



PCAET

Diagnostic territorial



SOMMAIRE

1	INTRODUCTION	5
1.1	LES ENJEUX CLIMAT-ENERGIE-AIR	5
1.2	LES ENGAGEMENTS NATIONAUX ET REGIONAUX POUR LE CLIMAT ET LA QUALITE DE L’AIR	5
1.3	VALLEE SUD - GRAND PARIS S’ENGAGE POUR LA TRANSITION ENERGETIQUE DE SON TERRITOIRE	11
1.3.1	PRESENTATION DU TERRITOIRE	11
1.3.2	LA DEMARCHE DE DEVELOPPEMENT DURABLE DE VALLEE SUD GRAND PARIS	14
2	LA METHODOLOGIE DU DIAGNOSTIC ENERGIE-CLIMAT	17
3	ESTIMATION DES EMISSIONS TERRITORIALES DE GES	18
3.1	BILAN DES EMISSIONS DE GES DU TERRITOIRE	20
3.1.1	PERIMETRE D’ETUDE DU BILAN DES EMISSIONS DE GES	20
3.1.2	LES POSTES ETUDIEES	20
3.2	LE BILAN DES EMISSIONS DE GES DU TERRITOIRE	21
3.3	LES EMISSIONS DE GES PAR SECTEUR	24
3.3.1	LES EMISSIONS DU SECTEUR « DEPLACEMENTS DES PERSONNES », 596 673 tCO ₂ E (27% DU BILAN GLOBAL)	24
3.3.2	LES EMISSIONS DU SECTEUR « RESIDENTIEL », 557 299 tCO ₂ E (25% DU BILAN GLOBAL)	27
3.3.3	LES EMISSIONS DU POSTE « CONSOMMATION DE BIENS », 476 342 tCO ₂ E (22% DU BILAN GLOBAL)	28
3.3.4	LES EMISSIONS DU SECTEUR TERTIAIRE, 216 001 tCO ₂ E (10% DU BILAN GLOBAL)	30
3.3.5	LES EMISSIONS DU POSTE « CONSTRUCTION », 171 411 tCO ₂ E (8% DU BILAN GLOBAL)	31
3.3.6	LES EMISSIONS DU SECTEUR « TRANSPORT DE MARCHANDISES », 125 266 tCO ₂ E (5,69% DU BILAN GLOBAL)	32
3.3.7	LES EMISSIONS DU SECTEUR INDUSTRIE, 46 869 tCO ₂ E (2% DU BILAN GLOBAL)	33
3.3.8	LES EMISSIONS DU SECTEUR DES DECHETS, 6653 tCO ₂ E (0,3% DU BILAN GLOBAL)	34
3.3.9	LES EMISSIONS DU POSTE « PRODUCTION D’ENERGIE », 122 tCO ₂ E (0,01% DU BILAN GLOBAL)	35
3.3.10	LES EMISSIONS DU SECTEUR AGRICOLE, 0 tCO ₂ E (0% DU BILAN GLOBAL)	36
3.4	LA PRISE EN COMPTE DES OBJECTIFS EUROPEENS ET NATIONAUX DE REDUCTION DES EMISSIONS DE GES	36
4	ANALYSE DE LA CONSOMMATION ENERGETIQUE FINALE DU TERRITOIRE	40
4.1	LA CONSOMMATION D’ENERGIE GLOBALE DU TERRITOIRE	40
4.1.1	LES CONSOMMATIONS PAR SECTEUR ET ENERGIE	41
4.1.2	LES CONSOMMATIONS PAR MODE D’USAGE	42
4.1.3	LA REPARTITION DES CONSOMMATIONS D’ENERGIE PAR COMMUNE	42
4.2	FOCUS SUR LE SECTEUR RESIDENTIEL	44
4.3	FOCUS SUR LE SECTEUR DU TRANSPORT ROUTIER	49
4.4	FOCUS SUR LE SECTEUR TERTIAIRE	51
4.5	FOCUS SUR LE SECTEUR DE L’INDUSTRIE (HORS ENERGIE)	52
4.6	PRECARITE ENERGETIQUE SUR LE TERRITOIRE DE VALLEE SUD GRAND PARIS	53
4.6.1	LA PRECARITE ENERGETIQUE EN ILE DE FRANCE	53
4.6.2	CARACTERISTIQUES DE LA PRECARITE ENERGETIQUE A VALLEE SUD - GRAND PARIS : ANALYSE DES MENAGES	54
4.6.3	TAUX D’EFFORT ENERGETIQUE ET TAUX D’EFFORT LOGEMENT	58
4.6.4	REPRESENTATIONS CARTOGRAPHIQUES DE LA PRECARITE ENERGETIQUE A VALLEE SUD - GRAND PARIS	58
4.6.5	EVOLUTIONS POSSIBLES DE LA PRECARITE ENERGETIQUE DANS LES ANNEES A VENIR	60
4.7	PISTES DE REDUCTION DES CONSOMMATIONS D’ENERGIE ET DES EMISSIONS DE GES	63
5	LES ENERGIES RENOUVELABLES SUR LE TERRITOIRE	69
5.1	ETAT DES LIEUX ET POTENTIEL DES ENERGIES RENOUVELABLES	69

