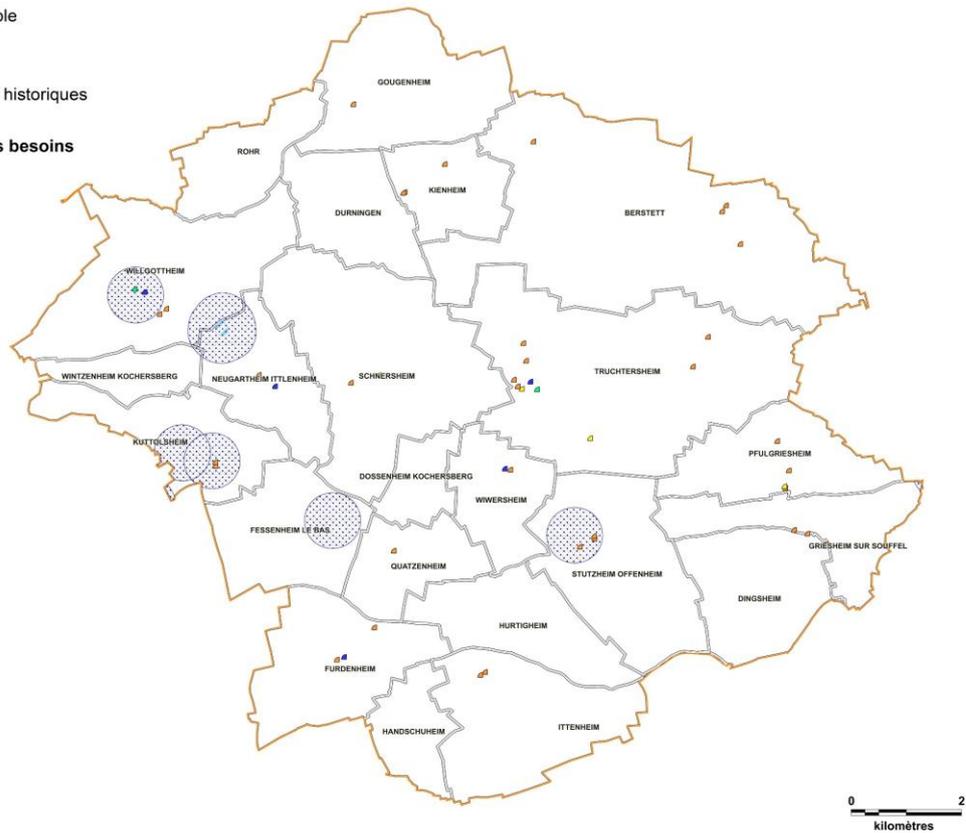
Remarques :

- On considère que l'investissement dans un système solaire combiné 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.

14.2.5 CARTOGRAPHIES DES POTENTIELS SUR LES BATIMENTS TERTIAIRES PUBLICS ET PRIVÉS

La carte ci-dessous présente les nombreux bâtiments tertiaires existants pouvant être équipés d'une installation solaire thermique (crèche, maison de retraite, salle de sport, école élémentaire, etc.)

- Patrimoine culturel**
- Site patrimonial remarquable
 - Site classé
 - Site inscrit
 - Périmètre des monuments historiques
- Bâtiments tertiaires ayant des besoins d'eau chaude sanitaire**
- Public
 - Public_Commune
 - Public_Privé
 - Privé



L'ENERGIE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE

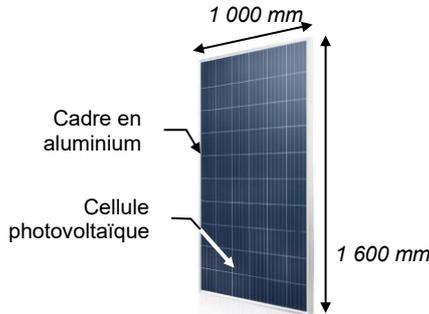
DESCRIPTION DE LA TECHNOLOGIE

Une **cellule photovoltaïque** est composée d'un matériau semi-conducteur qui absorbe l'énergie lumineuse du soleil et la transforme en électricité.

Lorsqu'une cellule est exposée au rayonnement solaire, les photons de la lumière viennent frapper sa face avant. L'énergie des photons est partiellement transmise aux électrons qui se déplacent de la face arrière de la cellule à la face avant. C'est ce déplacement des électrons qui crée un courant électrique.



Cellule de 166 mm x 166 mm et d'épaisseur 0,1 mm



Un module polycristallin de 1,6 m² et d'une puissance de 320 Wc (rendement de 20%)

Chaque cellule photovoltaïque ne génère qu'une petite quantité d'électricité. Elles sont donc assemblées en série pour constituer **un module photovoltaïque**, qui se compose généralement d'un circuit de 60 cellules (ou 120 demi-cellules). Le matériau utilisé étant très fragile, les cellules sont encapsulées entre une plaque de verre et un matériau composite. Il existe des modules bi-verre plus résistant et permettant de laisser passer une partie du rayonnement entre les cellules. Un cadre en aluminium permet la fixation de ce module sur différents types de supports. Des modèles sans cadre permettent différentes variantes pour l'intégration architecturale.

Un **générateur photovoltaïque** est composé d'un champ de modules, de structures rigides (fixes ou mobiles) pour poser les modules, du câblage, et des onduleurs qui permettent de convertir le courant continu en courant alternatif compatible avec le réseau électrique.

Les matériaux employés (verre, aluminium) résistent aux pires conditions climatiques (notamment à la grêle). Les modules photovoltaïques sont généralement garantis 25 ans et leur durée de vie est d'environ 30 ans.

MODE DE VALORISATION DE L'ELECTRICITE PRODUITE

Historiquement, avec des tarifs d'achats très avantageux, il était économiquement plus viable de vendre en totalité l'électricité produite à EDF ou aux Entreprises Locales de Distribution (Régie d'électricité). Ainsi depuis 2006, la plupart des projets ont été conçus sur ce principe.

Avec la baisse des coûts des modules photovoltaïques (plus de 80% depuis 2010), la production d'énergie photovoltaïque devient désormais compétitive avec le coût de l'électricité du réseau. Il devient intéressant économiquement d'autoconsommer sa production plutôt que de vendre la totalité de son courant. Les différents modes de valorisation de l'électricité produite sont présentés à la page suivante.

AVANTAGES DU SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE

La production d'électricité à partir de l'énergie radiative du soleil par l'intermédiaire de modules photovoltaïques présente des avantages importants :

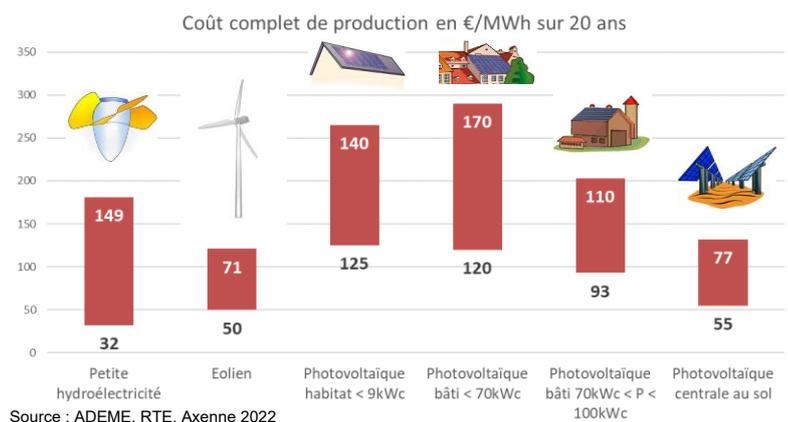
- la source d'énergie utilisée est renouvelable, aucune pénurie ou fluctuation des prix n'est à craindre,
- la production d'électricité est réalisée sans qu'il n'y ait aucune pièce en mouvement, ce qui entraîne des frais de maintenance excessivement faibles et une exploitation aisée (les modules sont auto-nettoyés avec la pluie),
- le processus de production d'électricité n'a aucun impact sur l'environnement (ni rejet polluant, ni déchet, ni bruit, etc.),
- ce qui est produit est généralement consommé sur place, ce qui présente un intérêt du point de vue électrique puisque les pertes dans les câbles sont très faibles (contrairement au mode de production décentralisée, ex : centrale nucléaire).

IDEE REÇUES

Ce n'est pas la chaleur du soleil mais bien les photons de lumière qui sont exploités. D'ailleurs plus la température de la cellule augmente plus son rendement diminue.

ELEMENTS ECONOMIQUES

Coût complet moyen de production d'un mégawatt-heure de différents types d'installation photovoltaïque et comparée avec d'autres modes de production d'électricité (plage de valeur en fonction de la complexité) :



INFORMATIONS COMPLEMENTAIRES

Fabricants français de panneaux photovoltaïques :

- Voltec Solar, SunPower, (Etats-Unis mais deux sites de production en France), Systovi (capteurs bi-énergie PV + air chaud), DualSun (capteurs bi-énergie PV + eau chaude)

Recyclable à hauteur de 94%

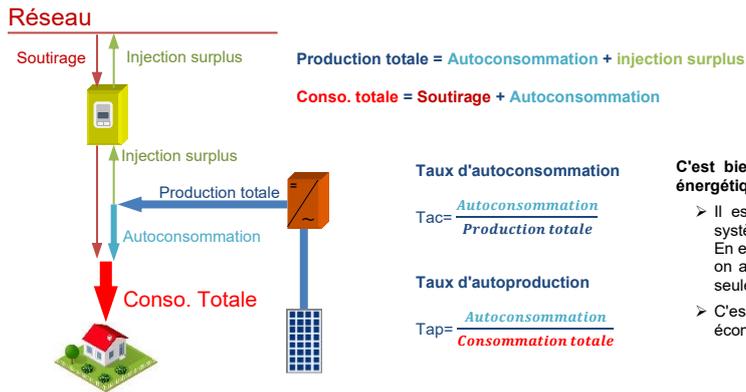
Pas de terre rare dans les modules cristallins

Le temps de retour énergétique < 2 ans

Emissions de CO₂ dues à la fabrication : entre 30 et 46 gCO₂

Rejets de CO₂ évités sur le parc électrique : 480 gCO₂/kWh

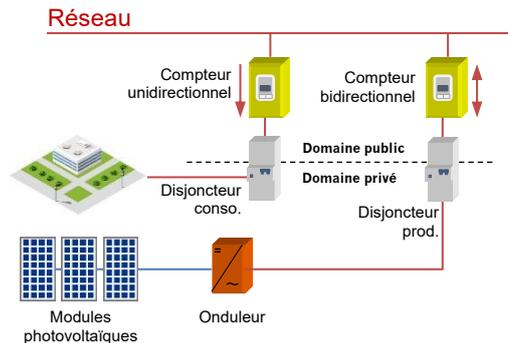
Schéma de principe d'une installation photovoltaïque



C'est bien le Taux d'autoproduction qui importe sur le plan énergétique et économique :

- > Il est important qu'il soit le plus élevé, cela signifie que le système photovoltaïque couvre le maximum des besoins du site. En effet, en ne mettant par exemple que 100Wc sur une maison on atteint un taux d'autoconsommation de 100% mais de 1% seulement pour le taux d'autoproduction.
- > C'est le taux d'autoproduction qui permet d'estimer les économies sur les kWh soutirés au réseau.

Les différents modes de valorisation d'une installation photovoltaïque

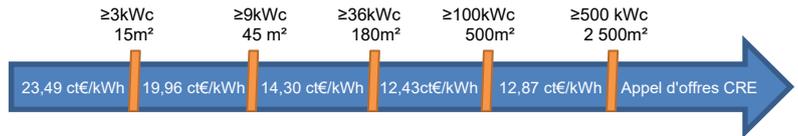


VENTE EN TOTALITE :

- la production photovoltaïque est complètement dissociée de la partie consommation du client,
- toute la production est injectée sur le réseau, mais les électrons se dirigent directement vers les équipements au plus proche (a priori dans le bâtiment s'il y a une consommation ou chez le plus proche voisin qui consomme),
- il y a des frais pour le deuxième compteur de production de l'énergie.

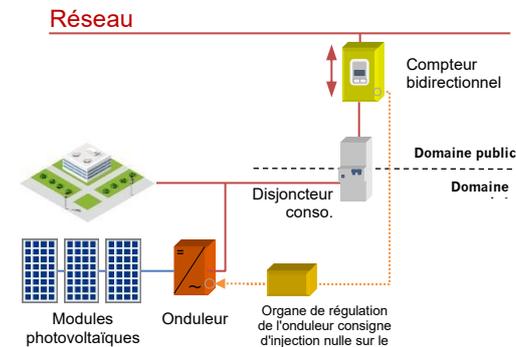
Les tarifs d'achat de l'électricité photovoltaïque sont modifiés tous les trois mois.

Tarif en vigueur entre le 01/02/2023 et le 30/04/2023



Entre 100kWc et 500 kWc l'énergie est plafonnée à 1 100 heures/kWc

Source : <https://www.les-energies-renouvelables.eu/conseils/photovoltaïque/tarif-rachat-electricite-photovoltaïque/>



AUTOCONSOMMATION ET VENTE EVENTUELLE DU SURPLUS :

- la production photovoltaïque est en partie ou en totalité autoconsommée,
- si la production photovoltaïque excède la consommation du bâtiment, le surplus est comptabilisé par le compteur Linky est vendu à EDF ou aux Entreprises Locales de Distribution,
- lorsque le producteur s'est engagé à ne rien injecter sur le réseau, il y a alors un organe de régulation de l'onduleur qui régule la puissance de l'onduleur,
- il y a un seul compteur Linky qui se charge de comptabiliser la consommation et le surplus injecté sur le réseau.

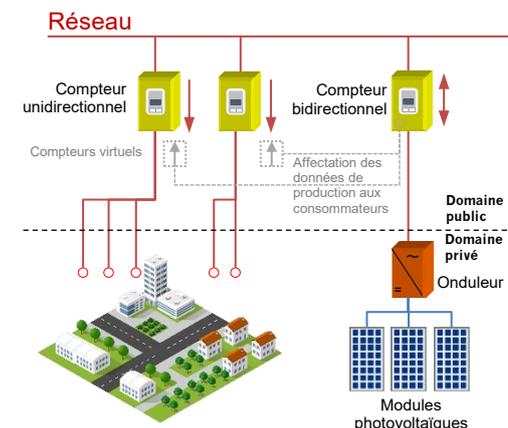
Les tarifs d'achat de l'électricité photovoltaïque sont modifiés tous les trois mois.

Tarif en vigueur entre le 01/02/2023 et le 30/04/2023



La prime est versée en une seule fois par l'acheteur.

Source : <https://www.les-energies-renouvelables.eu/conseils/photovoltaïque/tarif-rachat-electricite-photovoltaïque/>



AUTOCONSOMMATION COLLECTIVE :

- suivant les profils de consommation des différents consommateurs, on définit une clé de répartition de la production photovoltaïque à chacun d'entre eux,
- les kWh injectés par la production photovoltaïque sur le réseau public sont répartis selon la clé de répartition définie : c'est le principe de compteurs virtuels,
- dans l'idéal, la production photovoltaïque est en totalité autoconsommée,
- si la production photovoltaïque excède les consommations du bâtiment, le surplus est délivré gratuitement au réseau (le gestionnaire peut imposer au producteur de ne rien injecter sur le réseau),
- il y a un seul compteur Linky qui se charge de comptabiliser la consommation et le surplus injecté sur le réseau.

14.3.1 PRODUCTIBLE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE

Le productible solaire photovoltaïque est estimé via PVGIS. Une installation photovoltaïque installée en toiture inclinée à 25° et orientée sud produira 1 218 MWh/an.kWc, tandis qu'une centrale au sol inclinée à 38° (l'optimum) et orientée plein sud produira 1 287 MWh/an.kWc.

Au-delà de ces exemples, il faut noter que les systèmes photovoltaïques peuvent également s'intégrer au bâti en façade, en brise-soleil, en garde-corps, etc. Les systèmes en brise-soleil offrent l'avantage d'une deuxième fonction donnée aux modules sans pour autant perdre en production puisqu'ils peuvent être inclinés de manière favorable pour une production optimum. Cela n'est pas le cas des systèmes d'intégration en façade ou en garde-corps qui sont fixes avec une inclinaison de 90° assez défavorable à la production photovoltaïque (la perte atteint 30% par rapport à une inclinaison optimum à 38°).

14.3.2 GISEMENTS THEORIQUES DES INSTALLATIONS PHOTOVOLTAÏQUES

14.3.3 METHODOLOGIE : EXEMPLE DES IMMEUBLES EXISTANTS

- **Gisement théorique des installations photovoltaïques sur les immeubles existants (cartographie des bâtiments)**

Tous les immeubles sont susceptibles d'être équipés d'un générateur photovoltaïque, il faut donc simplement tenir compte des contraintes réglementaires et techniques (travail réalisé dans l'approche cartographique) afin de déterminer le gisement théorique pour cette catégorie de projets. Il s'agit aussi bien des immeubles de logements que des immeubles tertiaires (bureaux, bâtiments sportifs, etc.).

Les cibles sont les surfaces de toitures existantes par catégorie, pondérées :

- par le coefficient déterminé dans l'approche cartographique (100% pour les immeubles, 100 % pour les bâtiments sportifs)
- de 40 % pour les immeubles, quelle que soit la toiture (terrasse ou inclinée). Dans le premier cas, les lanterneaux, conduits de ventilation et cages d'ascenseur viennent limiter la surface disponible. Dans le second cas, seul un pan de la toiture est équipé, et il faut tenir compte de la présence d'une éventuelle cheminée ou de velux,
- de 60 % sur les bâtiments sportifs qui sont généralement moins contraints par les lanterneaux, conduits de ventilation et cages d'ascenseur.

x 100% x 40% ou x 100% x 60%



PHOTOVOLTAÏQUE SUR LES BÂTIMENTS EXISTANTS		
Type de Bâtiment	Immeuble (logements, bureaux, hôpitaux, etc.)	Bâtiments sportifs & tribunes
Nombre de m ² de toiture (cible totale)	384 005	18 959
Gisement net (nb m² de toiture exploitable)	153 602	11 375
Gisement net pour les installations photovoltaïques (nb d'installations)*	770	57

*200 m² sur un immeuble, 500 m² sur un bâtiment sportif

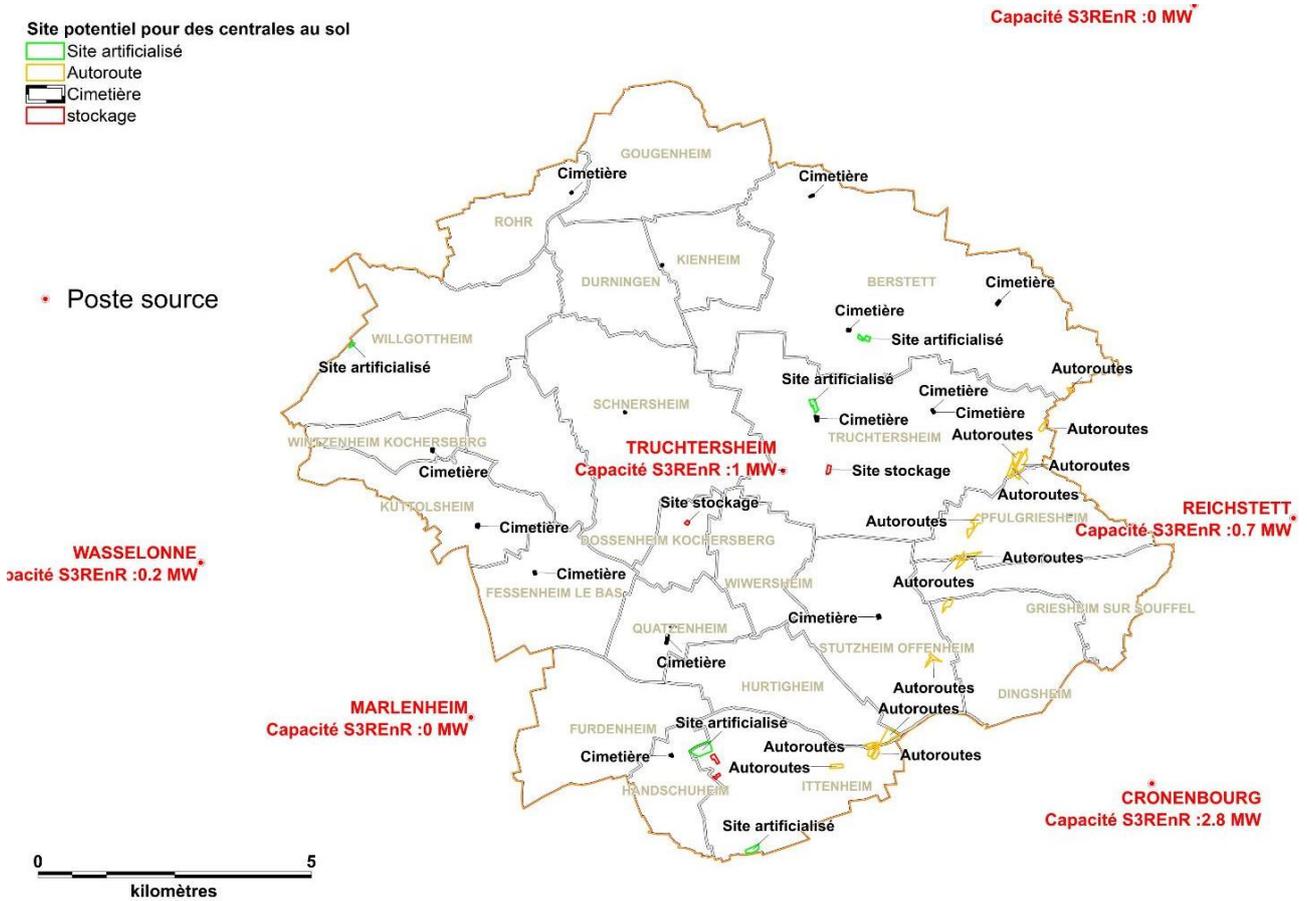
Gisement théorique pour les installations photovoltaïques sur les bâtiments existants

14.3.4 OMBRIERES PHOTOVOLTAÏQUES

Les parkings de grande surface attenants à des bâtiments commerciaux ont été localisés via la BDTopo et tous les autres parkings ont été localisés avec l'orthophotographie. Nous avons recensé 3 grands parkings pour une puissance théorique de 1,1MWc. Ces trois parkings font plus de 1 500m² chacun, ils devront être équipés d'une ombrière photovoltaïque (article 40 de la loi relative à l'accélération de la production d'énergies renouvelables).

14.3.5 LES CENTRALES AU SOL

Il n'y a pas de projet en cours de centrale photovoltaïque au sol sur le territoire. La carte ci-dessous présente les sites que nous avons identifié qui pourraient éventuellement se prêter à une centrale photovoltaïque au sol. En rouge sont indiquées les capacités de raccordement au poste source pour les projets supérieur à 10 MW.