5.1.1	GEOOTHERMIE	69
5.1.2	L'ENERGIE SOLAIRE	74
5.1.3	BIOMASSE	85
5.1.4	CHALEUR FATALE	86
5.1.5	AUTRES	92
5.2	BILAN DE LA PRODUCTION ET DU POTENTIEL DES ENERGIES RENOUVELABLES	93
5.3	BILAN DES CONSOMMATIONS ET DE PRODUCTION D'ENERGIE	95
5.4	LA FACTURE ENERGETIQUE DU TERRITOIRE DE VALLEE SUD - GRAND PARIS	96
6	PRESENTATION DES RESEAUX DE DISTRIBUTION ET DE TRANSPORT D'ELECTRICITE, DE GAZ ET DE CHALEUR	98
6.1	ETAT DES LIEUX DES RESEAUX	98
6.1.1	RESEAU ELECTRIQUE	98
6.1.2	RESEAU DE GAZ	100
6.1.3	RESEAU DE CHALEUR	101
6.2	POTENTIEL DE DEVELOPPEMENT DES RESEAUX	105
6.2.1	RESEAU ELECTRIQUE ET GAZ	105
6.2.2	RESEAU DE CHALEUR	105
7	LA QUALITE DE L'AIR SUR LE TERRITOIRE	109
7.1	BILAN DES EMISSIONS DES POLLUANTS ATMOSPHERIQUES	109
7.1.1	DEFINITIONS	109
7.1.2	LES EMISSIONS DE POLLUANTS SUR LE TERRITOIRE	112
7.1.3	COMPARATIF AU NIVEAU DE LA MGP	114
7.1.4	LE POTENTIEL DE REDUCTION DES EMISSIONS DE POLLUANTS	115
8	ESTIMATION DE LA SEQUESTRATION NETTE DE CO₂	118
8.1	L'ETAT DE LA SEQUESTRATION CARBONE SUR LE TERRITOIRE	118
8.1.1	L'ETAT DU TERRITOIRE DE VALLEE SUD - GRAND PARIS	118
8.1.2	LE BILAN DE LA SEQUESTRATION CARBONE	119
8.2	LES LEVIERS D'ACTION : SEQUESTRATION CARBONE	120
9	ANALYSE DE LA VULNERABILITE DU TERRITOIRE AUX EFFETS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE	122
	LES PROJECTIONS CLIMATIQUES SUR LE TERRITOIRE DE VALLEE SUD - GRAND PARIS	123
9.1		123
9.2	LES IMPACTS DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES SUR LE TERRITOIRE	124
9.2.1	RISQUES NATURELS	124
9.2.2	RISQUES POUR LA SANTE	132
9.2.3	RISQUES TECHNOLOGIQUES	132
9.3	EVALUATION DE LA SENSIBILITE DU TERRITOIRE	133
9.4	SYNTHESE DE LA VULNERABILITE DU TERRITOIRE FACE AU CHANGEMENT CLIMATIQUE	137
10	SYNTHESE DU DIAGNOSTIC ET IDENTIFICATION DES ENJEUX DU PCAET POUR LE TERRITOIRE	140
11	ANNEXES	143
	ANNEXE 1 : SOMMAIRE DES TABLEAUX	143
	ANNEXE 2 : SOMMAIRE DES GRAPHIQUES	144
	ANNEXE 3 : SOMMAIRE DES CARTES	147

ANNEXE 5 : DONNEES BILAN CARBONE TERRITOIRE	149
ANNEXE 6 : MODES DE STOCKAGE D'ENERGIE	152
ANNEXE 7 : CENTRALES PV EXPLOITEES PAR LE SIPPAREC SUR LE TERRITOIRE	156

1 INTRODUCTION

1.1 Les enjeux climat-énergie-air

L'augmentation des émissions de Gaz à Effet de Serre (GES), liée majoritairement aux activités humaines telles que la consommation d'énergies fossiles, la déforestation, l'utilisation d'engrais azotés, l'élevage, le traitement des déchets, certains procédés industriels, a comme conséquence un accroissement de la température, en entraînant des bouleversements climatiques (sécheresses, inondations, canicules...)

Pour le groupe d'experts intergouvernementaux sur le climat (GIEC), la hausse des températures pourrait être de l'ordre de +1,9 °C à +6,4 °C de 1990 à 2100. Selon le GIEC, afin de réduire les GES, une **réduction de 70% des émissions mondiales est nécessaire à l'horizon 2050 par rapport à leur niveau de 2010**, afin de limiter la hausse de la **température au-dessous de 2°C**.

1.2 Les engagements nationaux et régionaux pour le climat et la qualité de l'air

La France est partie prenante des différents engagements internationaux et européens ayant un impact sur les questions du climat, de l'énergie et de la qualité de l'air. Suite à l'adoption du Paquet Climat Energie et au Grenelle de l'Environnement en 2010, la France s'est engagée à remplir une série d'objectifs ambitieux en matière de réduction d'émissions de gaz à effet de serre.

Parmi eux on compte **l'objectif européen des 3 x 20** d'ici 2020 :

- Moins 20% de consommations énergétiques,
- Moins 20% d'émissions de GES dans l'atmosphère et
- Plus 20% d'énergies renouvelables dans le mix énergétique.

La **Conférence des Parties de Paris (COP21)**, à la fin de l'année 2015, a représenté une opportunité pour les pays de dynamiser leurs politiques énergétiques et climatiques afin de limiter l'augmentation de la température moyenne à 2°C en 2100 par rapport à 1990.

Pour répondre aux objectifs de l'Accord de Paris, La France a fixé au travers de son **Plan climat**, dévoilé juillet 2017, d'atteindre **l'objectif de la neutralité carbone à l'horizon 2050** et de diminuer fortement la consommation des sources fossiles dans le mix énergétique national.

Ces engagements se sont traduits par un certain nombre d'obligations pour les territoires français au travers des outils de pilotage au niveau national tels que la **Stratégie Nationale Bas Carbone – SNBC**, qui décline les mesures et les leviers pour réussir la mise en œuvre de cette nouvelle économie verte et la **Programmation Pluriannuelle de l'Energie (PPE)**, qui exprime les orientations et priorités d'action des pouvoirs publics pour la gestion de l'ensemble des formes d'énergie sur le territoire national.

La SNBC donne les orientations stratégiques pour mettre en œuvre, dans tous les secteurs d'activité, la transition vers une économie bas-carbone et durable. Lors la première SNBC, adopté en 2015, la France s'est engagée, à réduire de 75% ses émissions GES à l'horizon 2050 par rapport à 1990 (le Facteur 4). Cet objectif a été revu à la hausse au travers de la deuxième version de la SNBC (décembre 2018). Celle-ci définit comme objectif d'atteindre la neutralité carbone en 2050. Ceci signifie pour la France de ne pas émettre plus de gaz à effet

de serre que celui que le territoire peut en absorber via notamment les forêts ou les sols, ce qui est équivalent à une diminution d'un facteur 6 des émissions par rapport à 1990.

Les objectifs sectoriels définis dans la stratégie nationale bas carbone doivent être pris en compte par Vallée Sud – Grand Paris afin de faire évoluer les politiques territoriales et les pratiques des acteurs de l'ensemble du territoire français.

Bâtiments

2030 : - 49% des émissions de GES par rapport à 2015

2050 : décarbonation complète

Comment ?

- Recourir aux énergies décarbonées les plus adaptées à la typologie des bâtiments.
- Améliorer l'efficacité énergétique des bâtiments (enveloppe et équipements) : nouvelles réglementations environnementales pour les bâtiments neufs en 2020 et pour la rénovation des bâtiments tertiaires ; 500 000 rénovations par an pour le parc existant, en ciblant les passoires énergétiques.
- Encourager des changements comportementaux pour des usages plus sobres.
- Promouvoir les produits de construction et de rénovation et les équipements à plus faible empreinte carbone (issus de l'économie circulaire ou biosourcés) et à haute performance énergétique et environnementale sur l'ensemble de leur cycle de vie

Transports

2030 : - 28% des émissions de GES par rapport à 2015

2050 : décarbonation complète (à l'exception du transport aérien domestique).

Comment ?

- Améliorer la performance énergétique des véhicules légers et lourds, avec un objectif de 4l/100 km réels en 2030 pour les véhicules particuliers thermiques.
- Décarboner l'énergie consommée par les véhicules et adapter les infrastructures pour atteindre 35% de ventes de véhicules particuliers neufs électriques ou à hydrogène en 2030 et 100% en 2040.
- Maîtriser la croissance de la demande pour le transport en favorisant le télétravail, le covoiturage, les circuits courts et en optimisant l'utilisation des véhicules.
- Favoriser le report vers les modes de transport de personnes et de marchandises les moins émetteurs (transports en commun, train) et soutenir les modes actifs (vélo...).

Industrie

2030 : - 35% des émissions de GES par rapport à 2015

2050 : - 81% des émissions de GES par rapport à 2015

Comment ?

- Accompagner les entreprises dans leur transition vers des systèmes de production bas-carbone (développement de feuilles de route de décarbonation, outils de financement). Soutenir l'émergence, en France, de moyens de production de technologies clés dans la transition.
- Intensifier la recherche et le développement de procédés de fabrication bas-carbone.
- Améliorer fortement l'efficacité énergétique et recourir à des énergies décarbonées.
- Maîtriser la demande en matière, en développant l'économie circulaire .

Déchets

2030 : - 35% des émissions de GES par rapport à 2015

2050 : - 66% des émissions de GES par rapport à 2015

Comment ?

- Prévenir la génération de déchets dès la phase de conception des produits (écoconception, principe pollueur-payeur).
- Promouvoir l'économie circulaire, la réutilisation et la réparation des produits chez les consommateurs.
- Améliorer la collecte et la gestion des déchets en développant la valorisation (matière puis énergie).
- Augmenter l'efficacité des filières de traitement, notamment des eaux usées et des déchets organiques et non dangereux.

Pour ce secteur, la stratégie est celle issue de la Feuille de route économie circulaire de 2018. La loi anti-gaspillage pour une économie circulaire, votée début 2020, décline cette feuille de route et l'accompagne de mesures supplémentaires.

Production d'énergie

2030 : - 33% des émissions de GES par rapport à 2015

2050 : décarbonation complète

Comment ?

- Maîtriser la demande en énergie via l'efficacité énergétique et la sobriété.
- Décarboner et diversifier le mix énergétique, notamment via le développement des énergies renouvelables et la sortie du charbon dans la production d'électricité (dès 2022) et dans la production de chaleur.

L'évolution du mix énergétique et les objectifs d'efficacité énergétique sont déterminés dans la Programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE). La PPE est fondée sur le même scénario de référence que la SNBC et est compatible avec ses orientations

Figure 1 : objectifs nationaux de diminution des émissions de gaz à effet par secteurs (SNBC, 2018)

La **Loi sur la Transition Énergétique pour la Croissance Verte – LTECV** du 18 août 2015, renforce **le rôle des collectivités comme des acteurs incontournables de la transition énergétique** via les plans régionaux d'efficacité énergétique et les **Plans Climat Air Énergie Territoriaux (PCAET)**¹. En effet, **les territoires sont le lieu de la mise en cohérence fonctionnelle et opérationnelle des ambitions portées par la LTECV**. Elle fixe des objectifs ambitieux vers la neutralité carbone d'ici 2050 :

- ✓ Réduire de 40% les émissions de GES en 2030 par rapport à 1990,
- ✓ Augmenter de 30% la part des énergies renouvelables (EnR) dans la consommation énergétique final en 2030
- ✓ Et diminuer de 50% la part nucléaire dans la production d'électricité à l'horizon 2035 (horizon temporel revu à 2035 dans la loi Énergie Climat de 2017).

Par ailleurs, la LTECV prévoit de nombreuses dispositions en faveur de **la qualité de l'air** :

- ✓ Accélérer la mutation du parc automobile français en imposant le renouvellement des flottes publiques de transport individuel et collectif (bus propres) et en facilitant le

¹ L'article 188 de la LTECV confie l'élaboration et la mise en œuvre des PCAET aux établissements publics de coopération intercommunale (EPCI) de plus de 20.000 habitants, avec un objectif de couvrir tout le territoire français

déploiement de bornes de recharge pour les véhicules électriques et hybrides avec un objectif de 7 millions de points de recharge d'ici à 2030 sur le territoire ;

- ✓ Faciliter aux collectivités de créer des zones à circulation restreinte (ZCR), offre des avantages de stationnement et de péages pour les véhicules les moins polluants et incite à la baisse des vitesses en ville ;
- ✓ Interdire l'utilisation des produits phytosanitaires dans l'espace public

L'État met également en œuvre des politiques en faveur de la qualité de l'air pour réduire les pollutions de manière pérenne et pendant les épisodes de pollution. Ainsi, le **Plan national de réduction des émissions de polluants atmosphériques (PREPA) fixe la stratégie pour réduire les polluants et respecter les objectifs européennes** (directive EU 2016/2284 du 16 décembre 2016). Le PREPA fixe les objectifs suivants de réduction de polluants par rapport aux émissions en 2005, à savoir :

- ✓ -55% entre 2020 et 2024 et - 77% de dioxyde de soufre (SO₂) à partir de 2030
- ✓ -50% entre 2020 et 2024 et - 69% d'Oxydes d'azote (NO_x) à partir de 2030
- ✓ -43% entre 2020 et 2024 et - 52% des composés organiques volatils (COVNM) à partir de 2030
- ✓ -4% entre 2020 et 2024 et - 13% d'Ammoniac (NH₃) à partir de 2030
- ✓ -27% entre 2020 et 2024 et - 57% des particules fines (PM_{2.5}) à partir de 2030

Les PCAET doivent également s'articuler avec les outils de planification et les documents d'urbanisme réglementaires (SNBC, SRCAE, SRADDET, PPA, SCoT, PLU, PLUi, PLH...), permettant notamment d'intégrer les dispositions relatives à l'urbanisme (mobilités, consommation d'espace, respect de l'armature urbaine, ...), aux objectifs de maîtrise de l'énergie et de production d'énergie renouvelable.