Potential des centrales photovoltaïques au sol hors agrivoltaïsme

14.3.6 L'AGRIVOLTAÏSME

Le cadre réglementaire du développement de l'agrivoltaïsme a été défini dans la loi relative à l'accélération de la production d'énergies renouvelables et retranscrit dans le code de l'énergie (article L314-36) :

I.-Une installation agrivoltaïque est une installation de production d'électricité utilisant l'énergie radiative du soleil et dont les modules sont situés sur une parcelle agricole où ils contribuent durablement à l'installation, au maintien ou au développement d'une production agricole.

II.-Est considérée comme agrivoltaïque une installation qui apporte directement à la parcelle agricole au moins l'un des services suivants, en garantissant à un agriculteur actif ou à une exploitation agricole à vocation pédagogique gérée par un établissement relevant du titre 1er du livre VIII du code rural et de la pêche maritime une production agricole significative et un revenu durable en étant issu :

- 1° L'amélioration du potentiel et de l'impact agronomiques ;*
- 2° L'adaptation au changement climatique ;*
- 3° La protection contre les aléas ;*
- 4° L'amélioration du bien-être animal.*

III.-Ne peut pas être considérée comme agrivoltaïque une installation qui porte une atteinte substantielle à l'un des services mentionnés aux 1° à 4° du II ou une atteinte limitée à deux de ces services.

IV.-Ne peut pas être considérée comme agrivoltaïque une installation qui présente au moins l'une des caractéristiques suivantes :

- 1° Elle ne permet pas à la production agricole d'être l'activité principale de la parcelle agricole ;*

2° Elle n'est pas réversible.

V.-Un décret en Conseil d'Etat détermine les modalités d'application du présent article. Il précise les services mentionnés aux 1° à 4° du II ainsi qu'une méthodologie définissant la production agricole significative et le revenu durable en étant issu. Le fait pour la production agricole d'être considérée comme l'activité principale mentionnée au 1° du IV peut s'apprécier au regard du volume de production, du niveau de revenu ou de l'emprise au sol. Il détermine par ailleurs les conditions de déploiement et d'encadrement de l'agrivoltaïsme, en s'appuyant sur le strict respect des règles qui régissent le marché du foncier agricole, notamment le statut du fermage et la mission des sociétés d'aménagement foncier et d'établissement rural, la politique de renouvellement des générations et le maintien du potentiel agronomique actuel et futur des sols concernés. Ce décret prévoit, enfin, les modalités de suivi et de contrôle des installations ainsi que les sanctions en cas de manquement.

Au-delà de ce cadre réglementaire, on peut citer de nombreux organismes qui ont travaillé à l'élaboration de chartes, guides ou encore état de l'art, pour qualifier les projets agrivoltaïques vertueux :

- L'AFNOR vient d'établir un référentiel label projet agrivoltaïque permettant de qualifier un projet agrivoltaïque qui favorise la production agricole,
- L'association France Agrivoltaïsme milite pour des projets vertueux et propose une définition de l'agrivoltaïsme : "Il s'agit de l'ensemble des techniques utilisant tout outil de protection et de régulation agro-climatique d'activités agricoles, qui produit à titre secondaire de l'électricité photovoltaïque",
- L'Ademe diffuse un état de l'art pour « Caractériser les projets photovoltaïques sur terrains agricoles et l'agrivoltaïsme », cet état de l'art fait l'objet d'un résumé, d'un rapport et d'un guide de classification,

Enfin, la loi Climat et résilience comporte plusieurs dispositions afin d'atteindre les objectifs de réduction d'artificialisation des sols.

Dans ce cadre, afin de ne pas faire obstacle à leur développement, les installations solaires ne seront pas comptabilisées dans la consommation d'espaces naturels, agricoles et forestiers si leurs caractéristiques garantissent l'absence d'effets durables sur les fonctions écologiques du sol, et si, lorsqu'elles sont implantées dans un milieu agricole, elles ne sont pas incompatibles avec l'exercice d'une activité agricole ou pastorale.

Le principe est le même que celui d'une centrale photovoltaïque au sol, à la différence près que la surface utilisée est principalement valorisée par une activité agricole. Cela peut se faire de plusieurs manières : implémentation de panneaux sur serres, mise en place de structures photovoltaïques au-dessus des plantations, ou encore partage de la surface avec des troupeaux d'élevage (souvent de type ovin).

- Pour les serres, le concept s'est beaucoup développé dans le cadre des tarifs de rachat garantis sans prise en compte de l'intérêt agronomique et de l'impact du manque de luminosité pour les cultures. On a vu des serres qui étaient des prétextes à l'installation de modules photovoltaïques sans qu'il n'y ait aucune culture en dessous.



Contre-exemple de photovoltaïque sur serre



Projet cohérent sur la commune de Saugon (dpt 33)

- Pour pallier ces dérives, la filière agrivoltaïque s'est penchée sur des modules qui peuvent être orientés/déplacés selon l'intérêt des cultures, et ainsi éviter les « excès » climatiques. Le fait d'avoir le contrôle sur l'inclinaison des modules permet d'avoir une satisfaction homogène des besoins radiatifs des cultures se trouvant sous les modules. Les modules photovoltaïques permettent d'augmenter la production agricole par un contrôle de la photosynthèse et de lutter contre la grêle et la sécheresse. L'Ademe finance en ce moment même des études pour vérifier l'intérêt agronomique de ce modèle, ainsi que sa viabilité économique. Les résultats ne sont pas encore connus. Les démonstrateurs ont été mis en place sur différents types de culture : viticulture, arboriculture, maraîchage et grandes cultures.



Exemple d'agrivoltaïsme, avec modules à inclinaison contrôlable

- L'autre moyen de faire cohabiter agriculture et photovoltaïque relève de l'élevage en plein air. La centrale est alors posée au sol, sur une parcelle où les troupeaux viennent paître entre les lignes de modules. Différents exemples ont été répertoriés en France.



Exemple de cohabitation entre moutons et centrale photovoltaïque

Pour ces deux derniers cas, l'intérêt agronomique doit rester la priorité pour que le projet ne soit pas considéré comme une artificialisation nette du sol. En ce sens, le guide de l'Institut de l'Élevage (idele) permet d'apporter bon nombre de réponses ou tout du moins d'éclairages pour une construction avisée des projets : de la conception de la centrale, à l'évolution du système de production agricole en passant par le volet partenarial qui constitue la base de la durabilité du projet.

La production d'électricité via l'agrivoltaïsme présente plusieurs avantages :

- le rendement de la parcelle exploitée augmente inévitablement du fait de l'ajout d'une seconde activité qui ne doit pas réduire l'efficacité de la première.
- le modèle d'agrivoltaïsme sur culture en plein air semble pertinent pour certains végétaux dont la forte exposition au soleil peut être néfaste. Le pilotage via des algorithmes peut permettre de contrôler cet ensoleillement, en le limitant pendant les heures les plus chaudes de la journée par exemple. La structure portant les panneaux pourrait aussi être munie de filets pour protéger de la grêle et de certains nuisibles. Du fait de sa hauteur (supérieure à 5 mètres), la pratique des activités agricoles n'est pas altérée.

- pour l'élevage, l'intérêt est plutôt synergique. Les troupeaux s'occupent de l'entretien de la parcelle et les panneaux leur fournissent un abri. L'herbe à l'ombre sous les panneaux une partie de la journée serait aussi protégée des fortes radiations.
- dans les deux cas, il a été montré que le sol restait plus humide sous les panneaux, car l'ombre réduit l'évaporation. Des économies d'eau peuvent être réalisées.

14.3.7 LE PHOTOVOLTAÏQUE FLOTTANT OU FLOTTOVOLTAÏQUE

Le principe est le même que celui d'une centrale photovoltaïque au sol, à la différence près que les panneaux reposent sur des structures qui flottent sur une étendue d'eau. Ces structures ont été conçues de manière à résister à certains seuils de vents et de hauteur de vagues. L'agglomération des panneaux et de leurs flotteurs est ancrée au fond du bassin ou peut encore être rattachée aux rives, en fonction des données bathymétriques et topographiques. Des poids peuvent être rajoutés aux câbles pour réduire la mobilité de la structure.

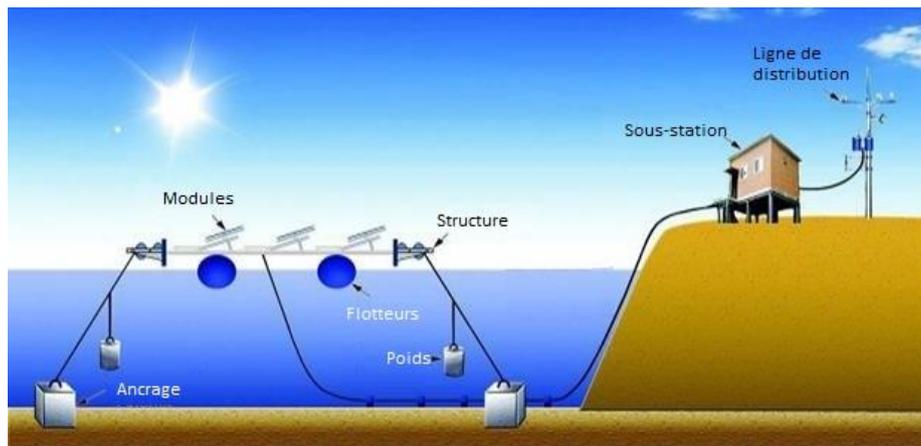


Schéma d'une installation photovoltaïque flottante

La production d'électricité via une centrale photovoltaïque flottante présente plusieurs avantages :

- comparativement à une centrale au sol, le rendement des modules photovoltaïques est plus intéressant, du fait d'un refroidissement plus important grâce à la présence d'eau.
- elle permet de valoriser des surfaces sans conflit d'usage : plan d'eau de carrière, artificiel, ou encore dans un environnement industriel, des réservoirs d'irrigation ou de barrages hydroélectriques. Ces sites sont généralement situés à l'écart des habitations, les enjeux environnementaux souvent restreints, et de grandes superficies peuvent être disponibles.
- la présence des modules permet de réduire l'évaporation du bassin et la prolifération d'algues, de par l'ombre prodiguée.

La technologie est au point, plusieurs installations ont déjà été mises en service en France, la plus connue étant celle de Piolenc (Vaucluse), avec 17 Mwc installés sur 17 hectares.

Les surfaces ciblées sont généralement les plans d'eau d'origine anthropique, dont la surface n'est pas utilisée pour une autre activité :

- Les réservoirs d'irrigation
- Les réservoirs des barrages hydroélectriques
- Les bassins de traitement d'eau
- Les bassins de carrières ou de mines (ex : gravières)
- Les bassins d'origine industrielle

Synthèse des sites recensés, pour l'agrivoltaïsme nous avons pris une hypothèse de couvrir 1% des surfaces de vignes et 1% des surfaces de vergers (ces projets n'apparaissent pas sur la carte ci-dessus) :



	Vignes 1% Vergers 1% + agrivoltaïque <i>Corine land cover</i>	Carrière <i>BDTopo, Orthophotos</i>	Enfouissement déchets <i>BDTopo, BASIAS, Orthophotos</i>	Site artificialisé <i>Orthophotos</i>	10% des Plans d'eau <i>Corine Land Cover</i>	Délaissé routier/sncf <i>Orthophotos</i>	Site stockage <i>Orthophotos</i>	Cimetière <i>Orthophotos</i>	Friche <i>Etude ADEME</i>	TOTAL
nombre :	0	0	0	6	0	15	4	17	0	42
surface ha :	3	0	0	14	0	30	3	3	0	53
Puissance MWc :	3	0	0	14	0	30	3	3	0	53
MWh/an :	2 576	0	0	15 140	0	33 931	3 641	3 659	0	58 947 MWh/an

14.3.8 SYNTHÈSE DES GISEMENTS THÉORIQUES

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

INSTALLATIONS PHOTOVOLTAÏQUES		 MAISONS INDIVIDUELLES*	 BATIMENTS**	 EQUIP. CULTURES LOISIRS	 GRANDES TOITURES***	 OMBRIÈRES DE PARKING	 CENTRALE PHOTOVOLTAÏQUE	TOTAL
dans l'existant	nombre :	8 007	770	57	844	3	42	9 723
	surface de modules :	120 102 m ²	153 602 m ²	11 375 m ²	254 030 m ²	6 056 m ²	296 612 m ²	841 777 m ²
	MWh/an :	24 711	31 603	2 340	50 840	1 161	58 947	169 602 MWh/an
sur le neuf par an	nombre :	110	9		3			122
	surface de modules :	2 200 m ²	917 m ²	153 m ²	5 139 m ²			8 409 m ²
	MWh/an :	339	189	31	1 054			1 614 MWh/an

* 3 kWc par installation dans l'habitat

** Bâtiments collectifs de logements et bâtiments publics et privés

*** Industrielles, commerciales et agricoles

Source : Axceléo

Remarques :

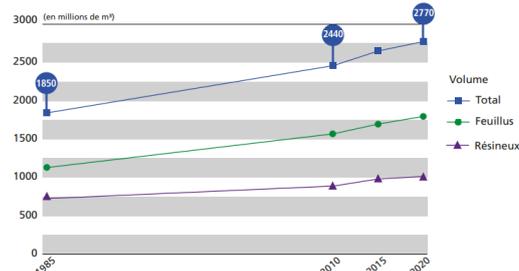
- Le gisement d'installations solaires sur des ombrières est estimé uniquement pour les parkings existants.
- Le gisement théorique pour les centrales au sol apparaît sur la ligne "dans l'existant" puisqu'ils ne seront réalisés qu'une seule fois et non chaque année, comme cela peut être le cas avec la construction des bâtiments neufs.

Il n'y a pas de surface artificialisée importante sur le territoire (ancienne décharge, carrière, friche industrielle, etc.). Dès lors, il faudra peut-être se tourner vers des projets agrivoltaïques vertueux qui devront répondre à des critères stricts de mise en œuvre en permettant d'améliorer les rendements ou tout du moins, sans dégrader la production actuelle.

LA FILIERE BIOMASSE COMBUSTIBLE

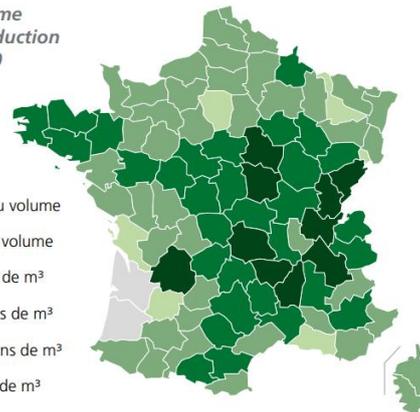
ELEMENTS D'INFORMATION SUR LA RESSOURCE EN BOIS AU PLAN NATIONAL

Evolution du volume de bois total, de feuillus et de conifères, durant les trente dernières années



Depuis plus d'un siècle, la superficie forestière métropolitaine augmente d'environ 80 000 ha par an (soit huit fois la superficie de Paris).

Évolution du volume de la forêt de production entre 1985 et 2020



Cela dit, si on compare deux périodes :

- 2005→2013 ➤ Une baisse de la croissance de la forêt (-3%)
- 2011→2019 ➤ Une hausse de la mortalité (+35%)
- On observe ➤ Une hausse des prélèvements (+18%)

Augmentation du stock de bois sur pied entre 1985 et 2020

Source : <https://www.ign.fr/espace-presse/resultats-2021-de-linventaire-forestier-national-une-croissance-forestiere-sous-surveillance>

LA FILIERE FORET-BOIS

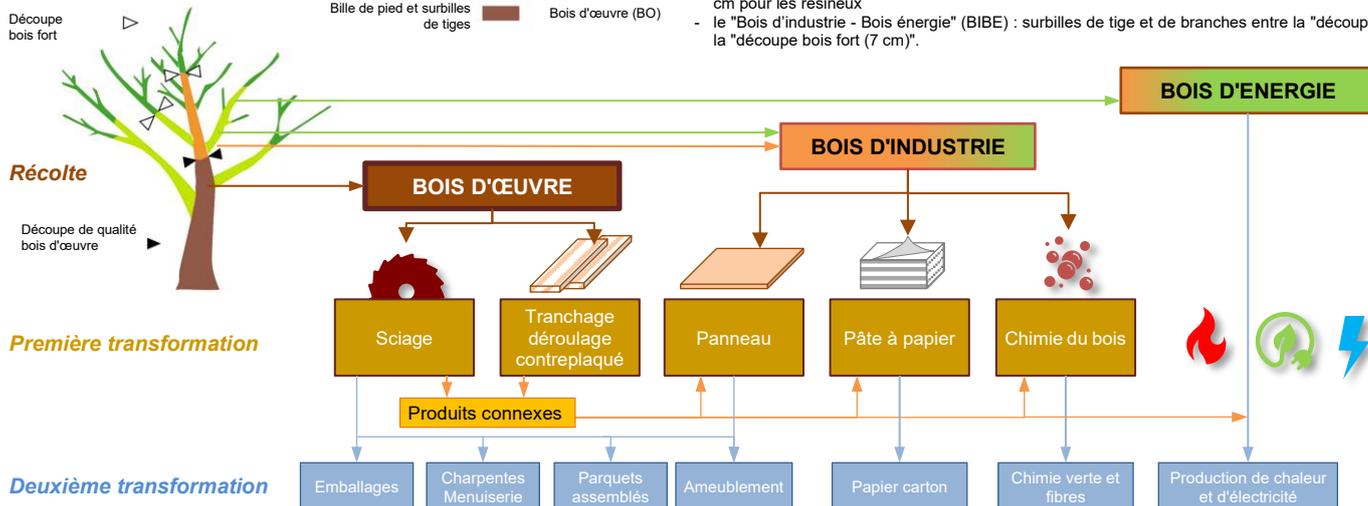
SYLVICULTURE

- Cime et petites branches
- Surbilles de branches
- Autres surbilles de tiges
- Bille de pied et surbilles de tiges

Les cimes et les petites branches (MB - "Menus Bois" de diamètre inférieur à 7 cm) sont exceptionnellement récoltées et constituent les "rémnants". Ils sont généralement laissés sur place et fertilisent le sol.

L'utilisation des produits forestiers porte essentiellement sur deux compartiments :

- le Bois d'œuvre (BO) : billes de pied jusqu'à la "découpe bois d'œuvre" : 20 cm pour les feuillus et 15 cm pour les résineux
- le "Bois d'industrie - Bois énergie" (BIBE) : surbilles de tige et de branches entre la "découpe BO" et la "découpe bois fort".



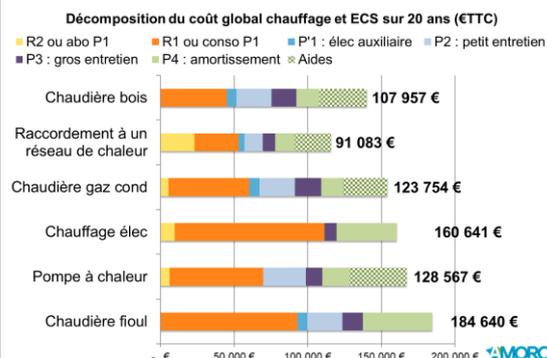
Durant toutes les phases de valorisation du bois ce sont les déchets et le menu bois qui sont utilisés pour être valorisés en chauffage ou production d'électricité.

AVANTAGES DU BOIS ENERGIE

Le bois énergie bénéficie d'atouts indéniables, qui doivent inciter à son développement et à une meilleure utilisation de cette ressource :

- un bilan neutre vis-à-vis des gaz à effet de serre : conventionnellement, l'utilisation de la biomasse est considérée comme neutre du point de vue des émissions de dioxyde de carbone (CO₂) puisque sa combustion émet autant de CO₂ qu'elle n'en a absorbé au cours de sa croissance.
- le développement d'une filière bois locale structurée entraîne toute une économie qui peut bénéficier à tous les acteurs (haies bocagères, filière pour la construction bois et les produits biosourcés, affouage, etc.),
- les progrès techniques et la diffusion massive des matériels ont permis une baisse des coûts d'investissement, une baisse des émissions de particules fines et une amélioration du rendement et du confort pour les utilisateurs (les poêles à granulés sont très faciles à utiliser).

ELEMENTS ECONOMIQUES



Sources : Amorce ENE42_simulateur_cout_global_chauffage_tertiaire

Hypothèses :

- 1 000 m².
- Bâtiment de bureaux.
- 2 400 DJU (besoin de chauffage sur le territoire du SCoT Haute Gironde Blaye-Estuaire).
- Le montant affiché tient compte des aides.

INFORMATIONS

Un poêle labélisé Flame Verte 7* rejette 10 fois moins de particules qu'un appareil acheté en l'an 2000.

3 à 4 fois plus d'emplois avec la filière bois énergie par rapport aux énergies conventionnelles.

Fabricants français de chaudières et poêles bois : Seguin, Invicta, Godin,

15.1 Gisements bruts

D'une manière générale, différents types de gisements peuvent être sollicités pour la production de combustibles biomasse :

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

Après collecte, le bois passe par un certain nombre d'étapes (broyage, séchage, etc.) pour être transformé en un combustible qui prendra le plus souvent la forme de plaquettes ou de granulés.

15.1.1 RESSOURCES BOIS-ENERGIE SUR LE GRAND-EST

Ce paragraphe a été rédigé sur la base de la synthèse de l'observatoire bois d'industrie et bois énergie du Grand-Est – données 2018 (https://fibois-grandest.com/wp-content/uploads/2021/05/Synthese_Observatoire-BIBE-2018_VF.pdf).

Bois bûche :

20 % des ménages du Grand Est utilisent le bois énergie comme source de chauffage principal ou d'appoint. Ils consomment environ 3,6 millions de tonnes de bois par année. Le combustible utilisé de manière très majoritaire est le bois bûche : il représente 90 % du bois utilisé par les particuliers.

Bois déchiqueté :

Le fort développement du marché des plaquettes forestières observé entre 2008 et 2014 a eu tendance à ralentir entre 2014 et 2018. En effet, les volumes produits entre 2008 et 2014 avaient été multipliés par 5 (de 133 000 t à 750 000 t), alors qu'entre 2014 et 2018 les volumes produits sont globalement restés stables (multipliés par 1,2).

Cette tendance peut s'expliquer par :

- La saturation des marchés du bois de qualité BIBE ;
- La baisse de la consommation de bois énergie due aux hivers doux ;
- La diminution du prix des énergies fossiles ;
- La diminution du nombre de projets de chaufferies bois installées depuis plusieurs années.

Les professionnels du secteur font face à de réelles difficultés pour écouler leurs produits et il est nécessaire de trouver des solutions afin de proposer de nouveaux débouchés viables et pérennes.

Connexes de première transformation :

De manière générale, la quantité de produits connexes issus de la 1^{re} transformation du bois (plaquettes, sciures, écorces...) a baissé dans le Grand Est entre 2008 et 2018, du fait d'une activité globalement plus faible des scieries¹. Cependant, la quantité de connexes valorisés sous forme de bois énergie a augmenté en volume et en proportions (par rapport aux autres usages des connexes). Cette proportion est passée de 13 % de connexes valorisés sous forme d'énergie en 2008 à 34 % en 2018. Depuis 2020, l'augmentation de l'activité de sciage, notamment dans les scieries résineuses, implique une augmentation de la quantité de connexes produits, qui vont donc devoir trouver de nouveaux débouchés. A cela s'ajoute une saturation des marchés de la plaquette forestière et une baisse annoncée de l'approvisionnement en bois de certaines industries lourdes. Un nouvel enjeu se dessine donc pour les années à venir : la mise en place de nouveaux débouchés, mais aussi la valorisation le plus possible en interne, et dès que cela est possible, des connexes des scieries

Les granulés de bois :

Avec près de 162 000 tonnes produites en 2018, la production de granulés de bois par les entreprises du Grand Est a été multipliée par 3 depuis 2012, mais uniquement par 1,1 en deux ans. En 2018, la production de granulés bois du Grand Est représente 11 % de la production nationale. Elle permet de couvrir les besoins des ménages du Grand Est (consommation en 2018 estimée à 150 000 tonnes environ).