Le futur Plan Climat de Vallée Sud – Grand Paris doit également s'articuler avec les documents régionaux tels que le **Schéma Régional Climat-Air-Energie (SRCAE)**. Celui-ci est un document de planification régional qui décline une partie du contenu de la législation européenne et nationale sur le climat et l'énergie. Le SRCAE adopté par le Conseil Régional le 23 novembre 2012 et arrêté le 14 décembre 2012 par le Préfet de la Région Ile-de-France, définit 17 objectifs et 58 orientations stratégiques pour le territoire régional en matière de réduction des consommations d'énergie et des émissions de gaz à effet de serre, d'amélioration de la qualité de l'air, de développement des énergies renouvelables et d'adaptation aux effets du changement climatique.

Le SRCAE définit des objectifs à atteindre par secteur pour suivre la trajectoire du 3X20 à horizon 2020 et du Facteur 4 à horizon 2050. Pour atteindre ces objectifs, l'ensemble des acteurs du territoire doit être mobilisé et particulièrement les collectivités, qui coordonnent la transition énergétique à l'échelle de leur territoire. À cet égard, des recommandations spécifiques pour les collectivités territoriales ont été définies dans le SRCAE d'Ile-de-France.

Le **Plan de Prévention de l'Atmosphère (PPA)** d'Ile-de-France vise à assurer le respect des normes de qualité de l'air mentionnées à l'article L. 221-1 du code de l'environnement, dans les zones où ces normes ne sont pas respectées ou risquent de ne pas l'être. **Le PPA 2017-2025 d'Ile-de-France** a été approuvé le 31 janvier 2018 par le Conseil Régional. La feuille de route pour la qualité de l'air implique 11 défis, à savoir :

1. Défi 1 : Optimiser les circulations
2. Défi 2 : Concrétiser la transition écologique des véhicules
3. Défi 3 : Favoriser le covoiturage
4. Défi 4 : Renforcer l'attractivité des transports en commun

5. Défi 5 : Optimiser la logistique en faveur de la qualité de l'air
6. Défi 6 : Protéger les riverains en limitant l'exposition aux polluants
7. Défi 7 : Encourager l'utilisation du vélo
8. Défi 8 : Inciter la marche à pied
9. Défi 9 : Se chauffer autrement
10. Défi 10 : Privilégier les chantiers propres
11. Défi 11 : Rationaliser les déplacements professionnels

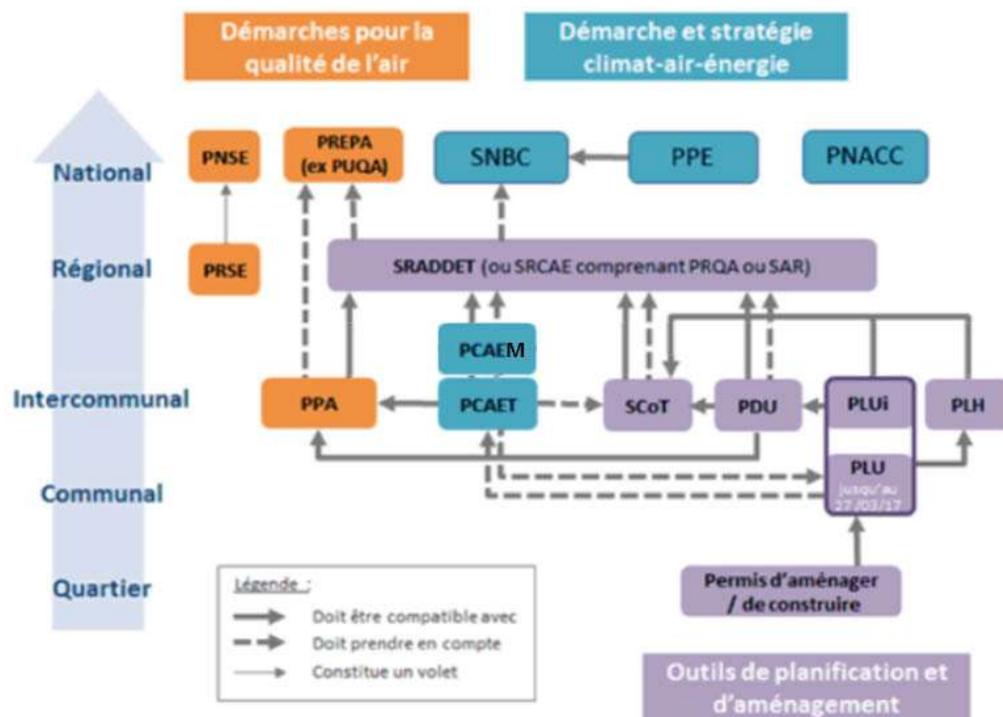


Figure 2 : Articulation du PCAET avec les autres plans stratégique

Source (Commission Développement Durable et Environnement de la Métropole du Grand Paris du 21/03/2017)

Le **Schéma Directeur Régional d'Ile-de-France (SDRIF)** encadre l'ensemble des plans et projets de la Région, à l'instar des SRADDET (Schéma Régional d'Aménagement, de Développement Durable et d'Égalité des Territoires) en cours d'élaboration sur les autres régions métropolitaines. Il vise notamment à corriger les disparités spatiales, sociales et économiques de la région, à coordonner l'offre de déplacement et à préserver les zones rurales et naturelles. Il a été approuvé par décret le 27 décembre 2013.

Par ailleurs, le Plan Climat du territoire de Vallée Sud - Grand Paris doit être compatible avec le **Plan Climat Air Energie Métropolitain (PCAEM) de la Métropole du Grand Paris**. Il est ainsi soumis pour avis au conseil de la métropole du Grand Paris. La Métropole du Grand Paris (MGP) se fixe les objectifs suivants :

A l'horizon 2030	A l'horizon 2050
<p>Ramener les concentrations de polluants atmosphériques à des niveaux conformes aux recommandations de l'Organisation Mondiale de la Santé².</p> <p>Réduire les émissions liées au chauffage résidentiel et au transport routier, principales sources d'émissions de polluants atmosphériques.</p>	<p>Devenir une Métropole respirable, garantissant à tous un air de bonne qualité</p>
<p>Réduire de 30% les consommations énergétiques finales par rapport à 2005</p>	<p>Réduire de 50% les consommations énergétiques finales par rapport à 2005</p>
<p>Supprimer totalement la consommation de fioul et de charbon sur le territoire métropolitain ;</p> <p>Porter à plus de 50% la part des ENR&R dans la consommation énergétique finale, dont au moins 20% produite localement</p>	<p>Porter à 60% la part des énergies renouvelables et de récupération (ENR&R) dans la consommation énergétique finale, dont au moins 30% produite localement ;</p> <p>Assurer à 100% l'alimentation des réseaux de chaleur par des ENR&R</p>
<p>Réduire de 50% les émissions locales de gaz à effet de serre (GES) par rapport à 2005</p>	<p>Réduire de 75% les émissions locales de GES par rapport à 2005 et favoriser la réduction de 80% de l'empreinte carbone du territoire métropolitain</p>
<p>Eradication de la précarité énergétique dans la Métropole</p>	<p>Disposer d'un parc immobilier bâti résidentiel neuf 100% bas-carbone</p> <p>100% du parc tertiaire existant fait l'objet d'une démarche de pilotage de l'efficacité énergétique</p>