A noter que la capacité de production maximale des entreprises interrogées n'est pas forcément atteinte et que de nouveaux projets de fabrication de granulés pourraient voir le jour dans les années à venir.

Par ailleurs, une progression de la demande en granulés pourrait se mettre en place dans les années à venir, notamment dans le cadre de la mise en route de la RE2020 (réglementation environnementale 2020), qui favoriserait a priori l'usage des énergies renouvelables comme le bois au lieu du gaz et du fioul. Cela s'opérerait donc potentiellement à la faveur du remplacement d'appareils de chauffage au fioul ou au gaz par des appareils automatiques au granulé par exemple. A l'échelle du chauffage collectif, le granulé commence à se développer aussi.

La capacité de production des entreprises en place et les projets de fabrication de granulés internes à la région et limitrophes laissent penser que l'offre restera suffisante dans les années à venir.

A la lecture de la synthèse de l'observatoire bois d'industrie et bois énergie du Grand-Est, on ne peut qu'être rassuré sur la capacité du territoire à trouver facilement un combustible bois de qualité quelque soit sa forme (bûches, plaquette ou granulés).

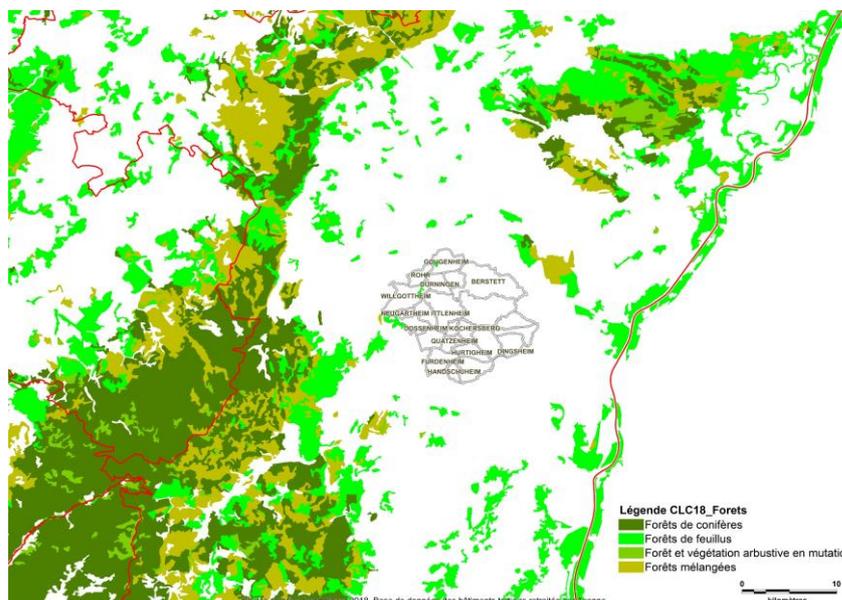
15.1.2 RESSOURCES BOIS-ENERGIE SUR LE KOCHERSBERG-ACKERLAND

Le territoire Kochersberg-Ackerland n'est pas un territoire de forêt, celle-ci ne couvre que 1% de la superficie totale du territoire avec environ 120 hectares de feuillus.

Les linéaires de haies sont cependant conséquents avec plus de 200km. Ces haies peuvent être mobilisées pour de la production de bois énergie.

La cartographie ci-contre présente en synthèse le boisement sur le territoire. La forêt occupe moins de 1% de la superficie du territoire. Toutefois on constate qu'à proximité du territoire de nombreuses forêts sont présentes :

- forêt de Westhoffen.
- forêt domaniale de Haslach
- forêt communale de Weitbruch,
- etc.



Occupation de la forêt sur le territoire (source : Corine Land Cover 2018)

15.2 Gisements théoriques pour les installations

15.2.1 CONTRAINTES

On considère que les **maisons existantes** équipées de chaudières au fioul ou au gaz propane pourront s'équiper d'une chaudière automatique au bois lors du renouvellement de la chaudière. On ne considère que les maisons ayant une surface suffisante (minimum 150 m² au sol) pour que les besoins de chauffage justifient une chaudière bois et pour permettre l'implantation du silo de stockage du combustible.

L'installation d'une chaudière automatique au bois sur un **bâtiment collectif**, tel qu'une école ou une maison de retraite, se heurte à différentes contraintes :

- accessibilité du camion qui viendra livrer le combustible (route étroite, etc.),
- le retournement du camion sur le site pour la livraison du combustible,
- l'implantation du silo,
- le bruit occasionné par la chaudière, la cheminée,
- l'acceptabilité des riverains,
- les autres servitudes (patrimoine culturel, etc.).

15.2.2 ENJEUX SUR LE RENOUVELLEMENT DES POELES EXISTANTS

20% des ménages se chauffent au bois en base et une partie des ménages utilisent également le bois en appoint de leur mode de chauffage principal (fioul, l'électricité, etc.).

Au total, environ 3 430 équipements de chauffage au bois sont présents sur le territoire. Il y a un enjeu à plusieurs titres à remplacer ces équipements par des appareils plus récents et plus performants :

- La consommation de bois va être moindre puisque le rendement des équipements est meilleur.
- Les émissions de particules fines vont fortement se réduire, les nouveaux équipements labélisés Flamme Verte 7* émettent 10 fois moins de particules qu'un appareil acheté avant l'an 2000.
- Le confort est amélioré, les nouveaux appareils sont plus performants et offrent une chaleur mieux diffusée.
- L'utilisation est plus simple avec des granulés plus faciles à manipuler que les bûches.

15.2.3 SYNTHÈSE DES GISEMENTS THÉORIQUES

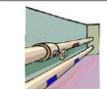
Les tableaux suivants présentent les gisements théoriques d'installations bois énergie par typologie de bâtiment.

INSTALLATIONS DE CHAUFFAGE AU BOIS								TOTAL hors cogén. Poêles bouilleurs et chaudière
								RENOUVELLEMENT POELES ET INSERTS PERFORMANTS*
dans l'existant	nombre : MWh/an :	3 431 30 687	3 661 31 519	2 572 16 193	2 572 16 193	2 572 13 621		7 092 62 206 MWh/an
sur le neuf par an	nombre : MWh/an :		110 499			110 499		110 499 MWh/an

* 6kW par poêle

** 8kW par chaudière individuelle

Source : Axceléo

CHAUDIERES AUTOMATIQUES AU BOIS ET RESEAU DE CHALEUR									TOTAL HORS COGENERATION
									CHAUDIERE AUTOMATIQUE COLLECTIVE DANS L'HABITAT
dans l'existant	nombre : MWh/an :	57 1 474	25 1 112	25 1 112	47 2 434	23 48 479	6 713	160 60 212 MWh/an	
sur le neuf par an	nombre : MWh/an :	13 244	2 73	2 73				15 317 MWh/an	

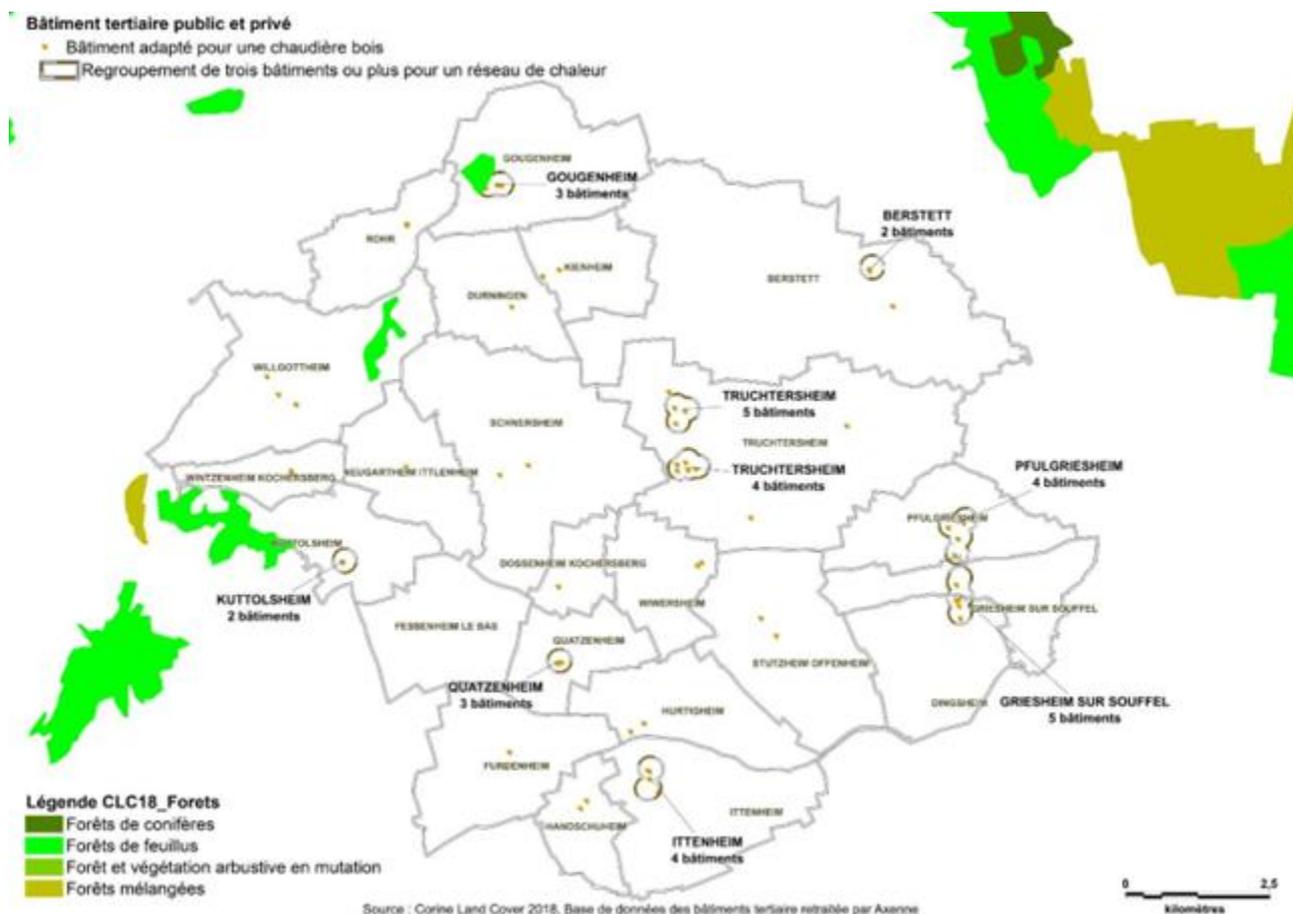
Source : Axceléo

Remarques :

- Les colonnes grisées ne sont pas comptabilisées dans le total, car les cibles sont déjà prises en compte sur un autre type d'équipement : par exemple, les bâtiments tertiaires peuvent, soit être équipés de chaudières collectives, de cogénérations, ou encore être raccordés à un réseau de chaleur.
- On considère que l'investissement dans une chaudière automatique individuelle 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.
- Les réseaux de chaleur potentiels sont indiqués « dans l'existant », car ce sont des installations structurantes réalisées une seule fois d'ici 2030 (et non « par an »). L'analyse cartographique a permis d'identifier les regroupements de bâtiments qui se prêteraient à un petit réseau de chaleur.

15.2.4 CARTOGRAPHIE DES POTENTIELS POUR DES RESEAUX DE CHALEUR BOIS SUR LES BATIMENTS TERTIAIRES

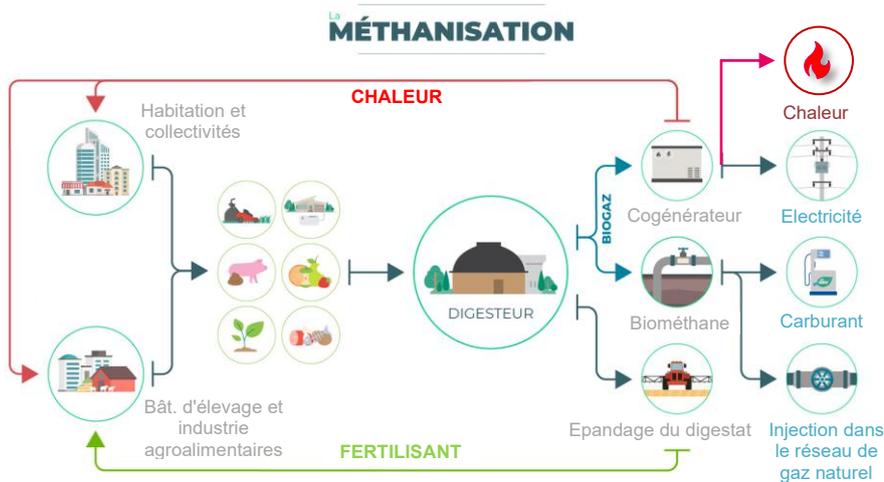
Nous avons identifié les bâtiments tertiaires proches les uns des autres (distance de 150m) pour envisager des petits réseaux de chaleur. Cette approche est une estimation basée uniquement sur le regroupement de ces bâtiments, il est nécessaire ensuite d'identifier les modes de chauffage actuel, l'âge des équipements, l'accessibilité pour la livraison du combustible et la surface foncière pour le stockage, etc. Au total une dizaine de zones ont été recensées.



Identification des regroupements de bâtiments pour la mise en œuvre de petits réseaux de chaleur au bois

LA METHANISATION

MISE EN ŒUVRE DE LA TECHNOLOGIE



Source Chambre d'Agriculture

*ISDN : Installation de Stockage de Déchets non Dangereux

La cogénération est privilégiée lorsque le réseau de gaz naturel n'est pas présent. Il faut alors trouver un débouché pour la chaleur.

Tarif d'achat de l'électricité :
~ 200€/MWh (varie en fonction du type d'inst. ISDND* ou non, de la puissance, de la répartition des déchets et de la date de signature du contrat)

Des modèles spécifiques de bus, de camions, de tracteurs et de véhicules d'entreprises et de collectivités peuvent rouler au gaz naturel véhicule (GNV).

En fonction des projets, le biométhane injecté dans le réseau est acheté entre 64 et 95 €/MWh.

DESCRIPTION DE LA TECHNOLOGIE

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.

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 mélange¹.

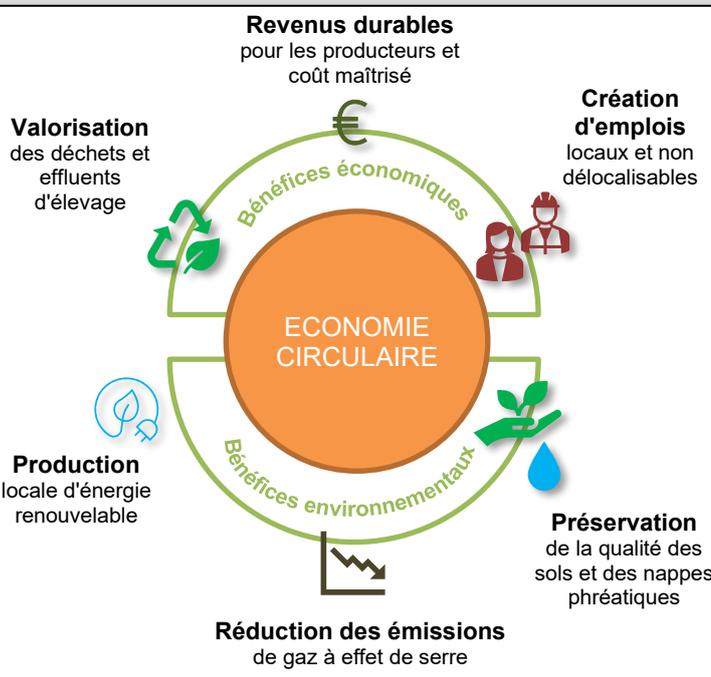
La méthanisation des ressources organiques permet de produire :

- 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.

¹La 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.

AVANTAGES DE LA METHANISATION

INFORMATIONS



A fin 2021 l'injection de biométhane dans le réseau de gaz naturel n'intervient qu'à hauteur de 0,6%. Si l'objectif de 10% d'injection est atteint en 2030, la consommation de gaz naturel sera toujours dépendante à 90% des pays étrangers et émettrice de 280 gCO₂/kWh (le fioul est à 435 gCO₂/kWh).

Aussi, dans une logique d'indépendance énergétique et compte tenu du fait que la consommation de gaz naturel en France représente 22% des consommations totales, il est important de développer le biométhane et de convertir tous les bâtiments actuellement chauffés au gaz naturel par une autre énergie non carbonée et locale.

Le biométhane doit se développer pour valoriser les déchets existants sur les territoires, engager les acteurs (industrie, collectivités et agriculteurs) dans une logique d'économie circulaire.

Il ne peut être le prétexte au développement du gaz naturel sur les territoires tant celui-ci nous contraint sur l'approvisionnement à l'étranger, entraîne des émissions de CO₂ les plus importantes après le fioul et affecte fortement la balance commerciale de la France tout en ne garantissant pas une stabilité des prix pour le consommateur.

16 FILIERE METHANISATION

16.1 Gisements bruts

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

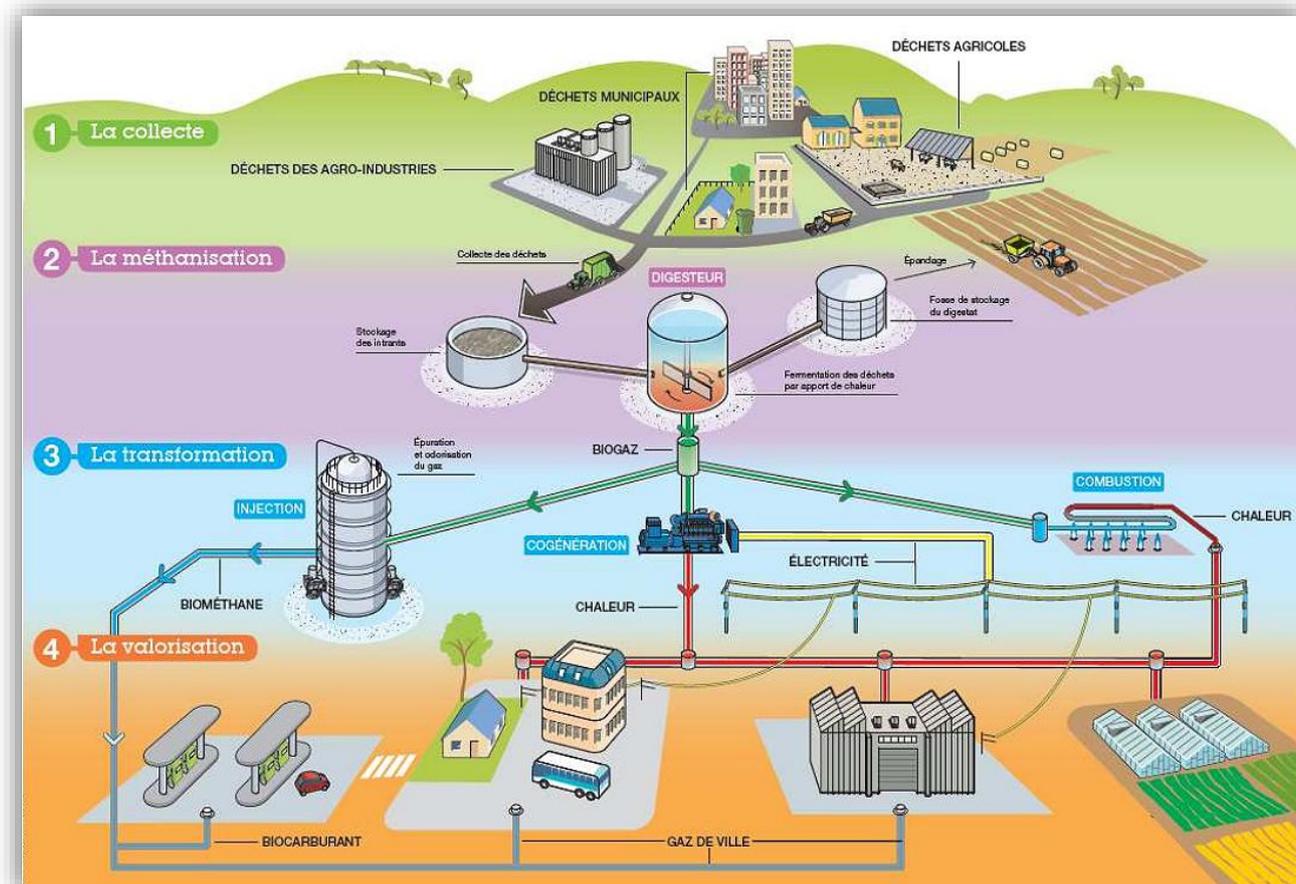


Figure 3 : Les étapes de la méthanisation (Ministère de l'Écologie, du Développement Durable, des Transports et du Logement)

16.1.1 ESTIMATION DES RESSOURCES - AXENNE

Les données de base permettant d'évaluer les ressources méthanisables de l'agriculture sont issues du recensement agricole décennal 2010 de l'AGRESTE. Les données sont disponibles à la maille régionale, départementale, cantonale et communale. Nous avons utilisé les données à la maille cantonale⁹ dans la mesure où de nombreuses données communales sont soumises au secret statistique sur le territoire.

Les données sur les déchets des industries agroalimentaires utilisent le nombre d'effectifs salariés par typologie d'entreprise sur le territoire avec un coefficient de 5 tonnes/an.employé (La production de déchets organiques varie fortement d'une activité à l'autre entre 2 et 32 tonnes/an.employé).

Les biodéchets de la restauration sont estimés en première approche avec le nombre de personnes qui ne travaille pas sur leur commune (et qui prennent leur repas à l'extérieur) et le nombre d'étudiants qui mangent à la cantine.

Les déchets verts sont estimés à partir de tonnages apportés en déchetterie sur le département des Deux-Sèvres avec un ratio par habitant.

⁹ Le recensement datant de 2010, ce sont les cantons antérieurs au redécoupage cantonal.

Le tableau suivant synthétise les gisements identifiés ci-dessus au niveau du département

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]
Effluents d'élevages	120 227	78 732	14 193	3 378 451	33 582
Résidus de culture	109 907	11 261	8 359	2 126 414	21 137
Culture à vocation énerg.	0	0	0	0	0
Déchets des IAA	1 010	808	323	148 672	1 478
Boues de STEP		11 437	420	111 712	1 110
Graisses de STEP	nc	nc	nc	nc	nc
Biodéchets des ordures ménagères et déchets verts	833	833	257	79 232	788
Déchets verts	2 604	2 604	670	210 433	2 092
Huiles alimentaires usagées	nc	nc	nc	nc	nc
Biodéchets de la restauration (<i>hors HAU</i>)	435	435	69	27 556	274
Biodéchets des grandes et moyennes surfaces	86	64	20	6 079	60
TOTAL	235 103	106 174	24 311	6 088 549	60 520

Source : Disar, emplois du secteur IAA, Syndicat des déchets, AXENNE

Synthèse des différents gisements de méthanisation – source Axenne

MB : matière brute
MS : matière sèche

En conclusion, **60 520 MWh d'énergie primaire** pourraient être produits via la méthanisation des ressources du territoire. La majorité de cette production proviendrait des effluents d'élevage suivis des résidus de cultures, **dans la mesure où on estime que la plupart des biodéchets urbains sont déjà valorisés conformément à la réglementation**. Ce tableau n'inclut pas les cultures intermédiaires à vocation énergétiques (CIVE), mais elles ont été estimées dans le cadre des autres sources de données (voir les deux paragraphes suivants).

16.1.2 ESTIMATION DES RESSOURCES - ADEME

Ces données ont été produites en 2017 par l'association Solagro lors de la réalisation de l'étude "Un mix de gaz 100% renouvelable en 2050 ?" publiée en février 2018 par l'ADEME, GRDF et GRTgaz.

Code Canton	Canton	Code région	Potentiel total de production méthane (GWh PCS) - évalué en 2017
6731	TRUCHTERSHEIM	42	65

Gisements méthanisables en 2050 (Etude ADEME)

Au total, pour le territoire, le gisement s'établit à **65 GWh** relativement proche des 60 GWh que nous avons estimés d'autant plus que les CIVE sont intégrées dans cette estimation de l'ADEME et de GRDF.

Compte tenu des très nombreuses sources sur les gisements méthanisables, nous allons conserver un chiffre théorique proche de 500 000 MWh.

LA GEOTHERMIE

DESCRIPTION DES TECHNOLOGIES

Il n'y a pas qu'une géothermie mais plusieurs qui permettent d'exploiter les calories dans une nappe d'eau ou dans le sol. Ainsi, on distingue des types de géothermies en fonction de la profondeur et des types de technologies suivant la valorisation de la ressource.

Profondeur de captage en mètre	Famille	Type de géothermie	Technologie sur sondes verticales (captage dans le sol)	Technologie sur nappe	Boucle d'eau tempérée	Production d'électricité
0	GEOthermie DE SURFACE (<200m)	Géothermie très basse énergie (associée à une pompe à chaleur)	<p>Sondes intégrées aux fondations sur le neuf Géothermie sur sondes à la verticale Echangeurs compacts (corbeilles en cours de diffusion en France)</p>	<p>Sur nappe associé à une pompe à chaleur Sur nappe pour un réseau de chaleur</p>	<p>Sous-station équipée de PAC</p> <p>Sources géothermiques : - Sur nappe superficielle. - Sur nappe profonde. - Sur sondes géothermiques.</p>	
200						
400	T 40°C	Géothermie basse et très basse énergie (associée ou non à une pompe à chaleur)		<p>Réseau de chaleur urbain Centrale géothermique</p>		
600						
800	GEOthermie PROFONDE (>200m)					
1 000		Géothermie basse énergie (utilisation directe de la nappe)		<p>Puit de production Puit de réinjection</p>	<p>Zones à volcanisme actif (>1000m). Bouillante en Guadeloupe.</p>	
2 000	T 80°C			<p>Sur nappe associée à une pompe à chaleur (<400 m) ou directement utilisable avec des températures >40°C</p>		
3 000						
4 000	T 200°C					

Source : Axenne, visuels BRGM, ADEME

AVANTAGES DE LA GEOTHERMIE

Si la mise en œuvre et le montage des projets est plus complexe que pour les énergies conventionnelles, la géothermie offre de très nombreux avantages :

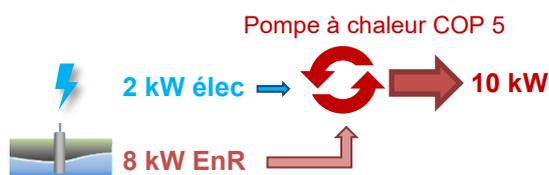
- les pompes à chaleur ont un très bon rendement énergétique (de 3 à 5 kWh thermiques fournis pour 1 kWh électrique consommé) c'est deux à quatre fois plus performant que les pompes à chaleur air/air,
- la chaleur dans la nappe ou dans le sol est à une température constante et ne dépend pas des conditions atmosphériques,
- la géothermie offre la possibilité d'installer un seul équipement qui se chargera de la chaleur et du refroidissement du bâtiment,
- les équipements ne se voient pas, ne font pas de bruit et sont très discrets,
- il est possible d'utiliser les places de parking extérieures pour installer des sondes verticales sur un bâtiment existant ou neuf,
- il est possible de faire du géocooling : en arrêtant la pompe à chaleur on peut rafraîchir un bâtiment en transférant sa chaleur dans le système de captage. C'est très économique pour rafraîchir naturellement un bâtiment.

ELEMENTS DE DIMENSIONNEMENT

Une sonde de 100 mètres de profondeur fournit une puissance thermique d'environ 5 kW. En considérant que la pompe à chaleur associée au forage a un COP de 3,5, la puissance thermique fournie au bâtiment ou au réseau de chaleur est d'environ 7 kW par sonde :



Dans le cadre d'un projet sur nappe, tout va dépendre de la disponibilité de la ressource (débit de pompage en m³/h possible) et de la température de l'eau. La performance est généralement légèrement supérieure à très supérieure par rapport aux sondes verticales.



ELEMENTS ECONOMIQUE

L'investissement pour la pompe à chaleur s'élève environ à 300 €/kW.

Dans le cadre d'un forage, il faut compter 2000 € par mètre foré.

Dans le cadre de sondes verticales l'investissement s'élève de 50 à 90 € par mètre foré. Ces deux valeurs sont cependant très variables en fonction des caractéristiques des sols

17.1 Gisements 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,

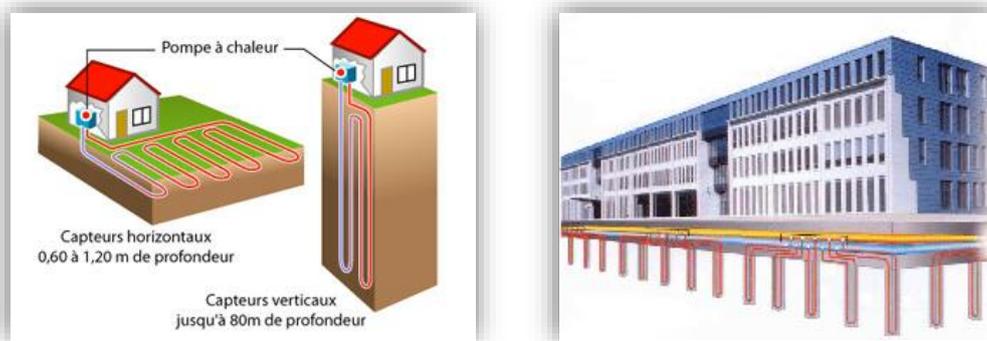
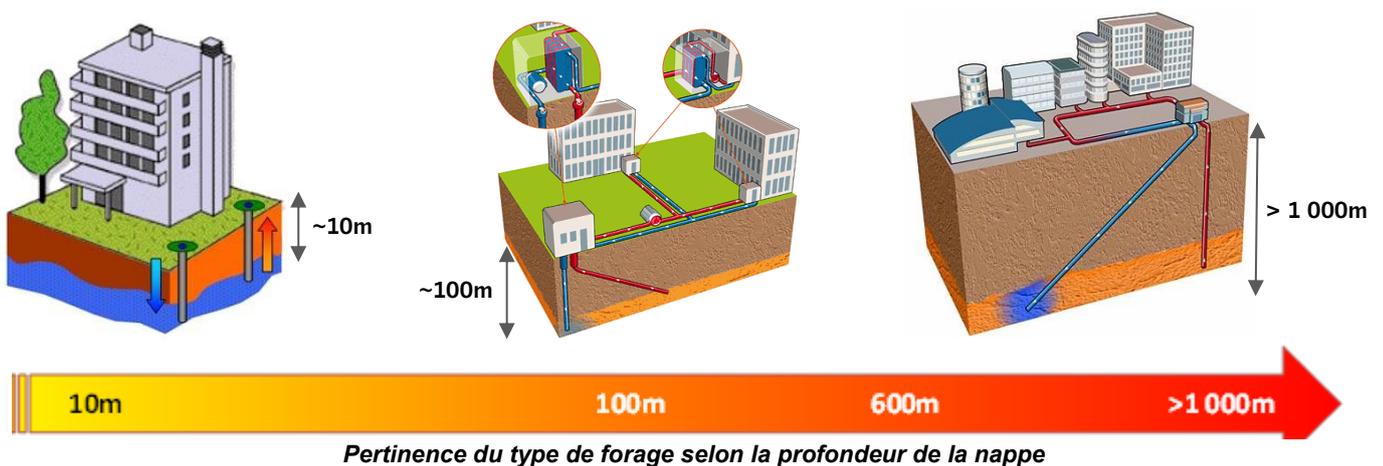


Figure 4 : Représentations de sondes géothermiques

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).

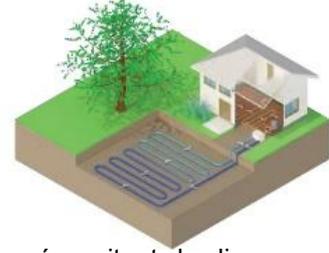


Les ressources accessibles en dessous de 600m ont généralement une température inférieure à 40°C, il s'agit de géothermie très basse énergie.

Au-delà de 600m les températures atteignent généralement entre 40° et 90°C, il s'agit de géothermie basse énergie. L'adjonction d'une pompe à chaleur n'est plus nécessaire, la ressource est utilisée directement pour chauffer les bâtiments.

17.1.1 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

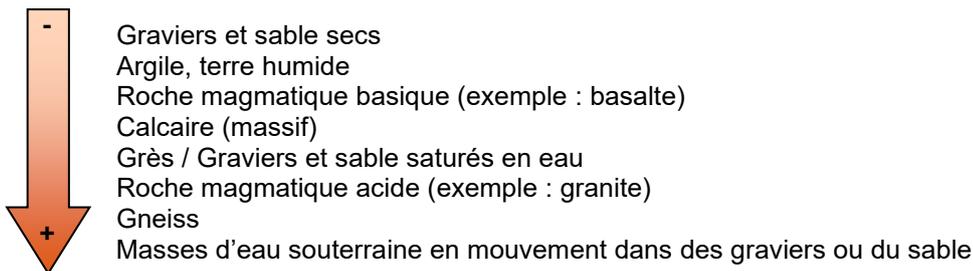
© geothermie-perspectives.fr, ADEME-BRGM

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.

17.1.2 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.

En tenant compte de la réglementation sur la géothermie de minime importance et des contraintes très locales (cavités souterraines, mouvement de terrain, etc.), **il est possible de réaliser ce type d'installation n'importe où sur le territoire hormis au Nord-Ouest du territoire où les forages sont strictement interdits**. Seules les performances de l'installation vont varier en fonction des caractéristiques des terrains traversés.

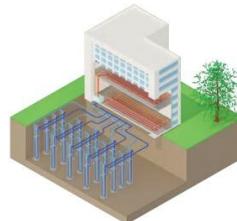
Sur un bâtiment neuf, il est très simple d'intégrer les sondes dans les fondations ou sur le terrain de l'immeuble, pour une maison existante, on va privilégier des capteurs sur sondes à la verticale plutôt qu'à l'horizontale (de nombreuses contre-références existent avec des capteurs qui n'ont pas été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



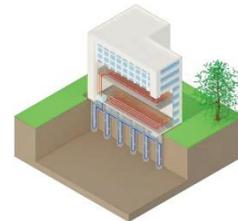
Sondes verticales



Echangeurs compacts



Champ de sondes



Fondations thermoactives

© geothermie-perspectives.fr, ADEME-BRGM

Le BRGM n'a pas réalisé de cartographie du potentiel pour les projets sur sonde.

17.1.3 POMPES A CHALEUR SUR NAPPE SUPERFICIELLE

Un atlas du potentiel d'utilisation des aquifères superficiels accompagnés d'un outil d'aide à la décision en matière de géothermie très basse énergie a été réalisé par le BRGM sur l'ancienne région Alsace en 2021. Pour chaque aquifère superficiel, des données telles que la profondeur, l'épaisseur, la température, le débit, la minéralisation, le potentiel géothermique voire la puissance possible à installer, etc. sont disponibles.

L'analyse multicritère permet d'aboutir à une note de potentialité de l'aquifère au droit de chaque maille de l'outil d'aide à la décision. Ces résultats sont présentés ci-dessous :

On définit 4 classes de potentialité :

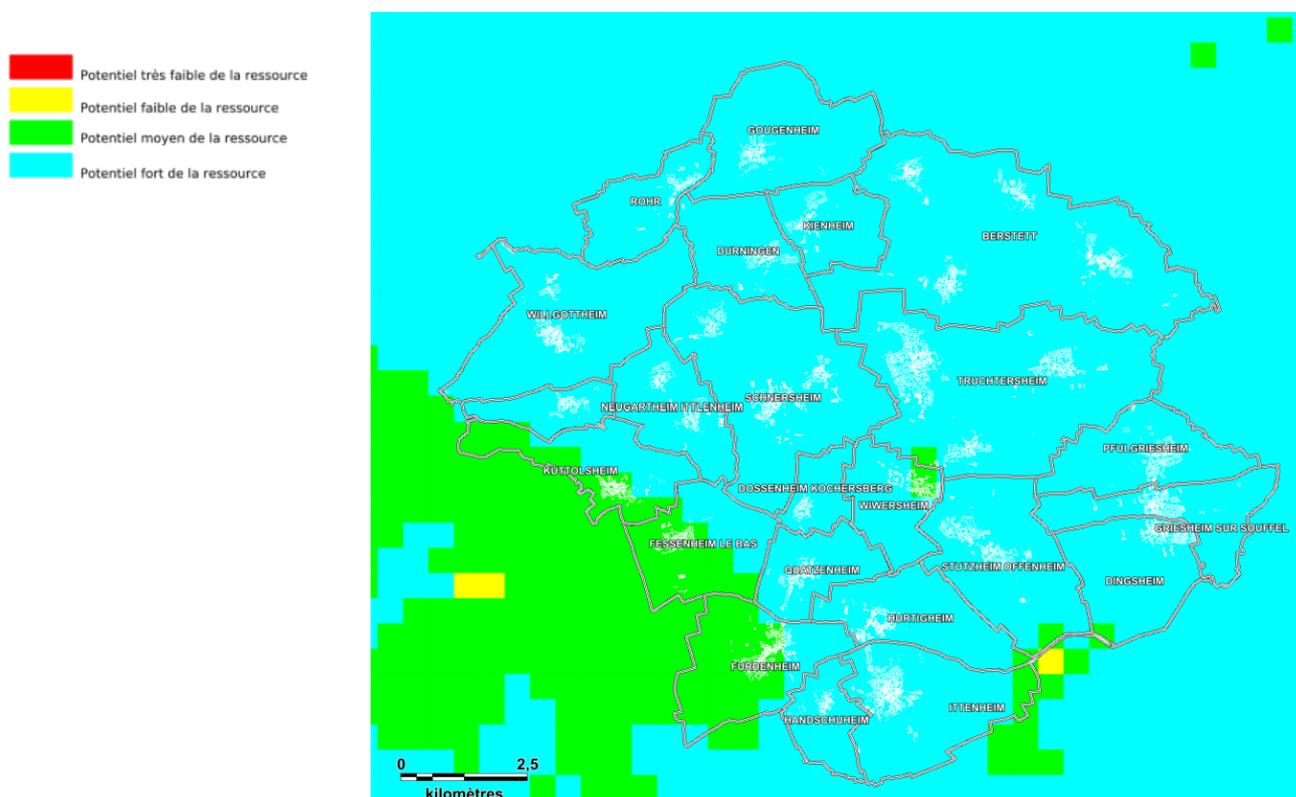
Note 1 : Mise en place d'une PAC très difficile, y compris pour des maisons individuelles (surface chauffée < 30 m²). Le département n'est pas concerné par cette potentialité.

Note 2 – Faible : Mise en place d'une PAC possible pour des habitations individuelles (Surface de 80 à 150 m² en fonction du débit), mais performance de la PAC à déterminer.

Note 3 - Moyen : Très favorable à l'installation d'une PAC pour habitation individuelle et éventuellement pour petits collectifs.

Note 4 - Fort : Très favorable à l'installation d'une PAC pour tous types de bâtiments.

(Source : BRGM/RP-59761-FR)



Potentiel géothermique pour des projets sur nappe superficielle (BRGM) et positionnement des bâtiments (en blanc sur la carte - BDTopo)

! Cette **cartographie** est **indicative**, le BRGM précisant que :

- « l'atlas constitue ainsi une première approche à destination des maîtres d'ouvrage potentiels, bureaux d'études, décideurs des collectivités territoriales, afin qu'ils puissent déterminer la possibilité d'utiliser la géothermie lors d'un choix énergétique. Les informations transmises ne peuvent et ne doivent en aucun cas remplacer l'étude de faisabilité réalisée par des bureaux d'étude compétents à l'échelle parcellaire qui permettra d'obtenir des gammes de puissance plus précises. »

→ **Le potentiel de la géothermie sur nappe est connu sur le territoire il est majoritairement fort et moyen sur le sud-ouest du territoire. Même sur les zones en potentiel moyen, il est possible d'alimenter des bâtiments tertiaires et des logements collectifs.**

17.2 Gisements théoriques

17.2.1 CONTRAINTES

GEOTHERMIE DE MINIME IMPORTANCE

Il existe plusieurs contraintes à la mise en place d'installations géothermiques : risques de mouvement de terrain, présence de cavités, risque de remontée de nappe, etc.

Le BRGM et le CEREMA ont établi une carte des zones relatives à la géothermie de minime importance¹⁰ pour le Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie. Cette carte s'appuie sur une méthodologie d'élaboration prenant en compte neuf phénomènes redoutés pouvant apparaître lors d'un forage géothermique de minime importance :

- Affaissement / surrection lié au niveau d'évaporites,
- Affaissement / effondrement lié aux cavités (minières ou non minières),
- Mouvement ou glissement de terrain,
- Pollution des sols et des nappes,
- Artésianisme,
- Mise en communication d'aquifères,
- Remontée de nappe.

La carte distingue trois zones selon l'importance des phénomènes. Celles-ci sont définies dans l'article 22-6 du décret n°2006-649 relatif aux travaux miniers, aux travaux de stockage souterrain et à la police des mines et des stockages souterrains (article créé par le décret n°2015-15 du 8 janvier 2015) :

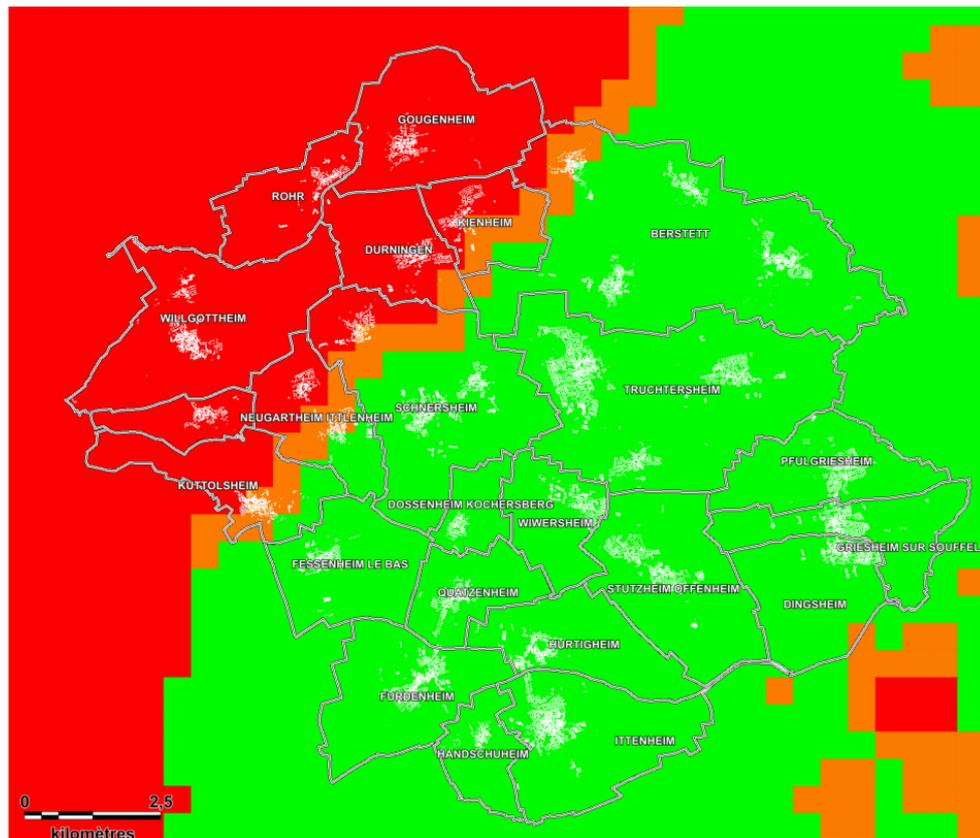
- **Zones rouges** : zones dans lesquelles la réalisation d'ouvrages de géothermie est réputée présenter des dangers et inconvénients graves et ne peut pas bénéficier du régime de la minime importance.
 - ➔ *Une installation géothermique dans ce type de zone relèvera alors de la géothermie de basse température et nécessitera donc le dépôt d'une demande d'autorisation.*
- **Zones orange** : zones dans lesquelles les activités géothermiques ne sont pas réputées présenter des dangers et inconvénients graves et dans lesquelles est exigée la production d'une attestation d'un expert agréé. Celle-ci doit constater la compatibilité du projet au regard du contexte géologique de la zone d'implantation et de l'absence de dangers et inconvénients graves.
 - ➔ *Le régime déclaratif s'applique. La réalisation de l'ouvrage nécessite l'avis d'un expert géologue ou hydrogéologue et le recours à un foreur qualifié. Des prescriptions spécifiques lors du forage et des aménagements techniques peuvent permettre de lever les restrictions.*
- **Zones vertes** : zones dans lesquelles les activités géothermiques de minime importance sont réputées ne pas présenter des dangers et inconvénients graves.
 - ➔ *Le régime déclaratif s'applique. Il est nécessaire de recourir à un foreur qualifié.*

Zones réglementaires GMI pour des projets sur la nappe de 50 à 100 m

	Non éligible à la GMI
	Éligible à la GMI avec avis d'expert
	Éligible à la GMI

¹⁰ Sont considérées comme des exploitations de gîtes géothermiques à basse température relevant du régime de la minime importance :

- Les activités recourant à des échangeurs géothermiques fermés (géothermie sur capteurs verticaux) dont la profondeur de forage est inférieure à 200m et dont la puissance thermique maximale prélevée du sous-sol et utilisée pour l'ensemble de l'installation est inférieure à 500 kW.
- Les activités recourant à des échangeurs géothermiques ouverts (géothermie sur nappe) dont la température de l'eau prélevée est inférieure à 25°C, dont la profondeur de forage est inférieure à 200m et dont la puissance thermique maximale prélevée du sous-sol et utilisée pour l'ensemble de l'installation est inférieure à 500 kW. Les eaux prélevées doivent être en totalité réinjectées dans le même aquifère. Les débits prélevés ou réinjectés doivent être inférieurs à 80 m³/h.