² Selon les Lignes directrices OMS relatives à la qualité de l'air, les niveaux à atteindre par polluants sont :

PM_{2,5} et PM₁₀ : Les lignes directrices établissent des cibles intermédiaires pour la teneur en PM₁₀ et PM_{2,5}, en vue de favoriser une transition progressive vers des concentrations réduites, soit 10 µg/m³ moyenne annuelle, pour le PM_{2,5} et 20 µg/m³ moyenne annuelle, pour le PM₁₀.

O₃ : la valeur seuil d'ozone préconisée dans les Lignes directrices OMS relatives à la qualité de l'air 100 µg/m³ moyenne sur 8 heures

NO₂ : la valeur guide actuelle de l'OMS de 40 µg/m³ (moyenne annuelle), a été fixée pour protéger le public des effets du NO₂ gazeux sur la santé

SO₂ : la concentration de SO₂ ne doit pas dépasser 500 µg/m³ en moyenne sur 10 minutes ou 20 µg/m³ moyenne sur 24 heures.

Développement de la mobilité durable : multiplier par 3 les déplacements à vélo ; viser les 100% de véhicules propres ; généraliser le covoiturage (1,6 personnes par voiture) et augmenter de 20% les déplacements en transports en commun

Développement de la mobilité durable : >50% des déplacements en modes actifs, atteindre 2 personnes par voiture

1.3 Vallée Sud - Grand Paris s'engage pour la transition énergétique de son territoire

1.3.1 Présentation du territoire

Situé dans le département des Hauts-de-Seine (92), le territoire Vallée Sud - Grand Paris est un Etablissement Public Territorial (EPT) créé le 1er janvier 2016 dans le cadre de la Métropole du Grand Paris. Il est né de la fusion de trois intercommunalités : les Communautés d'agglomération des Hauts-de-Bievre, de Sud de Seine et la Communauté de communes de Châtillon-Montrouge.

Le territoire compte au total 11 communes pour 401 755 habitants et une densité géographique de 84 habitants/ha (INSEE 2015).



Carte 1 : Territoire Vallée Sud Grand Paris
Source (EPT – Vallée Sud Grand Paris)

Les différentes compétences de l'EPT Vallée Sud - Grand Paris sont :

- L'assainissement et l'eau,
- La gestion des déchets ménagers et assimilés,
- Le développement économique pour la partie non déclarée d'intérêt métropolitain,
- La Politique locale d'Habitat pour la partie non déclarée d'intérêt métropolitain,
- Les actions en faveur de l'emploi
- La politique de la ville
- La construction et l'aménagement des équipements culturels et sportifs,
- Les moyens de transports locaux,
- Le Plan Climat Air Energie Territorial,

- Le Plan Local d'Urbanisme – auparavant communal,
- L'aménagement,
- L'éclairage public sur un périmètre déterminé et correspondant aux communes de Bagneux, Clamart, Fontenay-aux-Roses et Malakoff
- La protection Incendie
- La voirie sur les communes de Clamart et Fontenay-aux-Roses
- L'Action sociale
- Les logements étudiants

Le tableau ci-dessous, présente les communes appartenant à l'EPT de Vallée Sud - Grand Paris :

Villes	Population en 2017	Densité de la population (nombre d'habitants par km ²) en 2017	Superficie en 2017, en km ²	Variation de la population : taux annuel moyen entre 2012 et 2017, en %
Antony (92002)	62 570	6 545	9,6	0,3
Bagneux (92007)	40 918	9 766	4,2	1,3
Bourg-la-Reine (92014)	20 667	11 111	1,9	0,8
Châtenay-Malabry (92019)	33 286	5 217	6,4	0,7
Châtillon (92020)	37 355	12 793	2,9	1,3
Clamart (92023)	52 971	6 040	8,8	0,2
Fontenay-aux-Roses (92032)	24 564	9 787	2,5	1,4
Le Plessis-Robinson (92060)	29 100	8 484	3,4	0,3
Malakoff (92046)	30 720	14 841	2,1	0,2
Montrouge (92049)	50 260	24 280	2,1	0,5
Sceaux (92071)	19 344	5 373	3,6	-0,7
Vallée Sud-Grand Paris	401 755	8 458	47,5	1 (en moyenne)

*Tableau 1 : Composition de Communes du territoire de Vallée Sud - Grand Paris
 Source (INSEE 2017)*

Les communes de Bagneux, Châtillon et Montrouge, limitrophes de Paris, ont les densités urbaines les plus élevées, avec respectivement 9766 hab./km², 12793 hab./km², 24280 hab./km².

LE TERRITOIRE DE VALLEE SUD GRAND PARIS EN CHIFFRES



401 755 habitants



23 600 entreprises



4 735 ha

**1 298 hectares de verdure,
soit 27% du territoire**

- **Un** nouveau territoire créé au 1er janvier 2016 à l'issue de la fusion de la communauté d'agglomération des Hauts-de-Bièvre (Antony, Bourg-la-Reine, Châtenay-Malabry, Le Plessis-Robinson, Sceaux), de la communauté d'agglomération de Sud de Seine (Bagneux, Clamart, Fontenay-aux-Roses, Malakoff) et de la communauté de communes de Châtillon-Montrouge
- **Un** des 24 bassins d'emploi du schéma de développement économique de la région Ile-de-France
- **186 781** logements en 2014 au sein de l'EPT dont, 82% d'appartements et 17,2% de maisons 1% autre
- **182 000** actifs employés
- **150 000** emplois dont 3% des emplois de la Région Ile-de-France, 4% de la MGP et 16% des Hauts-de-Seine
- **4 000** créations d'entreprises en 2014
- **75%** des actifs résidant à Vallée Sud – Grand Paris travaillent sur le territoire (33%), à Paris (28%) ou dans les Hauts-de-Seine (14%)
- **1 700 000** m² des bureaux sur le territoire
- **20** m² est le ratio des espaces vert par habitant
- **Un** maillage de transports important : 11 gares RER, 4 stations de métro (lignes 4 et 13), une ligne tramway T6 reliant Châtillon-Montrouge à Viroflay et 2 gares sur la ligne Transilien.