Zonage réglementaire pour la géothermie de minime importance sur nappe (BRGM) et positionnement des bâtiments (BdTopo)

Il ne sera pas possible de réaliser des projets sur plusieurs communes au Nord-Ouest du territoire (Gougenheim, Rohr, Willgottheim, Durningen, Wintzenheim-Kochersberg).

Un croisement avec la cartographie des bâtiments permet d'entrevoir le % de bâtiments favorable à la géothermie :

Typologie de bâtiment	Surface favorable géothermie sur nappe (m ²)	en % de la surface totale de la typologie
Maison	1 097 830	81%
Logements collectifs	143 673	92%
Immeuble	183 619	81%
Bâtiment industriel	113 594	77%
Bâtiment commercial	99 122	93%
Bâtiment sportif	17 684	93%
Bâtiment agricole	234 784	77%

17.2.2 SYNTHÈSE DES GISEMENTS THÉORIQUES

Le tableau suivant présente la synthèse des gisements théoriques pour la filière géothermie.

Cette technologie est particulièrement bien adaptée sur les bâtiments neufs qui ont des besoins de chaleur et de refroidissement en été. Il est plus difficile de la mettre en œuvre sur une rénovation (on place généralement les sondes dans les fondations du bâtiment). Elle doit être privilégiée à la place des pompes à chaleur air/air qui ont un coefficient de performance énergétique bien inférieur.

INSTALLATIONS GEOTHERMIQUES		 CAPTEURS VERTICAUX	 IMMEUBLES DE LOGEMENTS	 BÂTIMENTS TERTIAIRES	 BÂTIMENTS INDUSTRIELS	 RESEAU DE CHALEUR NAPPE SUPERFICIELLE	TOTAL
dans l'existant	nombre : MWh/an*	2 346 13 289	64 2 038	47 3 732	14 5 179	9 7 500	2 481 31 739 MWh/an
sur le neuf par an	nombre : MWh/an*	89 303	10 148	5 83			104 533 MWh/an

* Il s'agit de la quantité de chaleur renouvelable et non de la quantité de chaleur produite au total

Sources : Axceléo

Remarques :

Au vu de l'investissement important à mobiliser ainsi que des démarches réglementaires à réaliser, on suppose que les réseaux de chaleur géothermiques ne se développeront que sur les communes présentant des équipements structurants (collège, lycée, maison de retraite, etc.) et/ou des zones d'aménagement de tailles et consommations importantes.

18 FILIERE AEROTHERMIE

18.1 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.

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

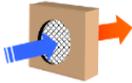
Par contre, ils présentent plusieurs inconvénients :

- 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.

18.2 Gisements théoriques

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

INSTALLATIONS AEROTHERMIQUES (AIR/AIR et AIR/EAU)					TOTAL
		Maison	Immeuble	Immeubles tertiaires	
dans l'existant	nombre :	5 247	347	136	5 729
	MWh/an :	23 043	5 183	6 781	35 007 MWh/an
sur le neuf par an	nombre :	110	13	7	129
	MWh/an :	250	122	80	452 MWh/an

* Il s'agit de la quantité de chaleur renouvelable et non de la quantité de chaleur produite au total

Sources : Axceléo

19 FILIERE RECUPERATION DE CHALEUR

19.1 Gisements bruts

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).

Nous allons étudier les principales sources de chaleur suivantes :

- la valorisation de la chaleur fatale des eaux usées, au pied des bâtiments, dans la voirie et en sortie de station d'épuration,
- les sites industriels, qui disposent d'une chaleur fatale sur les équipements tels que les compresseurs, les fours, les chaudières, les groupes froids et les sécheurs,

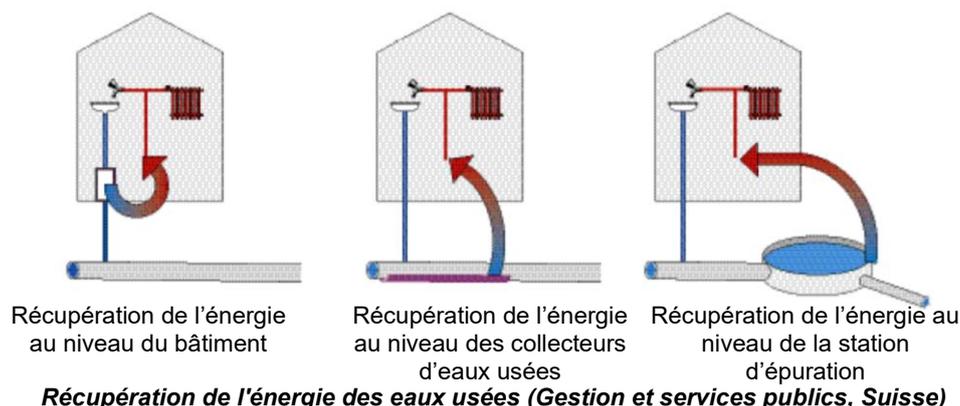
En l'absence de Data Center sur le territoire, la chaleur fatale de ce type d'équipement ne sera pas étudiée.

19.1.1 VALORISATION DES EAUX USEES

19.1.2 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.

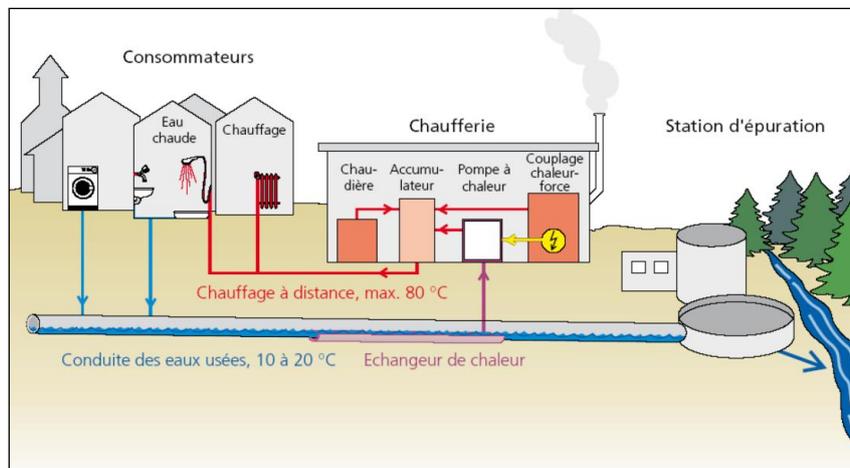


19.1.3 RECUPERATION DE L'ENERGIE DES EAUX USEES AU NIVEAU DES COLLECTEURS

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'ouvrage 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.

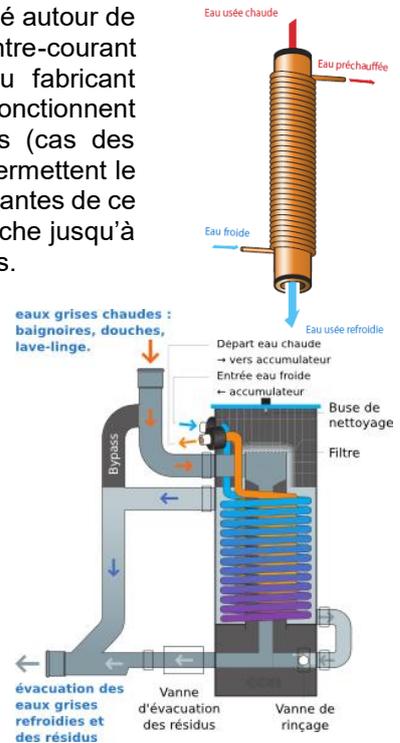
Selon le bureau d'études BPR-Europe, la performance varie de 2 à 5 kW de puissance de chauffage/m² d'échangeur à chaleur, soit 1,8 à 8,4 kW par mètre linéaire d'échangeur. La longueur de l'échangeur est généralement comprise entre 40 et 80 m.

19.1.4 RECUPERATION DE L'ENERGIE DES EAUX USEES AU NIVEAU DU BATIMENT

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, tels 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.

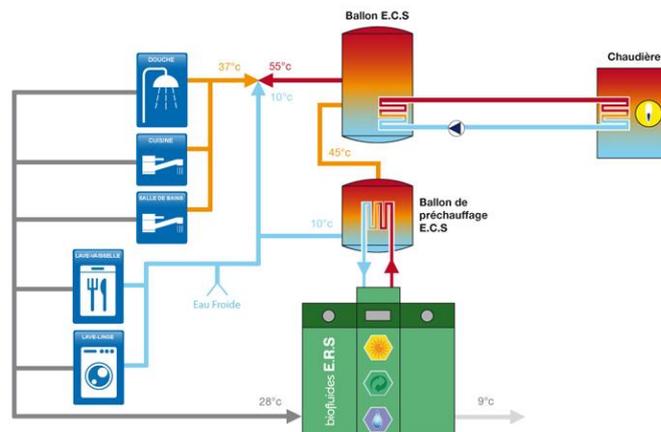


Schéma de principe de la récupération de chaleur sur eaux usées au niveau du bâtiment (Procédé ERS, Biofluide Environnement)

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.

19.1.5 RECUPERATION DE L'ÉNERGIE DES EAUX USEES 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.).



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).

19.2 Gisements théoriques

19.2.1 VALORISATION DES EAUX USEES

19.2.2 RECUPERATION DE CHALEUR AU NIVEAU DES COLLECTEURS

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 ($T < 55^{\circ}\text{C}$)
<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 ¹¹ . 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)

¹¹ 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

GISEMENTS

Il n'y a pas de commune avec un nombre de personnes de plus de 8 000 habitants, le potentiel sur les réseaux d'eaux usées est donc quasi inexistant.

19.2.3 RECUPERATION DE CHALEUR AU NIVEAU DES BATIMENTS

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.

19.2.4 RECUPERATION DE CHALEUR AU NIVEAU DES STEP

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. S'il s'agit d'alimenter un réseau de chaleur, celui-ci 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 10 000 équivalents-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.

19.2.5 CHALEUR FATALE DES INDUSTRIES

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.

L'ensemble des contraintes présentées ci-dessous a été identifié lors d'une étude nationale sur les gisements de chaleur fatale menée par AXENNE pour le compte de l'ADEME, notamment via des entretiens avec les industriels.

19.2.6 INDUSTRIES POTENTIELLES

Sur le territoire trois industries alimentaires et de boissons sont susceptibles de produire de la chaleur non valorisée. Sur l'ensemble de ces industries, nous avons estimé en toute première approche les gisements de chaleur fatale sur les compresseurs, les fours, les chaudières et les équipements de séchage.

RECUPERATION DE CHALEUR FATALE DANS L'INDUSTRIE (T > 100°C)	Compresseur	Groupe froid	Chaudière	Four	Séchage
Gisement théorique en MWh/an	280	70	70	0	120

Source : Axenne

Estimation de la chaleur fatale des entreprises industrielles les plus émettrices du territoire

Le potentiel de chaleur fatale est de l'ordre de **540 MWh**. **Les chiffres présentés ci-dessus sont approximatifs**. Ils sont issus d'une étude nationale sur les gisements de chaleur fatale menée par AXENNE pour le compte de l'ADEME.

Un ratio de puissance installée par type d'équipement et par employé est estimé. Il s'agit donc d'une approche sur les puissances installées dans les industries en fonction du nombre d'employés.

À partir de ces puissances, la consommation de l'équipement est estimée, de même que le pourcentage de chaleur fatale récupérable. Par exemple, il est en théorie possible de récupérer 20% de la consommation du four sur les fumées.

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, un 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.

L'ensemble des contraintes présentées ci-dessous ont été identifiées via des entretiens avec des industriels au plan national.

19.2.7 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 agroalimentaires, 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.

19.2.8 CONTRAINTES ECONOMIQUES

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).

19.2.9 MANQUE D'INFORMATIONS ET RETICENCES

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 recertifier 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.

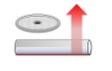
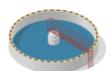
19.2.10 CONTRAINTES CONTRACTUELLES ET REGLEMENTAIRES

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.

19.2.11 SYNTHÈSE DES GISEMENTS THÉORIQUES

Le tableau suivant présente les gisements théoriques d'installations de récupération de chaleur par typologie de bâtiment.

INSTALLATIONS DE RECUPERATION DE CHALEUR (EAUX USEES/AIR VICIE/PROCEDES INDUSTRIELS)		 Maison Chauffe-eau thermodynamique récup. air vicié	 Maison récup. eaux usees système statique	 récup. eaux usées logements (ECS)	 récup. eaux usées tertiaire (ECS)	 récup. sur les collecteurs	 récup. sur les stations d'épuration	 Data Center	 Recuperation de chaleur fatale dans l'industrie	TOTAL
		dans l'existant	nombre :	6 005	8 007	30	19	0	3	
	MWh/an :	5 259	4 003	251	529	0	6 520	0	540	17 103 MWh/an
sur le neuf par an	nombre :	110	110	10	1					231
	MWh/an :	74	55	61	6					196 MWh/an

* Il s'agit de la quantité de chaleur renouvelable et non de la quantité de chaleur produite au total

Sources : Axceléo

Le gisement reste très limité hormis pour les chauffe-eau thermodynamiques dans les maisons (très bien développé actuellement) et la récupération statique de la chaleur de l'eau usée (très peu développé).

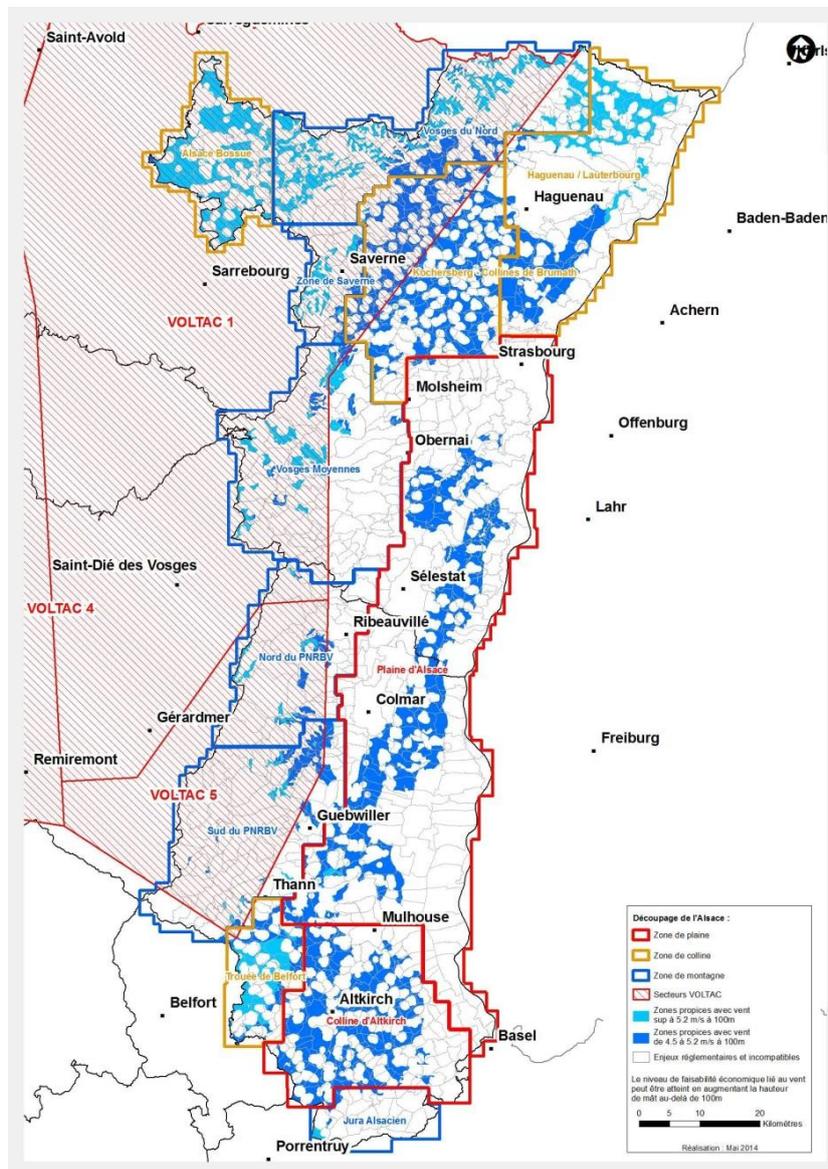
20 FILIERE EOLIEN

20.1 Gisements bruts

20.1.1 GISEMENT EOLIEN

Ce chapitre est tiré de l'étude "Potentiel et développement des énergies renouvelables en Alsace" - ADEME 2016.

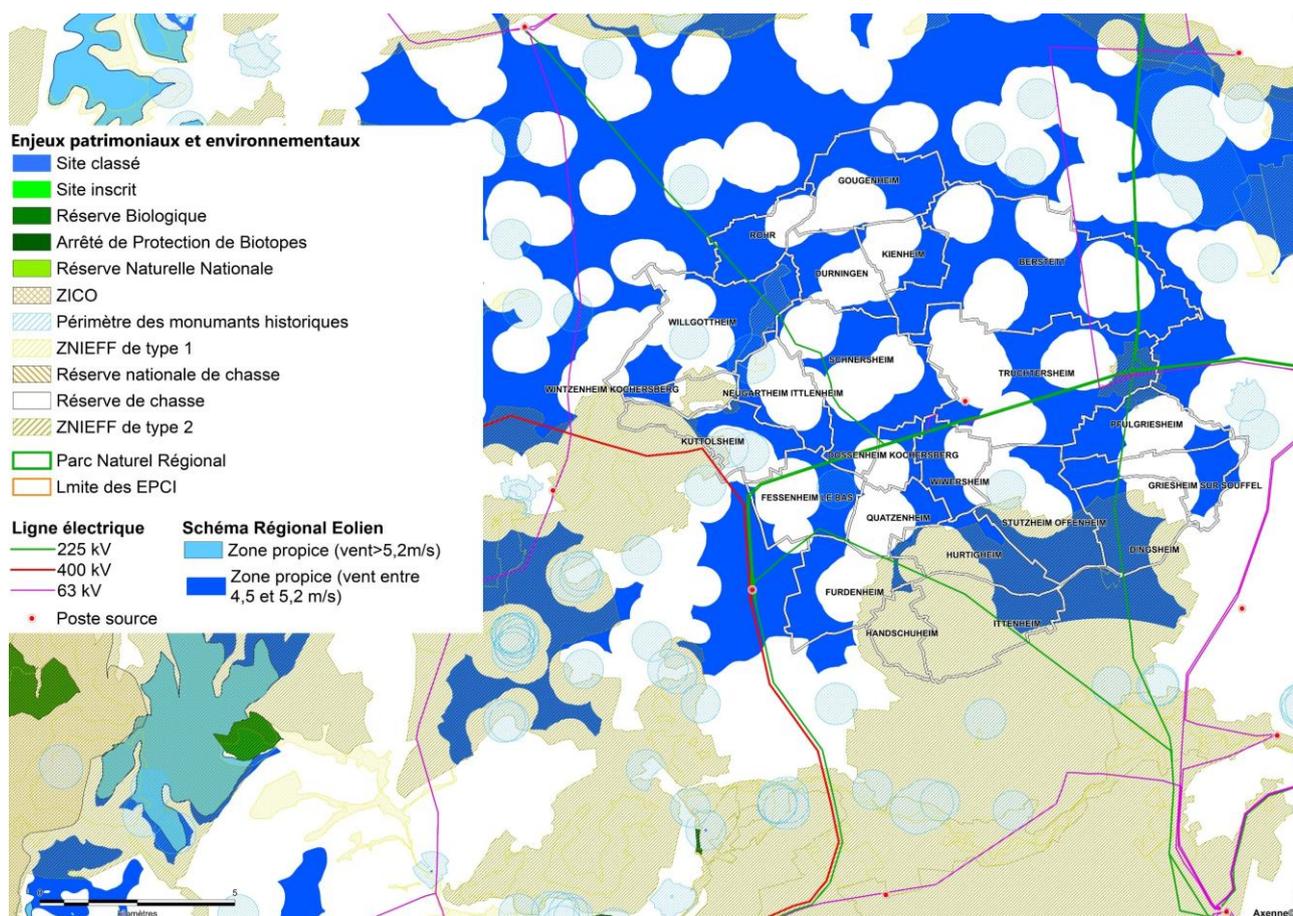
Le schéma régional de l'éolien (SRE) annexé au SRCAE précise les zones propices avec un vent moyen supérieur à 5,2m/s à 100 m de hauteur et les zones propices avec un vent entre 4,5 m/s et 5,2m/s à 100 m de hauteur. Par zone géographique, la puissance potentielle maximale est estimée, de même qu'une puissance potentielle objective. De plus, la contrainte militaire VOLTAC (secteur de vols tactiques) a été prise en compte, ce qui n'était pas le cas dans le SRCAE. Sur le territoire du Kochersberg-Ackerland, le potentiel éolien reste faible avec des niveaux de vent plutôt proche de 4,5m/s (zone en bleu foncé). Les développeurs vont plutôt se diriger vers les zones en bleu clair, d'ailleurs la CC du Kochersberg-Akerland n'a jamais fait l'objet de prospection de la part de développeurs éoliens.



Suivant les différents secteurs indiqués sur la carte, une puissance potentielle maximale a été estimée en zone d'enjeu très fort ainsi qu'en zone en niveau d'enjeu fort.
 Le territoire du Kochersberg-Ackerland est situé sur la zone Kochersberg – Collines de Brumath avec un niveau d'enjeu fort à très fort.

Nom du secteur géographique	MW en niveau d'enjeu très fort	MW en niveau d'enjeu fort
Sud du PNRBV	50	0
Alsace Bossue	75	5
Vosges du Nord	76	24
Haguenau / Lauterbourg	70	0
Zone de Saverne	60	0
Vosges Moyennes	60	0
Nord du PNRBV	80	0
Jura Alsacien	10	0
Trouée de Belfort	68	12
Kochersberg - Collines de Brumath	46	14
Plaine d'Alsace	0	0
Colline d'Altkirch	60	0
TOTAL :	655	55

La carte suivante présente les zones favorables avec une vitesse de vent entre 4,5 et 5,2 m/s.



20.2 Gisements théoriques

20.2.1 LE GRAND EOLIEN

Compte tenu du faible gisement éolien et de l'absence totale de développeur ayant manifesté un intérêt pour l'implantation d'un parc éolien sur le Kochersberg-Akerland, nous n'avons pas retenu de production à l'horizon 2030.

20.2.2 LE PETIT EOLIEN

20.2.2.1 Technologie

Le petit éolien regroupe les machines de puissance inférieure à 36 kW et de diamètre de rotor généralement inférieur à 15 mètres.

Les **machines à axe horizontal** sont similaires aux éoliennes classiques quant à leur principe de fonctionnement. Les pales mises en rotation par l'énergie cinétique du vent entraînent un arbre raccordé à une génératrice qui transforme l'énergie mécanique créée en énergie électrique.