Les transports à venir :

Des futures lignes du Grand Paris Express (4 gares sur les lignes 15 et 18), le projet de tramway TAC (reliant la Croix de Berny à Clamart) et l'extension de la ligne 4 du métro sur 2 stations à Bagneux.

1.3.2 La démarche de développement durable de Vallée Sud Grand Paris

Les rapports de développement durable 2017 et 2018 de Vallée Sud – Grand Paris montrent la continuité des actions et les ambitions du territoire pour lutter contre le changement climatique. Les divers objectifs fixés sont présentés ci-dessous :

- Limiter les émissions de GES
- Inciter à la réduction des consommations d'énergie
- Préserver les espaces de nature, la faune et la flore
- Maintenir, restaurer et aménager la trame verte sur le territoire : développer les espaces de nature et veiller aux liaisons écologiques entre ces espaces
- Limiter les impacts des activités humaines sur la biodiversité et les ressources
- Inciter aux modes de consommation responsable
- Aller vers l'exemplarité dans le fonctionnement interne de la collectivité
- Poursuivre le développement de l'emploi et des entreprises locales

Ainsi, l'EPT Vallée Sud - Grand Paris a conduit diverses actions, notamment :



Participer à la lutte contre le changement climatique et à la protection de l'atmosphère

- Harmonisation et optimisation d'un dispositif pour l'accompagnement des ménages dans leurs travaux de rénovation de logements via l'Espace Info-Energie
- Evolution des motorisations des transports publics de Vallée Sud - Grand Paris (GNV, électrique, ...)



Conserver et protéger la biodiversité, les milieux et les ressources naturelles

- Etude d'optimisation du marché de collecte des déchets ménagers qui a permis une réduction du nombre de km parcourus par les bennes à ordures et une harmonisation de la collecte.
- Continuer à favoriser l'utilisation de composteur individuels et de lombricomposteurs auprès de la population



Favoriser des dynamiques de développement suivant des modes de production et de consommation responsables

- Prise en compte des enjeux du Développement Durable dans la gestion du patrimoine et la Maîtrise d'Ouvrage
- Intégration de clauses contractuelles environnementales dans les marchés publics
- Engagement de la démarche de demande de Certificats d'Economies d'Énergie
- Mise en place d'un plan de magement environnemental du service d'assainissement
- Mise en place de la dématérialisation des actions métiers
- Economies d'énergies grâce à la réalisation d'audits de consommations des bâtiments publics
- Développement des énergies renouvelables grâce à la géothermie
- Mise en place des normes élevées pour les nouvelles constructions et les réhabilitations
- Favoriser le développement de synergies entre les entreprises locales

Le développement durable sur le territoire avait déjà commencé depuis plusieurs années. Les différentes ex-communautés d'agglomération ainsi que les communes du territoire de l'EPT Vallée Sud Grand Paris ont réalisé des grandes actions stratégiques favorisant une démarche de développement durable, dont quelques exemples sont présentés ci-dessous :



Figure 3 : Actions de développement durable des communes de l'EPT - Vallée Sud - Grand Paris

- **Lutter contre la précarité énergétique et inciter à la rénovation énergétique :** deux dispositifs « Info Energie », qui ont fonctionné jusqu'à fin 2016 sur le territoire de Vallée Sud - Grand Paris. D'une part un « Espace Info Energie-Habitat » (EIEH) issu de l'ancienne Communauté d'agglomération des Hauts-de-Bièvre, et d'autre part des permanences « habitat » issues de l'ancienne Communauté d'agglomération de Sud de Seine. Ce dispositif est aujourd'hui fonctionnel à l'échelle de l'ensemble du territoire.
L'ancienne Communauté d'agglomération des Hauts-de-Bièvre a notamment mis en place des aides financières à la réalisation d'éco-travaux. Elle a également réalisé une thermographie aérienne en mars 2013, dressant la cartographie des déperditions de chaleur de l'ensemble des habitations par la toiture³.
- **Sensibiliser au tri, réduire et valoriser les déchets** grâce à l'optimisation de la collecte des déchets ménagers et à l'utilisation des composteurs individuels et de lombricomposteurs sur le territoire.
- **Favoriser les modes de déplacements durables sur le territoire :**
 - Le Projet Territorial de Développement Durable de l'ex-Communauté d'agglomération Sud De Seine définit des actions pour une mobilité durable au détriment de l'utilisation de la voiture telles que la démarche incitant l'utilisation des vélos à assistance électrique mise en place entre 2010 et 2016.
 - Orienter progressivement les modes de déplacements des habitants vers les alternatives à la voiture individuelle, dans le cadre des PCET de la CA Hauts-de-Bièvre et la CA Sud-de-Seine.

³ PLH de l'ancienne Communauté d'agglomération des Hauts-de-Bièvre

- **Aller vers un patrimoine public sobre en consommation énergétique** : action inscrite dans le cadre des PCET de la CA Hauts-de-Bièvre et de la CA Sud-de-Seine.
- **Améliorer l'autonomie énergétique du territoire par le recours à des énergies renouvelables et locales**, dans le cadre des PCET de la CA Hauts-de-Bièvre et la CA Sud-de-Seine.
Sur le territoire de l'ancienne CA Sud de Seine, de nombreux projets ont été et/ou sont en cours de réalisation : réseau géothermique à Bagneux, convention de Sud de Seine avec le PACT pour lutter contre la précarité énergétique, réalisation du PLH avec des objectifs de rénovation et de construction de logements, Projet de Territoire Développement Durable, Contrat Régional territorial Eclairage Public et un Plan Local de Prévention des Déchets.
L'ex-Communauté d'agglomération des Hauts-de-Bièvre prévoit également l'élaboration d'une programmation prévisionnelle des investissements pour les bâtiments communaux afin de favoriser la rénovation énergétique et le déploiement des énergies renouvelables.
- La **démarche d'éco-responsabilité** menée par la Ville de Châtillon : des différentes initiatives ont été développées en matière de réduction des consommations d'eau, d'énergie, d'émissions de GES et de déchets.

Engagé en faveur de la transition énergétique et écologique, depuis 2016 Vallée Sud - Grand Paris poursuit et renforce les actions mises en place par les anciennes intercommunalités. Grâce au PCAET, Vallée Sud – Grand Paris souhaite se fixer de nouvelles orientations ambitieuses à l'échelle du territoire, inscrites dans les objectifs régionaux et nationaux, et en décliner un programme d'action opérationnel.

2 LA METHODOLOGIE DU DIAGNOSTIC ENERGIE-CLIMAT

Le diagnostic territorial est issu du croisement d'éléments quantitatifs que qualitatifs, permettant d'établir un état des lieux du territoire dans les domaines suivants :

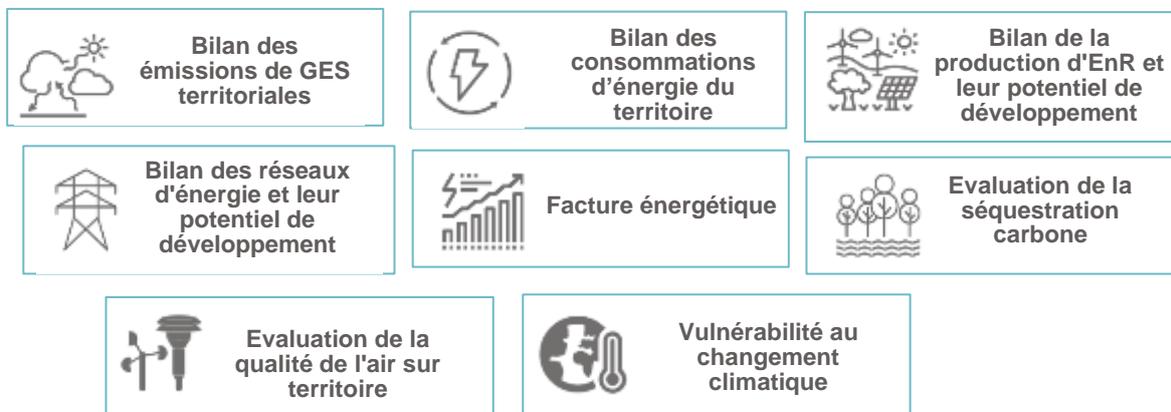


Figure 4 : thématiques du diagnostic du PCAET de Vallée Sud – Grand Paris

- **L'analyse des émissions de GES et des consommations d'énergie du territoire, ainsi que l'état actuel de la production des énergies renouvelables sont réalisés** à partir des données énergétiques de WattStrat. En complément à ce bilan énergétique, il est présenté le **potentiel de réduction des émissions de GES et des consommations d'énergie** par secteur d'activité.
- La **facture énergétique** est calculée à partir de l'outil développée par Alterea qui permet d'identifier les dépenses d'énergie liées à la consommation et à la production d'énergie locale (électricité et chaleur renouvelable, principalement) sur le territoire.
- L'**estimation territoriale de la séquestration carbone** est effectuée selon la base des informations disponibles de l'Institut Paris Région – (IPR) et de Corine Land Cover.
- L'**analyse de la qualité de l'air** est réalisée à partir des données disponibles par l'association de surveillance de la qualité de l'air en Île-de-France (AirParif).

3 ESTIMATION DES EMISSIONS TERRITORIALES DE GES

D'après l'arrêté du 4 août 2016 relatif aux PCAET, le diagnostic PCAET doit comprendre une estimation des émissions territoriales de gaz à effet de serre portant sur :

- « **Obligatoire** » **Les émissions directes de chacun des secteurs d'activité du territoire (scope 1)**. C'est-à-dire celles qui sont produites sur le territoire par les secteurs précisés dans l'arrêté relatif au PCAET, hors production d'électricité et de chaleur.
- « **Obligatoire** » **Les émissions indirectes des différents secteurs liées à leur consommation d'énergie (scope 2)**. C'est-à-dire les émissions liées à la production d'électricité et aux réseaux de chaleur et de froid, générées sur ou en dehors du territoire mais dont la consommation est localisée à l'intérieur du territoire.
- « **Optionnel** » **Les autres émissions indirectes**, induites par les acteurs et activités du territoire (scope 3). C'est-à-dire les émissions associées à la consommation des matériaux, des biens de consommation, et à la gestion des déchets du territoire.



Figure 5 : périmètres de calcul des émissions de CO₂ – définition des scopes 1 à 3 (source BHC energy)

Les secteurs précisés dans l'arrêté relatif au PCAET sont : résidentiel, tertiaire, transport routier, autres transports, agricole, déchets, industrie, branche énergie hors production d'électricité, de chaleur et de froid.

Dans le cadre du diagnostic de Vallée Sud – Grand Paris, le bilan a été réalisé sur le scope 1 et 2, et sur certains éléments du scope 3, en fonction des données disponibles.

Pour élaborer le bilan des émissions de GES du territoire, la méthode Bilan Carbone® Territoire de l'ADEME a été utilisée. Elle permet de comptabiliser les émissions GES qui résultent des activités présentes sur le territoire de la collectivité, en évaluant les émissions directes et indirectes de gaz à effet de serre pour les postes d'émissions suivants :

Poste du Bilan Carbone® (méthode ADEME)	Correspondance avec les secteurs définis dans l'Arrêté du 4 août 2016
Résidentiel	Résidentiel
Tertiaire	Tertiaire
Déplacements de personnes	Transport routier
Et Fret	Autres transports
Agriculture	Agriculture
Déchets	Déchets
Industrie	Industrie hors branche énergie
Production d'énergie	Industrie de l'énergie
Construction	
Consommation	

Tableau 2 : Correspondance entre les postes du Bilan Carbone et les secteurs demandés dans l'arrêté du 4 août 2016 pour les bilan GES des PCAET

3.1 Bilan des émissions de GES du territoire

3.1.1 Périmètre d'étude du bilan des émissions de GES

L'année de référence retenue pour réaliser le Bilan Carbone® du territoire est l'**année 2015** (date choisie en fonction des données disponibles lors de la réalisation du diagnostic en 2018). Les données énergétiques de WattStrat ont été utilisées pour élaborer le Bilan Carbone® sur les postes : Industries de l'énergie, Industries, Tertiaire, Résidentiel, Agriculture, Fret, Déplacements de personnes. Celles-ci ont pour année de référence 2015.

Les données liées à la Construction, Déchets et Consommations sont issues d'autres sources d'information dont : SITADEL, SYCTOM et SIMACUR. Celles-ci ont pour année de référence 2016.