Les **machines à axe vertical** ont été conçues pour répondre au mieux aux contraintes engendrées par les turbulences du milieu urbain. Grâce à ce design, elles peuvent fonctionner avec des vents provenant de toutes les directions et sont moins soumises à ces perturbations que les éoliennes à axe horizontal. Elles sont relativement silencieuses et peuvent facilement s'intégrer au design des bâtiments ou équipements publics (éclairage public). Leur faiblesse réside principalement dans la faible maturité du marché qui engendre des coûts d'investissement relativement importants. En raison de leur petite taille, l'énergie produite est faible.



Eolienne à axe horizontal Eolys de 12 kW (source : SEPEN)



Eolienne à axe vertical Darrieus H de 6 kW

L'ADEME indique dans son avis d'avril 2016 que « dans les conditions techniques et économiques actuelles, le petit éolien ne se justifie généralement pas en milieu urbain. Outre le fait que les éoliennes accrochées au pignon d'une habitation peuvent mettre en danger la stabilité du bâtiment, le vent est, en milieu urbain et périurbain, en général trop faible ou trop turbulent pour une exploitation rentable.

Toutefois, même si le potentiel énergétique global reste limité, le **petit éolien peut répondre à une demande dans le milieu rural** ou en zones non connectées au réseau, **en particulier en autoconsommation dans les exploitations agricoles**. La ressource en vent y est souvent accessible. En outre, les machines utilisées dans ce cas offrent souvent de meilleures performances techniques et économiques que celles destinées au marché des particuliers. Ainsi, une éolienne de 10 kW avec un facteur de charge de 17 % a une production du même ordre de grandeur que les consommations des exploitations agricoles. En autoconsommation, la production éolienne peut se coupler à des systèmes à inertie présents sur l'exploitation agricole (inertie thermique liée à un système de production de froid ou de chaleur, méthaniseur) qui amortissent la variabilité de la production éolienne. Enfin, pour un agriculteur, la production éolienne permet de couvrir un risque, en stabilisant une partie de sa facture d'énergie. »

20.2.2.2 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 recommande 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)

20.2.2.3 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 en fine de la précision et de l'intervalle de confiance demandés sur le productible prévisionnel. » (Fiche technique « Petit éolien », ADEME, février 2015).

20.2.2.4 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 suivantes¹² :

- 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 périurbain	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

¹² 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)

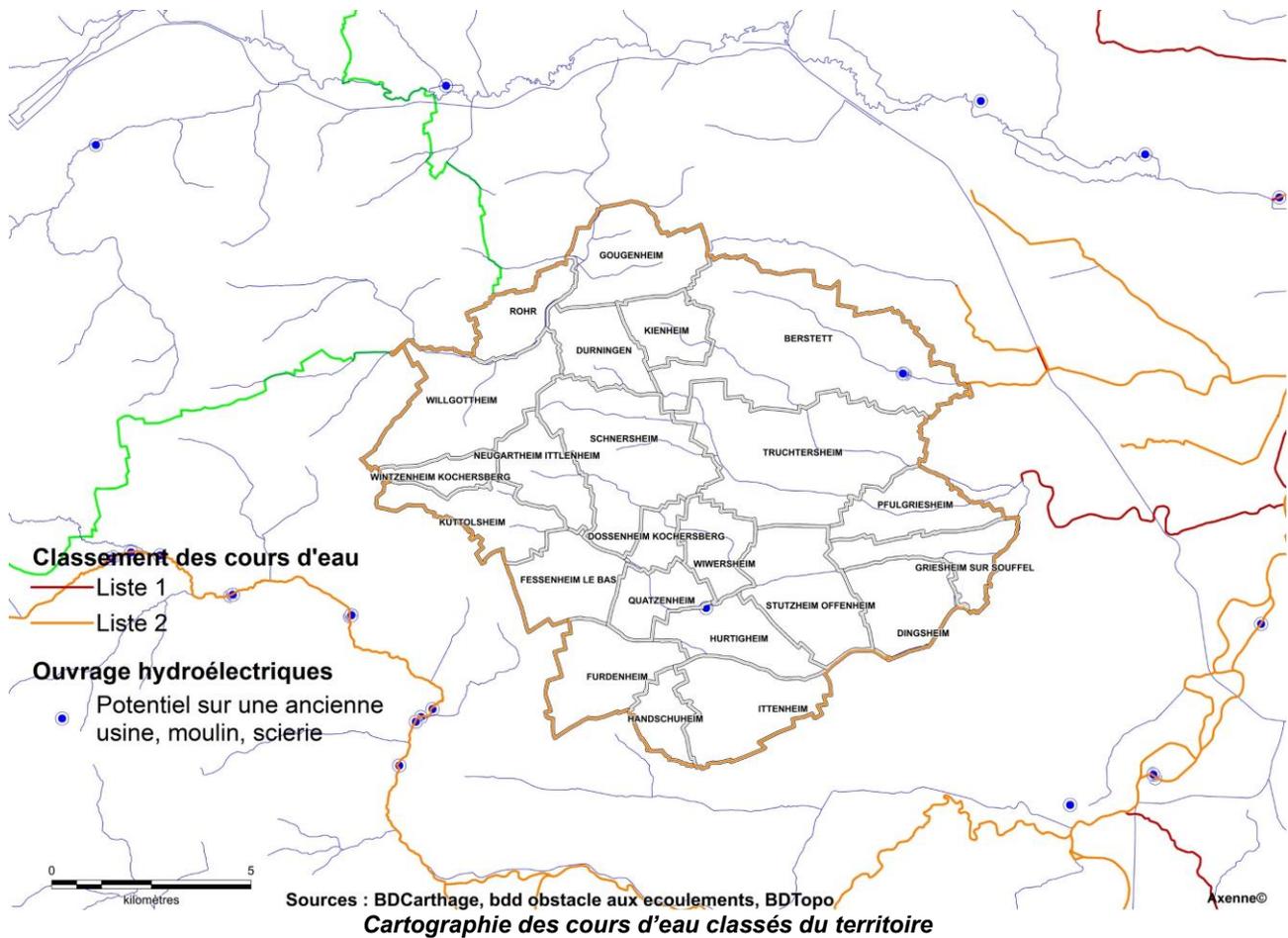
20.2.3 SYNTHÈSE DES GISEMENTS THÉORIQUES

- Grand éolien : pas de projet en réflexion et aucune production attendue en 2030.
- Petit éolien : en première approche, on considère un gisement théorique une petite éolienne de 10kW sur la moitié des communes.

INSTALLATION EOLIENNE		 Eolienne	 Petit éolien	TOTAL
potentiel global	Nb de machines	0	115	115
	Puissance (MW)	0	3	3
	Production (MWh/an)	0	4 313	4 313

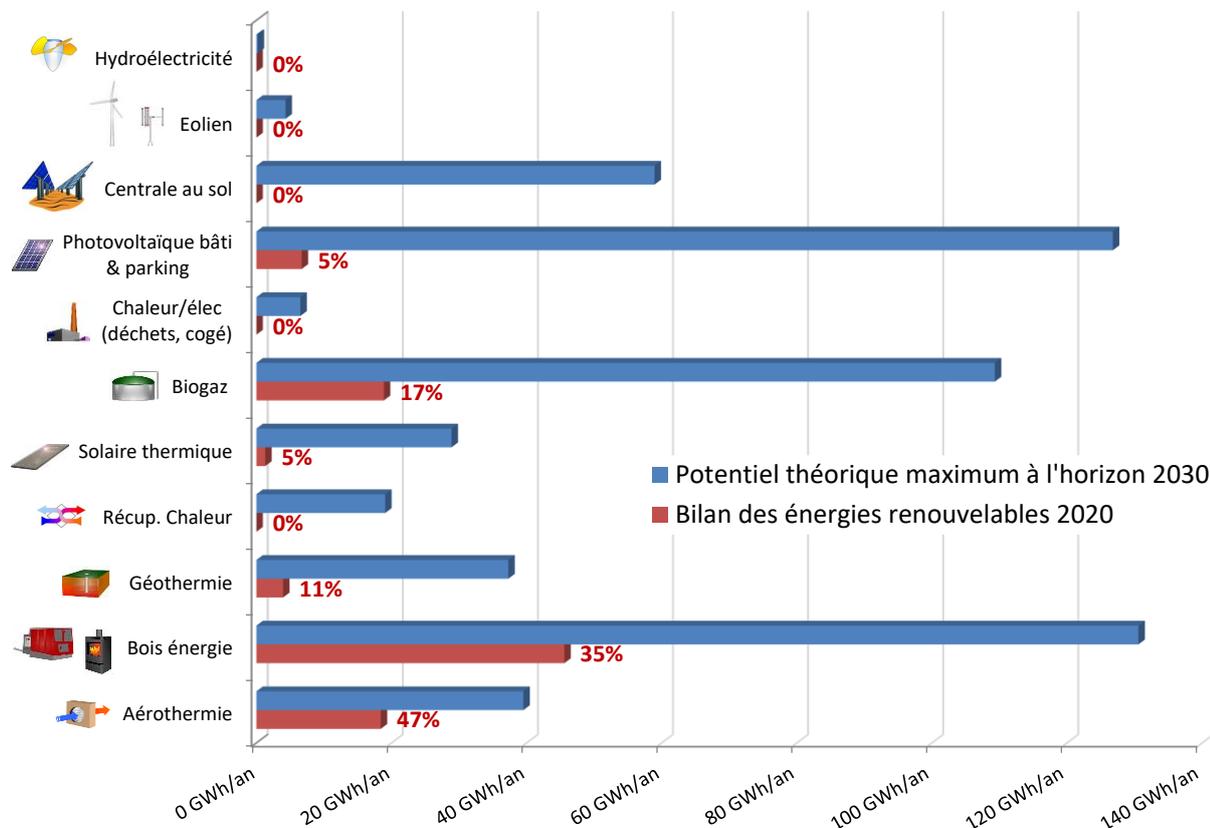
21 FILIERE HYDROELECTRICITE

Il n'y a pas de cours d'eau permettant d'envisager une production hydroélectrique sur le territoire. Les seuls cours d'eau du territoire présentent des débits faibles pour envisager une production hydroélectrique rentable.



22 SYNTHÈSE DES GISEMENTS THÉORIQUES

Le graphique suivant met en évidence les gisements théoriques identifiés à 2030 par filière, ainsi que leur exploitation à fin 2020 (barre rouge).



Gisements théoriques par filière à 2030 et production à fin 2020 par énergie renouvelable

CE QU'IL FAUT RETENIR DES POTENTIELS THÉORIQUES

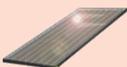
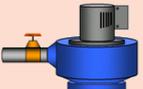
Le potentiel le plus important est sur la filière bois énergie avec l'équipement des ménages chauffés actuellement aux énergies fossiles (fioul, gaz naturel et propane), l'équipement des bâtiments tertiaires avec des chaudières au bois et lorsqu'ils sont regroupés, la concrétisation de réseaux de chaleur. Le graphique met en évidence des gisements très importants qui sont actuellement inexploités sur le solaire thermique et la géothermie. Pour cette dernière c'est malheureusement l'aérothermie (pompe à chaleur air/air et air/eau) qui est plutôt privilégiée par les maîtres d'ouvrage tandis qu'elle est moins performante et suppose l'installation de module extérieur bruyant et disgracieux.

L'énergie photovoltaïque représente également un potentiel très important avec près de 2,5 millions de mètres carrés de toiture et quelques parkings. Le potentiel pour des centrales photovoltaïques au sol est limité avec les délaissés routiers (lors de la construction de l'A355) quelques sites artificialisés et potentiellement des projets vertueux sur l'agrivoltaïsme (au sens de la loi d'accélération du développement des énergies renouvelables).

Terre agricole, Kochersberg Ackerland possède aussi un potentiel de méthanisation avec les nombreuses exploitations agricoles.

22.1 Les freins au développement des filières

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 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Méconnaissance des technologies ▪ Montage du projet délicat (étude de sol, étude de surface)
	Bois énergie 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Utilisation importante en chauffage de base avec des équipements polluants. ▪ Mauvaise utilisation des particuliers (allumage, régulation) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 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
	Eolien 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Acceptabilité locale ▪ Montage des projets 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Insertion paysagère ▪ Un gisement de vent faible sur le territoire

23 SYSTEMES DE STOCKAGE ET DE GESTION DE L'ENERGIE

A l'ère du développement des énergies renouvelables et de la multiplication des points de production d'électricité décentralisés, le fonctionnement des réseaux électriques est en passe d'évoluer. Le fonctionnement actuel du réseau français est très centralisé, lui permettant de relier tous les points de production répartis sur l'ensemble de la France aux consommateurs.

Des solutions de pilotage à différents niveaux d'échelles semblent plus pertinentes pour gérer avec efficacité l'optimisation des productions, consommations, stockages et besoins en infrastructures électriques. C'est pourquoi on commence à voir apparaître des technologies de communication et de pilotage (smart-grids) permettant de satisfaire une demande croissante tout en intégrant la production d'origine renouvelable.

23.1 Définition d'un smart-grid

Un smart-grid est par définition un « réseau intelligent ». Il s'agit d'un réseau électrique de transmission ou de distribution, de grande ou de petite échelle et utilisant les Nouvelles Technologies de l'Informatique et de la Communication (NTIC). Un smart-grid n'est pas un nouveau réseau électrique, mais une évolution du réseau actuel permettant de répondre aux nouveaux défis du secteur de l'électricité :

- satisfaire une demande croissante en électricité,
- intégrer les sources de production intermittentes, décentralisées et d'origine renouvelable (objectifs nationaux 33% d'énergies renouvelables et de 40% d'énergies renouvelables dans la consommation d'électricité en 2030).

La figure ci-dessous offre une vision schématique d'un smart-grid.



Représentation schématique du fonctionnement d'un smart-grid (CRE)

On distingue 4 pôles différenciés qui sont :

- le pôle production,
- le pôle transport et distribution,
- le pôle consommation/production secondaire,
- le pôle contrôle des gestionnaires de réseaux d'électricité.

La différence majeure entre le réseau actuel et un smart-grid se trouve dans l'aspect communicatif de tous ces pôles entre eux. La gestion du réseau électrique pour l'instant centralisée et unidirectionnelle (allant de la production à la consommation) doit évoluer vers un système plus réparti et bidirectionnel. Dans le réseau actuel, l'équilibre est obtenu en pilotant l'offre d'électricité en fonction de la demande et aux conditions d'approvisionnement et de coût les plus favorables. Dans un smart-grid, la demande est gérée de façon active (incitations au délestage lors des pics de consommation) et permet tout comme l'offre d'équilibrer le système électrique.

Un smart-grid est donc une évolution du réseau qui va toucher à la fois la production et la consommation, avec comme aspect essentiel la communication entre tous les acteurs du réseau électrique. Pour répondre aux problématiques futures, il doit impliquer directement les utilisateurs finaux et gérer de façon optimale de nombreux paramètres qui sont :

- l'intégration des énergies renouvelables,
- l'intégration des véhicules électriques,
- le stockage de l'énergie,
- la modernisation du réseau.

23.2 Différentes échelles de smart-grid

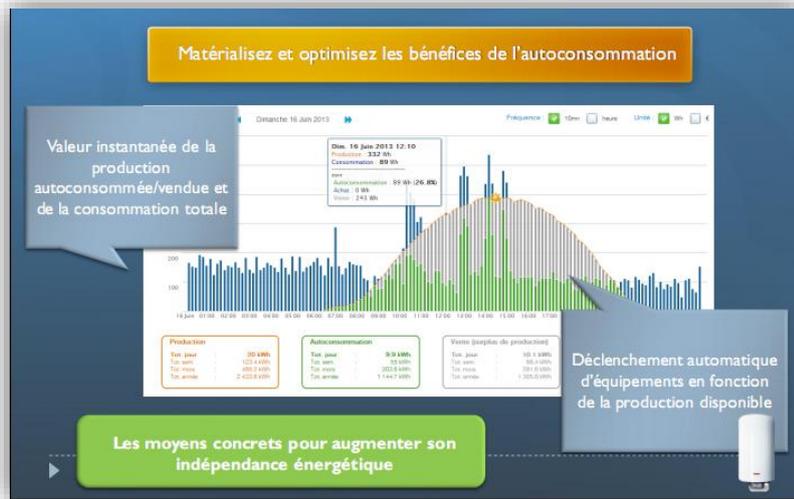
La notion de smart-grid peut s'appliquer sur plusieurs échelles si on considère l'aspect communicant visant à augmenter l'efficacité énergétique d'un réseau. Il peut s'agir dans sa forme la plus simple d'un bâtiment intelligent, d'un smart-grid sur un écoquartier ou sur une ville, ou encore à de plus grandes échelles sur un département ou une région. Le réseau électrique européen doit devenir un smart-grid à terme, la Commission Européenne a déjà comme objectif qu'au moins 80% des consommateurs soient équipés de compteurs intelligents d'ici 2020.

23.2.1 A L'ECHELLE D'UNE MAISON OU D'UN IMMEUBLE

La RT 2012 impose la mise en place d'un système permettant de mesurer ou d'estimer la consommation d'énergie de chaque logement (article 23 de l'arrêté du 26 octobre). Cette information est délivrée dans le volume habitable, par type d'énergie, a minima selon la répartition suivante:

- chauffage,
- refroidissement,
- production d'eau chaude sanitaire,
- réseau prises électriques,
- autres.

Au-delà de ce premier pas, une entreprise française propose déjà un boîtier permettant de piloter la mise en marche d'un chauffe-eau ou d'un lave-linge en corrélation avec la production photovoltaïque.



Boîtier de gestion et d'optimisation de la production photovoltaïque

Dans un immeuble, la Gestion Technique des Bâtiments (GTB) permet de relier le matériel et les contrôles de différents systèmes à un unique outil de gestion. Ainsi le chauffage, le refroidissement, l'éclairage, les stores et les systèmes de détection d'incendie et d'alarmes sont gérés par le même outil. Suivant les dispositifs utilisés, la GTB permet aussi de mesurer, piloter et anticiper la production et la consommation d'énergie dans un bâtiment.

Les bâtiments sont donc équipés de nombreux capteurs et actionneurs, ainsi que d'une plateforme ou d'un logiciel de gestion d'énergie. On compte des capteurs de présence, de température et de luminosité par exemple, qui permettent de limiter au mieux les consommations d'énergie superflues (chauffage lorsque l'occupant n'est pas là, éclairage trop important lorsque la luminosité est correcte, etc.).

Différents fabricants proposent des systèmes de GTB (Delta Dore, Siemens, Sauter, Trend, etc.) et les modes de communication dépendent des appareils et des capteurs installés.

23.2.2 A L'ECHELLE D'UN QUARTIER

La base d'un smart-grid à l'échelle d'un quartier réside dans la communication entre les différents bâtiments dans le but d'optimiser la gestion locale de l'énergie.

La communication entre les clients et les fournisseurs d'électricité se fait par l'intermédiaire des postes de distribution et d'une agence centrale de supervision. Il s'agit d'une communication par courants porteurs en ligne (CPL) entre les compteurs individuels (Linky) et le concentrateur situé dans le poste de distribution. Les données collectées dans les postes de distribution peuvent ensuite être envoyées à une agence centrale de supervision par le biais d'un réseau téléphonique GPRS. Ce modèle s'applique aussi à un réseau de plus grande échelle que pour un quartier, tel que pour une ville ou un département, et à long terme pour le réseau national, voire européen.

Le schéma ci-dessous illustre le fonctionnement du réseau électrique lors des week-ends dans l'écoquartier Issygrid à Issy-les-Moulineaux.



Production et consommation d'électricité le week-end au sein du quartier Issygrid (issy.com)

Sur ce schéma, on voit à gauche les bâtiments tertiaires « en veille » lors du week-end ainsi que leur production d'électricité photovoltaïque. Les bâtiments de logements consomment plus d'énergie le week-end et le smart-grid leur permet donc d'être alimentés par l'électricité produite localement. Les données de production et de consommation d'électricité sont traitées par le centre d'information, d'expertise et de conseil du réseau qui fait le lien entre le gestionnaire de réseau et les consommateurs (particuliers et entreprises).

Le centre d'information, d'expertise et de conseil du réseau est nommé VIGIE pour Issygrid. Il est opérationnel depuis septembre 2012. Au fur et à mesure de l'évolution du quartier, il proposera des options d'amélioration aux acteurs du réseau telles que des propositions d'effacement aux clients (les consommateurs reçoivent un texto leur demandant s'ils veulent réduire leur consommation sur une plage horaire donnée, et ceux-ci répondent par oui ou non).

L'éclairage public est aussi une donnée très importante des éco-quartiers. La consommation électrique d'un éclairage public traditionnel représente presque 50% de la consommation électrique d'une commune, donc les éco-quartiers doivent être équipés de dispositifs économes. On trouve des systèmes intelligents qui s'adaptent en temps réel à la luminosité ambiante et au trafic routier en permettant un éclairage optimal.

23.2.3 A PLUS GRANDE ECHELLE

Les objectifs européens de réduction d'émissions de gaz à effet de serre permettent le déploiement des smart-grids dans toute l'Europe. Ce développement va s'accélérer dans les années à venir avec comme objectif à terme un super-grid européen capable d'intégrer efficacement les sources de production renouvelables intermittentes et les véhicules électriques.

En France, on trouve un projet de smart-grid à grande échelle en Vendée. Le projet Smart Grid Vendée est accompagné par l'ADEME dans le cadre de son programme Réseaux Electriques Intelligents des Investissements d'avenir, la Vendée étant en avance sur le reste de la France au niveau des énergies renouvelables (8% d'électricité d'origine renouvelable contre 4% en France). Ce projet de près de 30 millions d'euros a démarré en janvier 2013 et doit durer 5 ans. Il est coordonné par le Syndicat Départemental d'Énergie et d'Équipement de la Vendée (SyDEV).

Ce projet vise à améliorer l'observabilité et diminuer l'incertitude géographique et temporelle sur la production et la consommation de sites particuliers. Différents postes du réseau électrique vendéen (consommation, production ou distribution) sont ciblés par le programme.

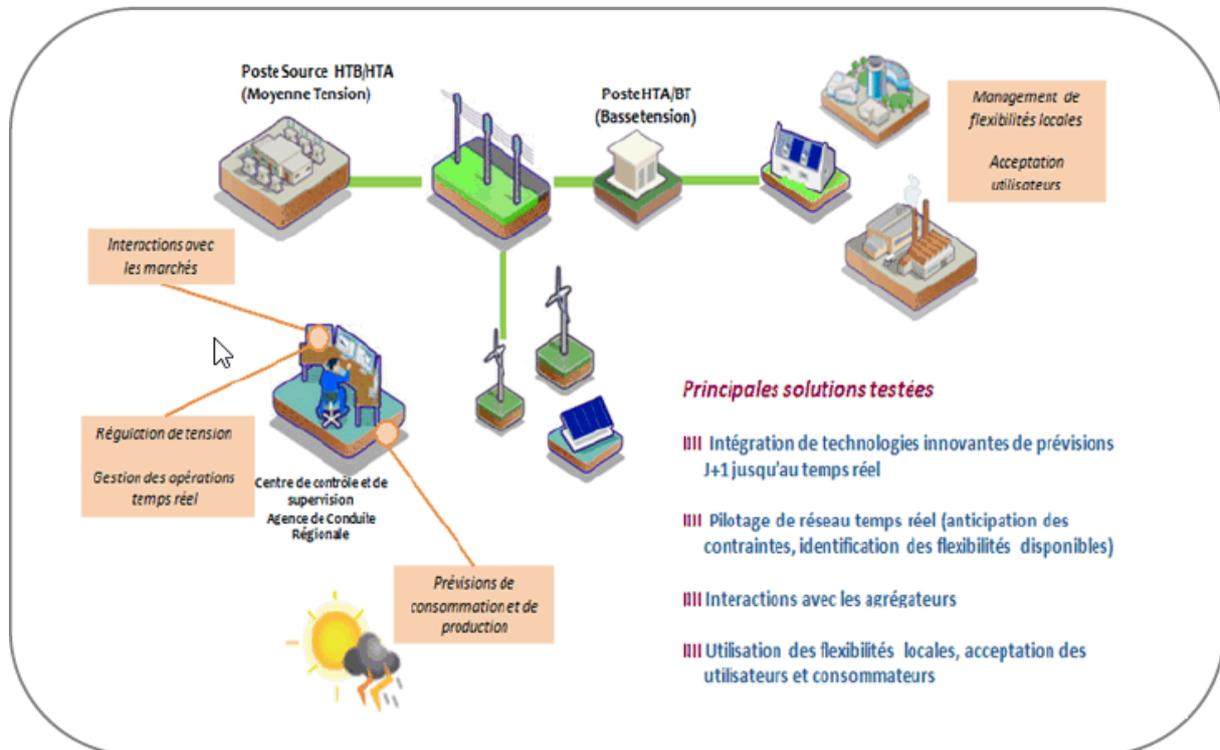
Au niveau des postes de production, ce sont 6 parcs éoliens (puissance totale de 50MWc) et 30 sites de production photovoltaïque (puissance totale de 2MWc) qui seront ciblés par le programme et équipés de

dispositifs de communication et de capteurs de nouvelle génération permettant de prévoir leurs productions en temps réel. En effet, la plupart de ces sites de production sont directement raccordés au réseau de distribution et peuvent créer des congestions lors des pics de production.

Pour la consommation, 100 bâtiments publics, 10 000 points lumineux et un site industriel seront instrumentés de compteurs Linky et de capteurs (pour l'éclairage public).

L'instrumentation porte aussi sur 6 postes sources HTB/HTA (qui concentrent près de 60% de la production électrique de Vendée), 73 départs HTA et 100 postes HTA/BT qui seront équipés d'organes de manœuvre télécommandés intelligents et de dispositifs de communication.

Les dispositifs installés permettront ainsi d'avoir une structure de communication spécifique entre le réseau de distribution et l'ensemble des producteurs d'électricité. La figure ci-dessous présente le réseau vendéen et les principales solutions testées.



Présentation du Smart Grid Vendée (ADEME)

Quatre aspects seront pris en compte dans les résultats de ce projet :

- l'innovation : développer et déployer des solutions technologiques permettant une meilleure insertion des EnR, une amélioration de la qualité de fourniture en électricité,
- l'économie : définir pour tous les acteurs du réseau électrique les modèles d'affaires et de rémunération pour la gestion du système électrique local,
- l'environnement : permettre l'intégration territoriale et sociétale du projet tout en mesurant l'impact sur le système local et l'ensemble de la filière électrique,
- le social : créer une formation en apprentissage d'« ingénieur smart-grid » au CNAM Pays de la Loire.

23.3 scénario tendanciel de développement des énergies 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 ménages¹³, de l'attractivité des installations auprès des maîtres d'ouvrage et des propriétaires, etc.

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

2030 Tendanciel	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)	0,1%	12	12	12 MWh/an	0,4%	0,4	0,4	0 MWh/an

La dynamique en région Grand-Est est de 340 CESI installés sur le neuf et l'existant en 2020. Si l'on rapporte cette dynamique sur le territoire (au prorata du nombre de maisons), cela correspond à 2 CESI par an. En considérant que 75% de ces installations se font sur les maisons existantes, cela correspond à environ 12 installations entre 2020 et 2030, soit 0,1% des potentiels théoriques identifiés.

La dynamique régionale rapportée au territoire correspondrait à moins de 1 installation réalisée 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 additionnelle¹⁴ n'est prise par la collectivité ou les acteurs du territoire pour favoriser les installations les plus vertueuses**. Les maîtres d'ouvrage 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'ouvrage 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,
- 22% des maisons existantes sont toujours chauffées au fioul et au gaz propane en 2030,

¹³ 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 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.

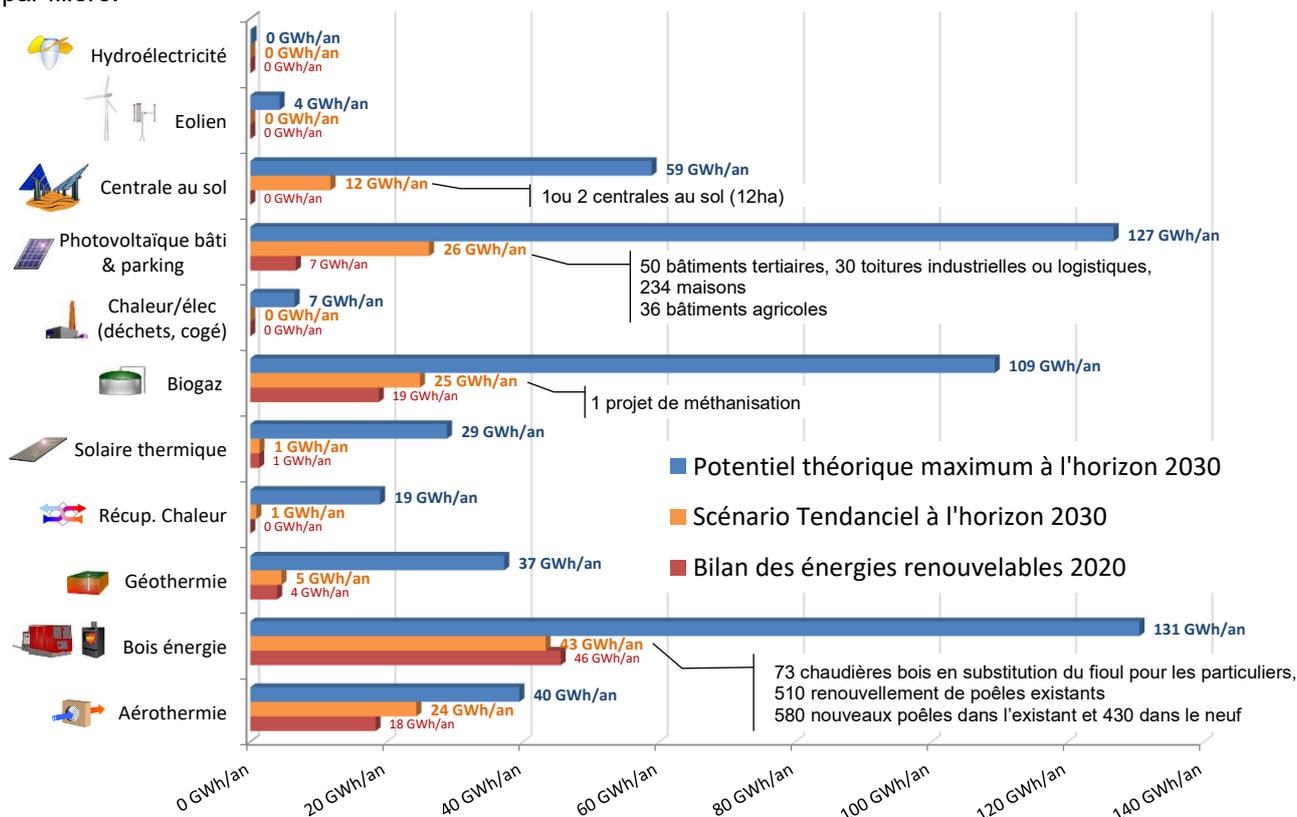
¹⁴ Par rapport aux mesures inscrites dans le PCET et engagées

→ les installations photovoltaïques se développent dès maintenant avec la loi d'accélération du développement des énergies renouvelables (parking de m=plus de 1 500 m², bâtiments neufs).

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 **408 566 MWh/an en 2030** contre 239 837 MWh/an à fin 2016. Cette production correspond à **19% de la consommation d'énergie finale** en considérant que celle-ci diminue selon le scénario tendanciel. Pour mémoire, cette part était de 2,2% en 2016. Ce scénario entraînerait également la création de près de **2 876 emplois pour la fabrication et l'installation des équipements, et environ 346 emplois pour la maintenance.**

Le graphique permet de comparer le scénario tendanciel à la production fin 2016 et aux gisements théoriques par filière.

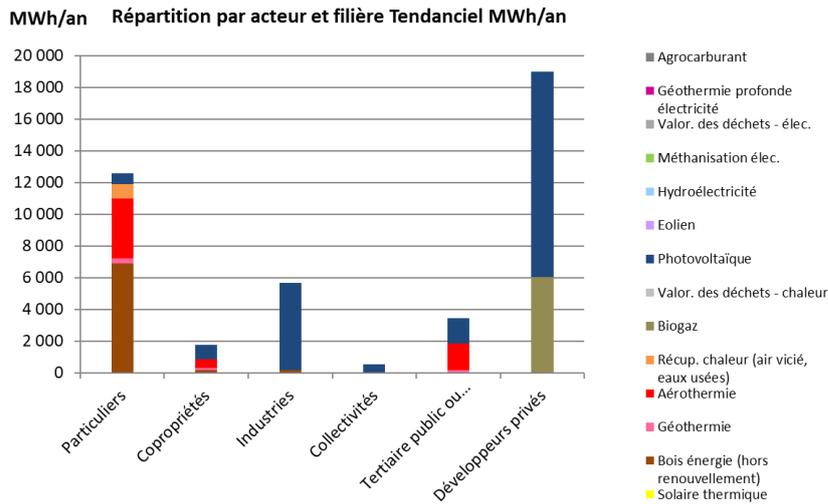


Remarques :

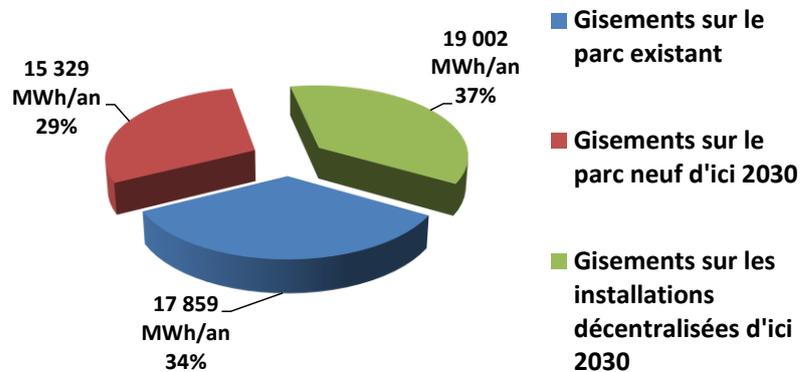
La consommation de bois énergie augmente significativement, mais ces consommations supplémentaires sont compensées par une diminution des consommations existantes (rénovation des maisons selon le scénario tendanciel, entraînant une baisse des consommations de chauffage, et remplacement des équipements existants par des équipements ayant un meilleur rendement). Sur les équipements des ménages, ce sont 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.

Ce graphique met en évidence que la production additionnelle à 2030 vient majoritairement des développeurs privés pour le biogaz et le photovoltaïque et du développement du bois énergie chez les particuliers.



Répartition par type de projet Tendancier



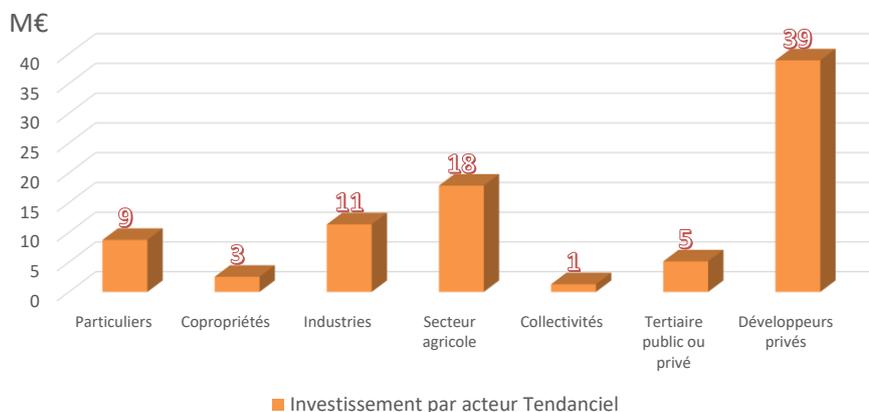
Le gisement sur le parc existant concerne toutes les installations intégrées sur les bâtiments existants.

Le gisement sur les installations décentralisées concerne les centrales photovoltaïques au sol, les ombrières de parking et les unités de méthanisation.

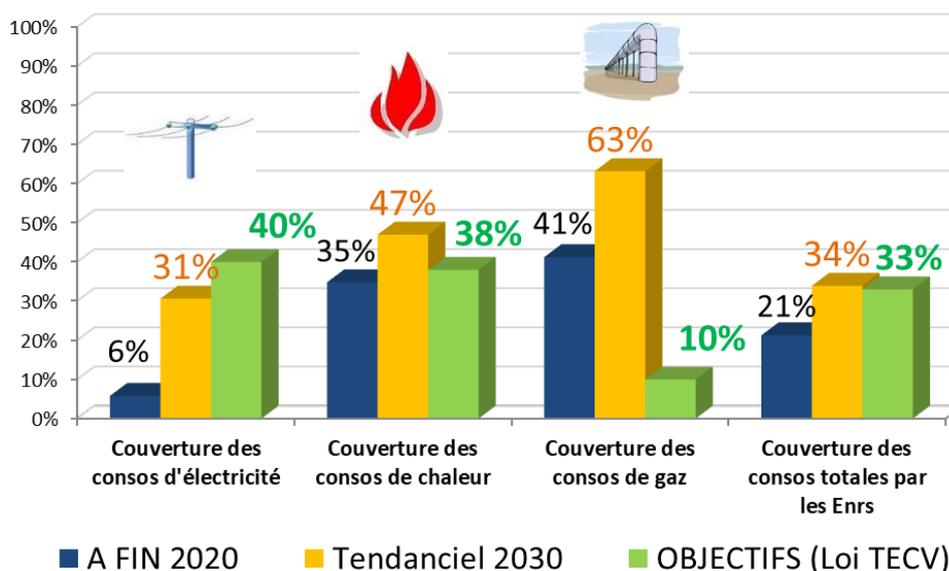
Les installations décentralisées représentent 37% de la production dans le scénario tendancier. Les installations à énergies renouvelables sur le parc neuf des maisons et immeubles représentent 29% des gisements à l'horizon 2030.

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

INVESTISSEMENTS DANS LES EnRS PAR ACTEUR D'ICI 2030



23.3.1 LE SCENARIO TENDANCIEL ET LES OBJECTIFS DE LA LOI TECV ET DU SRADDET



La couverture des consommations d'électricité augmente avec le développement du photovoltaïque. La couverture des consommations de chaleur augmente essentiellement avec le bois énergie et les pompes à chaleur air/air.

La production de biogaz si elle voit bien le jour en 2030 peut permettre d'accroître sensiblement la part global d'énergie renouvelable du territoire pour atteindre 34% en 2030.

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. Potentiels théorique maximums

Les deux tableaux suivants présentent les potentiels théoriques maximums pour l'ensemble des filières. Ils tiennent compte des enjeux réglementaires et de l'adaptation des systèmes à énergies renouvelables sur le parc existant des bâtiments. 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	Gisement identifié sur l'existant (nb d'inst.)	Gisement identifié sur l'existant (MWh/an)	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)
Solaire thermique						
CESI (chauffe-eau solaire individuel)	8 007	23 926 m ²	8 374 MWh/an	110	255 m ²	89 MWh/an
SSC (système solaire combiné)	2 870	51 491 m ²	16 477 MWh/an			
CESC sur les logements privés	112	1 844 m ²	922 MWh/an	8	74 m ²	37 MWh/an
CESC sur les logements HLM	3	40 m ²	20 MWh/an			
CESC hors habitat	45	2 216 m ²	1 108 MWh/an	1	10 m ²	5 MWh/an
Agricole (ECS et séchage)	49	392 m ²	196 MWh/an	0	0 m ²	0 MWh/an
Haute T° (industrie)	9	540 m ²	378 MWh/an	0	15 m ²	10 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 :	11 094	80 449 m²	27 475 MWh/an	119	354 m²	141 MWh/an
Bois énergie - Chaudières automatiques						
Maison - chaudière automatique	2 572	4 885 kW	16 193 MWh/an			
Chaudière collective (immeubles logts)	57	445 kW	1 474 MWh/an	13	74 kW	244 MWh/an
Chaudières collectives (tertiaire)	25	337 kW	1 112 MWh/an	2	30 kW	73 MWh/an
Chaudières dans l'industrie	23	11 700 kW	48 479 MWh/an			
Chaudière secteur agricole	47	734 kW	2 434 MWh/an	0	0 kW	0 MWh/an
Réseaux de chaleur	8	1 620 kW	6 713 MWh/an			
Micro-cogénération bois (tertiaire)	25	337 kW	1 113 MWh/an	2	30 kW	73 MWh/an
Micro-cogénération bois (individuelle)	2 572	3 082 kW	13 621 MWh/an	110	358 kW	499 MWh/an
Sous-total bois énergie :	160	14 837 kW	60 212 MWh/an	15	104 kW	344 MWh/an
Inserts et Poêles performants						
Poêles et inserts renouvellement	3 431	9 258 kW	30 687 MWh/an			
Poêles et inserts nouveaux équipements	3 661	9 509 kW	31 519 MWh/an	110	358 kW	499 MWh/an
Poêles bouilleurs (ECS + chauffage)	2 572	4 885 kW	16 193 MWh/an			
Sous-total chauffage au bois :	7 092	18 766 kW	62 206 MWh/an	110	358 kW	499 MWh/an
Géothermie - PAC						
Maison géothermie verticale	2 346	3 007 kW	13 289 MWh/an	89	68 kW	303 MWh/an
Immeubles collectifs (nappe ou sondes)	64	461 kW	2 038 MWh/an	10	33 kW	148 MWh/an
Immeubles tertiaires (nappe ou sondes)	47	870 kW	3 732 MWh/an	5	19 kW	83 MWh/an
Immeubles industriels	14	312 kW	5 179 MWh/an			
Réseau de chaleur géothermique	9	453 kW	7 500 MWh/an	15		22 MWh/an
Sources chaudes	0	0 kW	0 MWh/an	0	0 kW	0 MWh/an
Sous-total géothermie PAC :	2 481	5 103 kW	31 739 MWh/an	119	121 kW	556 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)	5 247	3 476 kW	23 043 MWh/an	110	38 kW	250 MWh/an
Immeuble aérothermie (air/air)	347	782 kW	5 183 MWh/an	13	18 kW	122 MWh/an
Bâtiments tertiaires	136	1 023 kW	6 781 MWh/an	7	12 kW	80 MWh/an
Sous-total aérothermie PAC :	5 729	5 280 kW	35 007 MWh/an	129	68 kW	452 MWh/an
Récupération de chaleur fatale						
Maisons (chauffe-eau thermodynamique)	6 005	4 204 kW	5 259 MWh/an	110	77 kW	74 MWh/an
Maisons (ECS - eaux usées)	8 007		4 003 MWh/an	110		55 MWh/an
Immeubles collectifs (ECS - eaux usées)	30		251 MWh/an	10		61 MWh/an
Immeubles tertiaires (ECS - eaux usées)	19		529 MWh/an	1		6 MWh/an
Collecteurs & Stations d'épuration	3	1 475 kW	6 520 MWh/an			
Chaleur fatale industrie	3		540 MWh/an			
Data center	0		0 MWh/an			
Sous-total récup. chaleur :	14 067		17 103 MWh/an	231		196 MWh/an
Biogaz chaleur						
Projet à la ferme	0	0 kW	26 508 MWh/an			
Injection de biogaz dans le réseau	1	7 000 kW	60 520 MWh/an			
Sous-total biogaz :	1		87 029 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		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 	8 007	24 020 kW	24 711 MWh/an	110	330 kW	339 MWh/an	
Immeubles de logements	313	12 506 kW	12 865 MWh/an	8	166 kW	171 MWh/an	
Bâtiments tertiaires	457	18 215 kW	18 738 MWh/an	1	17 kW	18 MWh/an	
Equipements sportifs, culture, loisirs	57	2 275 kW	2 340 MWh/an	0,3	31 kW	31 MWh/an	
Grandes toitures (industrielles, stockage)	132	20 338 kW	19 496 MWh/an	0	112 kW	112 MWh/an	
Bâtiments agricoles	712	30 468 kW	31 344 MWh/an	2	916 kW	942 MWh/an	
Ombrières de parking	3	1 211 kW	1 161 MWh/an				
Centrales photovoltaïques	42	59 322 kW	58 947 MWh/an				
Sous-total photovoltaïque :	9 723	168 355 kW	169 602 MWh/an	122	1 572 kW	1 614 MWh/an	
Hydroélectricité							
Petites hydroélectricité 	3	60 kW	192 MWh/an				
Nouveaux sites	0	0 kW	0 MWh/an				
Otpimisation, suréquipement	0	0 kW	0 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 :	3	60 kW	192 MWh/an	0	0 kW	0 MWh/an	
Eolien							
Parc éolien (nb de machines) 	0	0 kW	0 MWh/an				
Petites éoliennes	115	2 875 kW	4 313 MWh/an				
Sous-total éolien :	115	2 875 kW	4 313 MWh/an	0	0 kW	0 MWh/an	
Biogaz électricité							
Projet à la ferme 	0	0 kW	22 291 MWh/an				
Sous-total biogaz :		0 kW	22 291 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	25	56 kW	185 MWh/an	2	5 kW	12 MWh/an	
Micro-cogénération bois individuelle	2 572	1 027 kW	4 540 MWh/an	110	119 kW	166 MWh/an	
Sous-total incinération :		1 084 kW	4 726 MWh/an	112	124 kW	179 MWh/an	
Géothermie profonde électricité							
Géothermie haute et basse température	0	0 kW	0 MWh/an				
Sous-total géothermie profonde :			0 MWh/an				

C. scénario tendanciel de développement des énergies renouvelables

2030 Tendanciel	Proposition d'un objectif en % du gisement identifié								Production attendue en 2030 des installations existantes	Réalisation entre 2021 2030	Réalisations par an entre 2021 2030	Production totale en MWh/an 2030
	SUR L'EXISTANT ou réalisé une seule fois				SUR LE NEUF (réalisation chaque année)				MWh/an	MWh/an	nb/an	MWh/an
	%	Dyn. Act.	nb d'inst.	MWh/an	%	nb d'inst.	MWh/an	MWh/an	MWh/an	nb/an	MWh/an	
Solaire thermique												
CESI (chauffe-eau solaire individuel)	0,2%	14	14	15 MWh/an	0,4%	0,5	0,5	0 MWh/an		19	2	
SSC (système solaire combiné)	0%	1	1	4 MWh/an					4	0		
CESC sur les logements privés	0%	0	0	0 MWh/an	0%	0	0	0 MWh/an		0	0	
CESC sur les logements HLM	0%	0	0	0 MWh/an					0	0		
CESC hors habitat	0%	0	0	0 MWh/an	0%	0	0	0 MWh/an		0	0	
Agricole (ECS et séchage)	16%	8	8	32 MWh/an	0%	0	0	0 MWh/an		32	1	
Haute T° (industrie)	0%	0	0	0 MWh/an	0%	0	0	0 MWh/an		0	0	
Chauffage de l'eau des piscines	0%	0	0	0 MWh/an					0	0		
Réseau de chaleur solaire thermique	0%	0	0	0 MWh/an					0	0		
Sous-total solaire thermique :			23	51 MWh/an		0	0 MWh/an		1 306	55	3	1 361
Bois énergie - Chaudière automatique												
Maison - chaudière automatique	3%	73	73	632 MWh/an					632	7		
Chaudière collective (immeubles logts)	0%	0	0	0 MWh/an	9%	0	1	18 MWh/an	180	1		
Chaudières collectives (tertiaire)	0%	0	0	0 MWh/an	0%	0	0	0 MWh/an	0	0		
Chaudières dans l'industrie	0%	0	0	0 MWh/an					19	0		
Chaudière secteur agricole	0%	0	0	0 MWh/an	0%	0	0	0 MWh/an	190	0		
Réseaux de chaleur	0%	0	0	0 MWh/an					0	0		
Micro-cogénération bois (tertiaire)	0%	0	0	0 MWh/an	0%	0	0	0 MWh/an	0	0		
Micro-cogénération bois (individuelle)	0%	0	0	0 MWh/an	0%	0	0	0 MWh/an	0	0		
Ss-total bois énergie - chaudière automatique :			73	632 MWh/an		1	37 MWh/an		5 425	1 002	8	6 427
Inserts et Poêles performants												
Poêles et inserts renouvellement	15%	509	509	4 550 MWh/an					Renouvel. et baisse de la consommation -->	4 550	51	
Poêles et inserts nouveaux équipements	16%	581	581	4 443 MWh/an	39%	36	43	163 MWh/an	6 071	101		
Poêles bouilleurs (ECS + chauffage)	1%	19	19	167 MWh/an					167	2		
Sous-total bois énergie - inserts et poêles :			1 109	9 160 MWh/an			43	163 MWh/an	26 153	10 788	154	36 941
Géothermie-PAC												
Maison géothermie verticale	2%	40	40	229 MWh/an	4%	4	4	11 MWh/an		344	8	
Immeubles collectifs (nappe ou sondes)	2%	1	1	68 MWh/an	4%	12	0	5 MWh/an		114	1	
Immeubles tertiaires (nappe ou sondes)	3%	1	1	53 MWh/an	20%	10	1	12 MWh/an		176	1	
Immeubles industriels	0%	0	0	0 MWh/an						0	0	
Réseau de chaleur géothermique	0%	0	0	0 MWh/an	0%	0	0	0 MWh/an		0	0	
Sources chaudes	0%	0	0	0 MWh/an						0	0	
Sous-total géothermie PAC :			42	350 MWh/an		5	28 MWh/an		3 949	634	10	4 583
Géothermie basse et haute T°												
Géothermie profonde, prod. chaleur	0%	0	0	0 MWh/an						0	0	
Sous-total géothermie basse et haute T° :			0	0 MWh/an		0	0 MWh/an		0	0	0	0
Aérothermie - PAC												
Maison aérothermie (air/eau)	15%	767	767	2 933 MWh/an	39%	9	43	82 MWh/an		3 756	120	
Immeuble aérothermie (air/air)	4%	13	13	389 MWh/an	15%	0	2	15 MWh/an		543	3	
Bâtiments tertiaires	50%	68	68	1 432 MWh/an	50%	1	3	24 MWh/an		1 676	10	
Sous-total aérothermie PAC :			848	4 754 MWh/an			49	122 MWh/an	18 405	5 976	133	24 381
Récupération de chaleur fatale												
Maisons (chauffe-eau thermodynamique)	3%	203	203	177 MWh/an	96%	106	106	71 MWh/an		892	126	892
Maisons (ECS - eaux usées)	0%	0	0	0 MWh/an	0%	0	0	0 MWh/an		0	0	0
Immeubles collectifs (ECS - eaux usées)	0%	0	0	0 MWh/an	0%	0	0	0 MWh/an		0	0	0
Immeubles tertiaires (ECS - eaux usées)	0%	0	0	0 MWh/an	0%	0	0	0 MWh/an		0	0	0
Collecteurs & Stations d'épuration	0%	0	0	0 MWh/an						0	0	0
Chaleur fatale industrie	0%	0	0	0 MWh/an						0	0	0
Data center	0%	0	0	0 MWh/an						0	0	0
Sous-total récup. chaleur :			203	177 MWh/an		106	71 MWh/an		892	126	892	
Biogaz - Production de chaleur												
Projet à la ferme	0%	26 508		0 MWh/an						0		0
Injection de biogaz dans le réseau	10%	0		6 052 MWh/an						6 052		6 052
Sous-total biogaz chaleur :				6 052 MWh/an					18 870	6 052	0,01	24 922
Valorisation déchets / biomasse												
Unité de valorisation des déchets	0%			0 MWh/an						0		0
Unité de valorisation de la biomasse	0%			0 MWh/an						0		0
Sous-total valorisation des déchets / biomasse :				0 MWh/an					0	0		0
TOTAL THERMIQUE (MWh/an)				0 MWh/an					93 456			93 456
Rappel de la production renouvelable thermique en 2020 : 88 116 MWh/an									Production thermique et biogaz (MWh/an)			99 508
en 2030 la production est multipliée par : 1,13									équivalent tep/an			8 558
									rejet de CO2 évité (tCO2/an)			18 525

2030

TENDANCIEL

	Proposition d'un objectif en % du gisement identifié							Réalisation à fin	Réalisation entre	Réalisations par an entre	Production totale en	
	SUR L'EXISTANT ou réalisé une seule fois				SUR LE NEUF (réalisation chaque année)			2018	2019	2019	2030	
	%	Dyn. Act.	nb d'inst.	MWh/an	%	nb d'inst.	MWh/an	MWh/an	MWh/an	nb/an	MWh/an	
Photovoltaïque												
Maison individuelle	1%	67	67	206 MWh/an	15%	17	17	52 MWh/an		723	23	2 487
Immeubles de logements	0%	2	2	62 MWh/an	50%	4	4	86 MWh/an		918	4	918
Bâtiments tertiaires	8%	18	36	1 497 MWh/an	50%	0	0	9 MWh/an		1 585	4	1 585
Equipements sportifs, culture, loisirs	16%	5	9	375 MWh/an	50%	0	0	16 MWh/an		532	1	674
Grandes toitures (industrielles, stockage)	23%	30	30	4 474 MWh/an	90%	0	0	101 MWh/an		5 483	3	8 144
Bâtiments agricoles	2%	15	15	670 MWh/an	90%	2	2	848 MWh/an		9 149	4	11 286
Ombrières de parking (1 MWc)	100%		3	1 161 MWh/an						1 161	0	1 161
Centrales photovoltaïques (12 MWc)	20%	42	8	11 789 MWh/an						11 789	1	11 789
										0	0	0
Sous-total solaire photovoltaïque :			171	20 234 MWh/an			24	1 111 MWh/an	6 705	31 340	41	38 045
Hydroélectricité												
Petites hydroélectricité	0%		0	0 MWh/an						0	0	
Nouveaux sites	0%		0	0 MWh/an						0	0	
Otpimisation, suréquipement	0%		0	0 MWh/an						0	0	
Turbinage eau potable	0%		0	0 MWh/an						0	0	
Turbinage eaux usées	0%		0	0 MWh/an						0	0	
Hydroliennes	0%		0	0 MWh/an						0	0	
Sous-total hydroélectricité :			0	0 MWh/an					0	0	0,0	0
Eolien												
Parc éolien (0 MW)	0%		0	0 MWh/an						0	0	
Petites éoliennes	0%		5	0 MWh/an						0	0	
Sous-total éolien :			0	0 MWh/an					0	0	0	0
Biogaz - Production d'électricité												
Projet à la ferme	0%		2 229	0 MWh/an						0		
Sous-total biogaz électricité :				0 MWh/an					0	0	0,0	0
Valorisation des déchets / biomasse												
Unité de valorisation des déchets	0%			0 MWh/an						0		
Unité de valorisation de la biomasse	0%			0 MWh/an						0		
Micro-cogénération bois tertiaire	0%		0	0 MWh/an	0%	0	0	0 MWh/an		0	0	0
Micro-cogénération bois individuelle	0%		0	0 MWh/an	0%	0	0	0 MWh/an		0	0	0
Sous-total incinération :			0	0 MWh/an			0	0 MWh/an	0	0	0,0	0
Rappel de la production renouvelable électrique en 2020 : 6 705 MWh/an en 2030 la production est multipliée par : 5,7								TOTAL ELECTRIQUE (MWh/an) Production électrique (MWh/an) 38 045 équivalent tep/an 3 272 rejet de CO2 évité (tCO2/an) 11 414				
Agrocarburants												
Production	0%			0 MWh/an						0		
									168	0		168
TOTAL TOUTES ENERGIES RENOUVELABLES MWh/an :								80 982	56 739	474	137 721	

D. Rejet de CO₂ évités par les filières énergies renouvelables

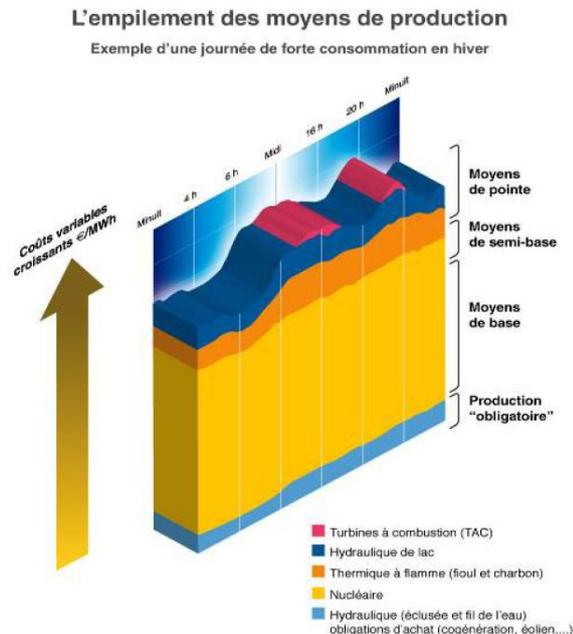
L'objectif est de préciser les hypothèses qui ont été prises et le mode de calcul adopté afin de quantifier les rejets de CO₂ évités par les filières énergies renouvelables.

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.

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



Les énergies renouvelables entrent dans la catégorie des productions « obligatoires » qui apparaissent en première place dans l'empilement des moyens de production.

« La sollicitation des moyens de production pour satisfaire la demande respecte un ordre économique établi 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'hydrolique 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,

Pour l'électricité, le contenu de CO₂ est issu des récents travaux de l'ADEME et de RTE qui estime une valeur de 80gCO₂/kWh pour le chauffage si les objectifs d'évolution et de décarbonation du mix électrique français prévus dans la PPE sont tenus

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 2020	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	44%	17%	44%	17%	235	235	104,5	40,7	102,6	40,1	
élec	34%	34%	50%	66%	132	53	45,3	45,3	26,8	35,1	
fuel	12%	41%	6%	17%	329	329	40,2	136,3	20,1	56,7	
bois	9,1%	7,0%	0%	0%	33	33	3,0	2,3	0,0	0,0	
chauffage urbain	0%	0,0%	0%	0%	152	152	0,0	0,0	0,0	0,0	
On retient (gCO₂/kWh) :								193,0	225,0	150,0	130,0

Aussi, il est possible de retenir :

- **pour les logements collectifs : une valeur moyenne de 150 gCO₂évités/kWh pour la substitution de la production de l'eau chaude sanitaire et de 193 gCO₂évités/kWh pour le chauffage,**
- **pour les maisons individuelles : une valeur moyenne de 130 gCO₂évités/kWh pour la substitution de la production de l'eau chaude sanitaire et de 225 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).

E. Méthodologie sur les consommations d'énergie

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.

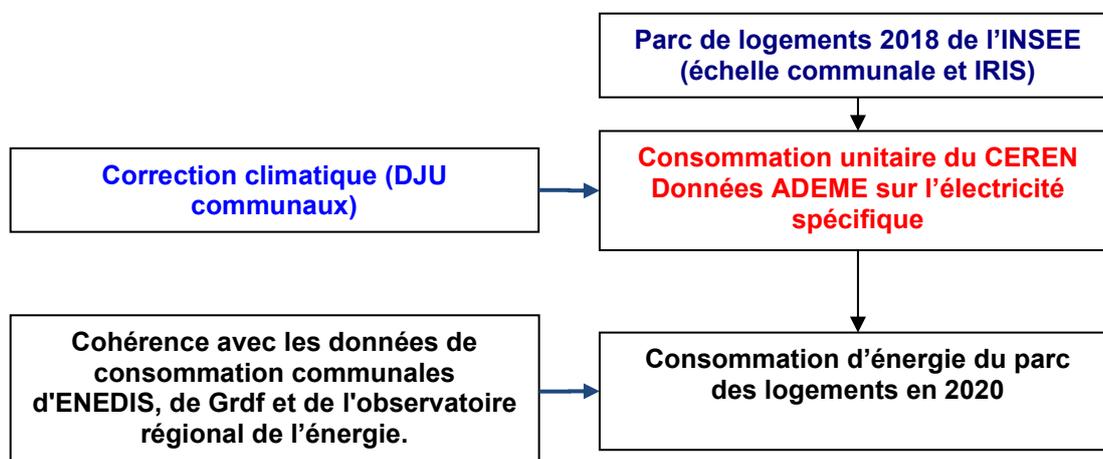
Pour autant, leur traitement pour aboutir à une consommation énergétique par grand secteur peut entraîner des écarts suivant les différentes énergies ou sous-secteurs étudiés.

Traitement des données pour le secteur de l'habitat

- 
- Le recensement général de la population de l'INSEE (2018) 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).

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 fioul 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 2020, 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 2015 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.

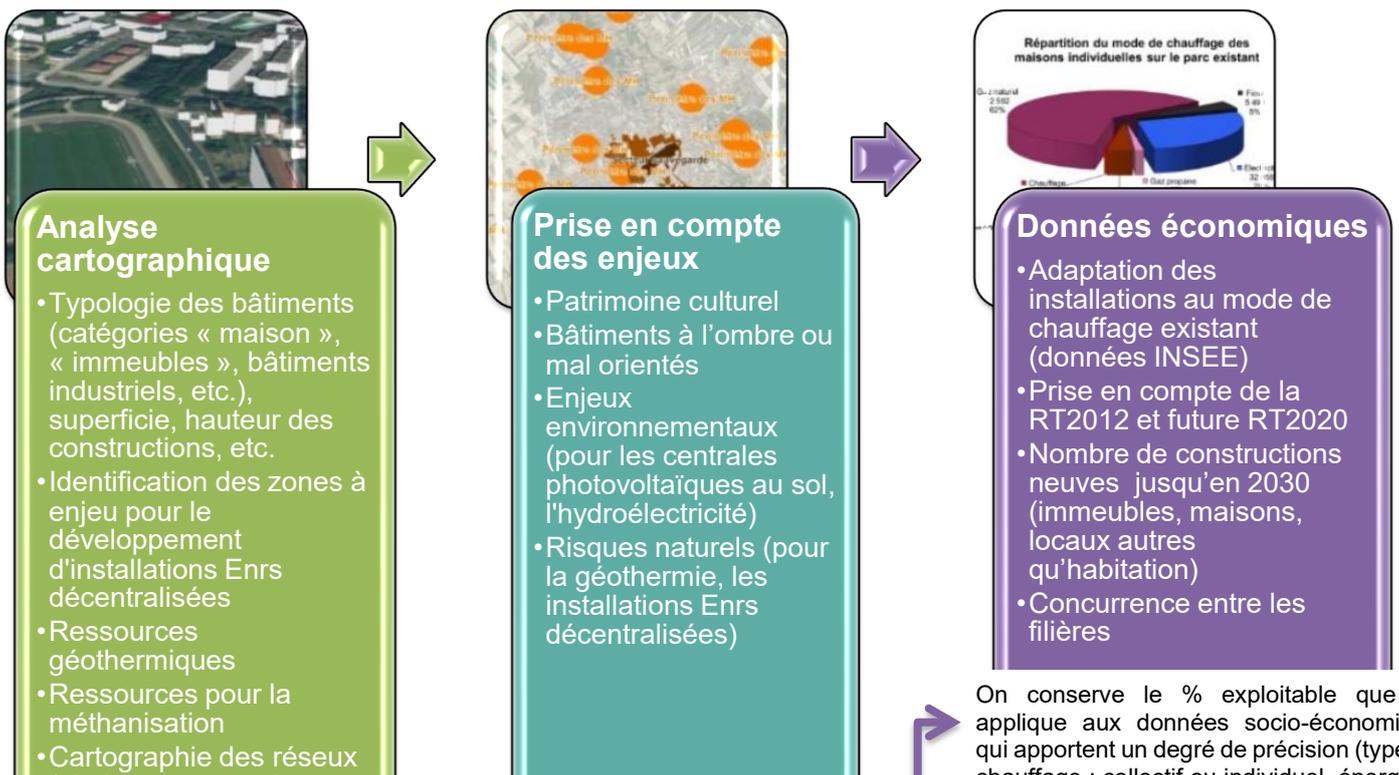
Une corrélation est possible sur les consommations d'électricité avec les données précises d'ENEDIS, toutefois le secret statistique s'applique également et il est possible que les chiffres d'ENEDIS sous-estiment les consommations réelles. Un bon nombre des consommations du secteur agricole sont par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

F. Méthodologie 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.

G. Les freins au développement 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.

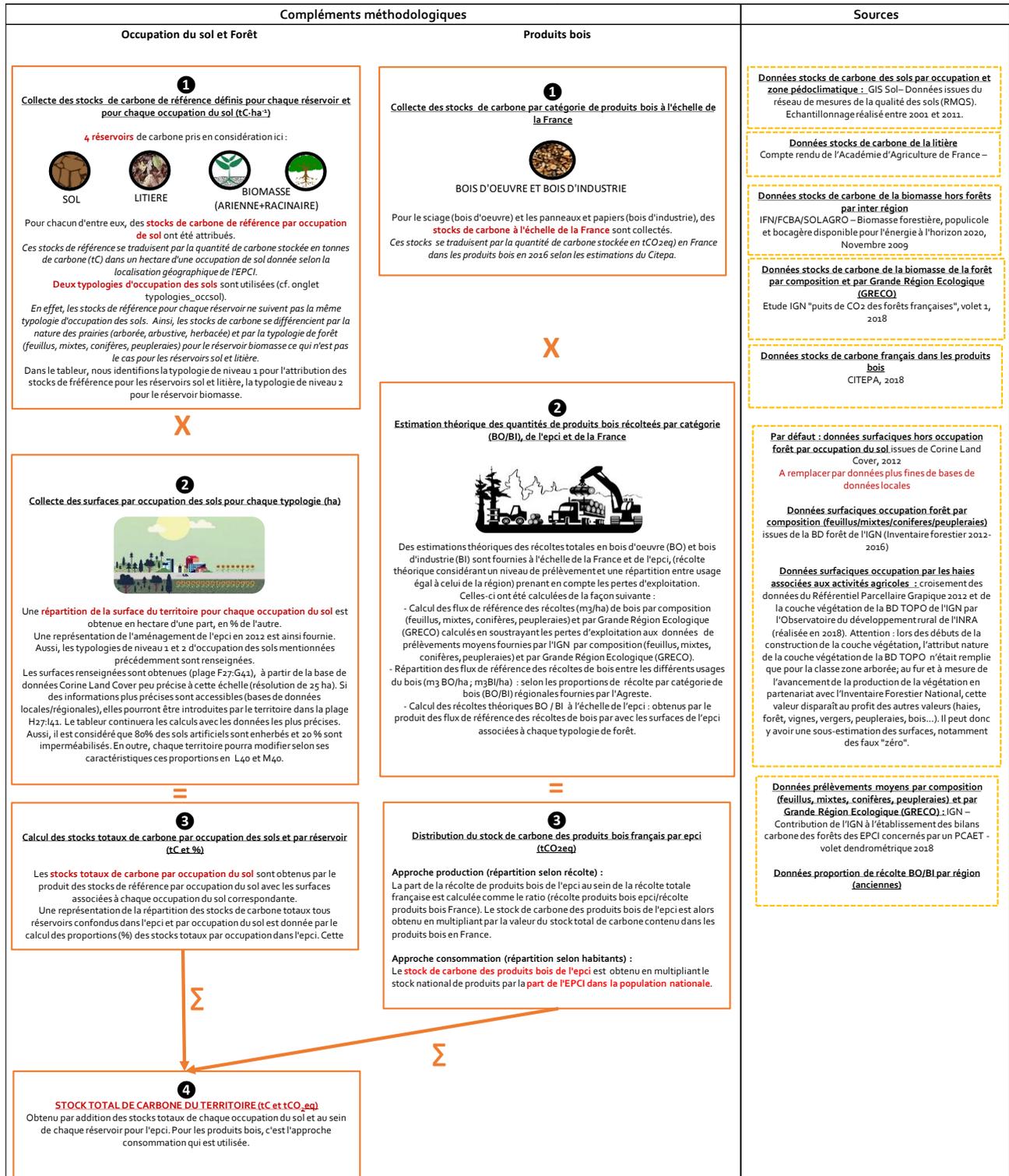
Contraintes contractuelles et réglementaires

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 ?

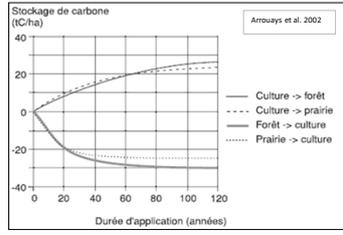
Ces aspects doivent être définis de manière contractuelle. Le manque de dialogue et de coopération entre les industriels ainsi que les difficultés à contractualiser et à répartir les responsabilités représentent des freins à une valorisation externe de la chaleur fatale.

H. méthodologie 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⁻²·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>LITIERE</p> <p>flux estimés pour chaque changement d'affectation des sols nationaux (métropole)</p> </div> <div>  <p>BIOMASSE (AERIENNE + RACINAIRE) HORS FORETS</p> <p>flux estimés pour chaque changement d'affectation des sols spécifiques aux</p> </div> <div>  <p>BIOMASSE (AERIENNE + RACINAIRE) EN FORETS</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>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⁻²·an⁻¹) associés à chaque composition forestière (C32 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 C64 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'OEUVRE 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>