3.1.2 Les postes étudiées

Pour réaliser le Bilan Carbone® Territoire de la collectivité, **neuf postes d'émissions de GES** ont été considérés :

- La **production d'énergie** sur le territoire.
- Les **procédés industriels** qui produisent leur propre énergie et/ou consomment de l'énergie.
- Le **tertiaire**, qui prend en compte l'ensemble des consommations liées aux installations tertiaires situées sur le territoire.
- Le **résidentiel**, prenant en compte l'ensemble des consommations d'énergie pour le chauffage (gaz, fioul réseau de chaleur, électricité), l'eau chaude sanitaire et l'électricité spécifique.
- L'**agriculture**, avec les émissions de GES liées à la consommation d'énergie et les émissions non énergétiques liées à l'élevage et aux cultures.
- Le **fret** pour le transport de marchandises et les **déplacements de personnes** sur le territoire en voiture ou en transports en commun.
- La **construction** de bâtiments
- Les **déchets** produits sur le territoire par ses habitants et les activités tertiaires ou industrielles.
- La **consommation** d'aliments et de biens par les habitants.

3.2 Le bilan des émissions de GES du territoire

Le total des émissions de GES (énergétiques et non énergétiques) associées aux activités du territoire sont évaluées à **2 197 213 tCO₂e** en 2016, soit **5,6 tCO₂e/habitant/an**.

A titre de comparaison, ce niveau d'émission équivaut à :

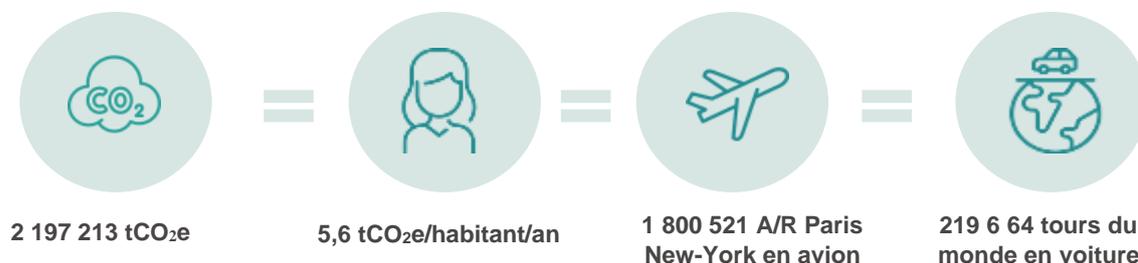


Tableau 3 : Ratios de comparaison du bilan des émissions de GES territoriales

Point de vigilance : comparaison des émissions de gaz à effet de serre à l'échelle territoriale et nationale, les limites du « scope 3 »

A titre d'information, en 2018, il est souvent communiqué sur le fait qu'un Français émet en moyenne 11,2 tonnes équivalent CO₂ par an¹ et un habitant de la Métropole du Grand Paris 7,6 tCO₂e/an¹.

Toutefois, **cette différence entre le total des émissions de GES calculé au niveau national et celui calculé au niveau du territoire s'explique essentiellement par des différences de périmètres de calculs** du bilan carbone (cf. introduction de la partie 3 et partie 3.1.1), et non par des différences d'émissions réelles. Lorsqu'un bilan carbone prend en compte les 3 scopes, on parle alors « d'empreinte carbone ».

En effet, **ce diagnostic ne prend en compte qu'une partie des émissions importées sur le territoire (relatives au scope 3)** c'est-à-dire les émissions ayant un impact en dehors du territoire pour des biens importés ou celles liées aux activités extérieures des habitants. Ce diagnostic prend bien en compte **les émissions liées à l'alimentation des habitants et des matières premières utilisées pour les biens consommés** (calculées en fonction de la quantité de déchets jetés). Cependant, certaines émissions pour lesquelles les données sont insuffisantes ou peu fiables, ne sont pas prises en compte. Par exemple les déplacements en avion des habitants, ou leurs consommations textiles, qui ont un fort impact sur le bilan carbone individuel, ne sont pas pris en compte dans le cadre du bilan des émissions de GES du territoire.

La complexité d'accès aux données de ce scope 3⁴ et la difficulté de calcul de ces émissions à l'échelle territoriale sont les principales raisons qui expliquent ce choix de ne pas prendre en compte toutes les émissions du scope 3. De plus, dans le cadre de la définition des axes stratégiques et des priorités d'actions, il est difficile pour le Territoire de mesurer l'atteinte des objectifs qui concernent les émissions indirectes. Ayant une plus grande marge de manœuvre sur les émissions directement émises sur le territoire grâce aux leviers d'action qu'elle est à même de mobiliser, Vallée Sud – Grand Paris a choisi de centrer les efforts et priorités sur les émissions du scope 1 et 2, même si certains objectifs et actions relèvent du scope 3.

Quelques ordres de grandeur de ces émissions non prises en compte peuvent cependant être mentionnés à titre indicatif :

⁴ Réseau Action Climat (2017) : prise en compte des émissions indirectes dans les collectivités territoriales.

- Dans le PCAEM, la Métropole du Grand Paris estime les émissions relatives aux transports aériens à 10 000 000 tCO₂eq pour les transports de personnes et 8 000 000 pour les transports de marchandises. Le **transport aérien dans sa globalité rajoute alors environ 2.5 tCO₂ dans le bilan carbone individuel des habitants de la métropole.**
- Concernant les consommations de biens (qui comprennent les articles d'électroménagers, les meubles ou encore les vêtements), elles représentent selon l'Ademe 25% des émissions de CO₂ des foyers. Concernant plus spécifiquement les vêtements, ils représentent pour la fourchette basse 1,37 tonnes de CO₂ par garde-robe.

Le tableau et le graphique suivants présentent la répartition des émissions de GES par poste sur le territoire de Vallée Sud – Grand Paris.

Poste	tCO ₂ e	%
Transport de voyageurs	596 673	27%
Résidentiel	557 299	25%
Consommation de biens	476 342	22%
Tertiaire	216 001	10%
Construction	171 411	8%
Transport de marchandises	125 266	5,69%
Industries	46 869	2%
Déchets	7 230	0,3%
Production d'énergie	122	0,01%
Agriculture et pêche	0	0%
TOTAL	2 197 213	100%
Economies de GES grâce au recyclage	30 467 tCO ₂ e	1,4%

Tableau 4 : Récapitulatif des émissions de GES territoriales par poste (en 2016)

Par ailleurs, on comptabilise sur le territoire des économies d'émissions de GES permises par la valorisation des déchets lors de leur traitement. Par exemple, le recyclage des emballages ménagers entraîne des émissions moins élevées que les émissions liées à la fabrication d'emballages neufs. **Ces économies s'élèvent à 30 467 tCO₂e** (soit 1,4% des émissions), mais elles ne sont pas comptabilisées directement dans le Bilan Carbone® du territoire.

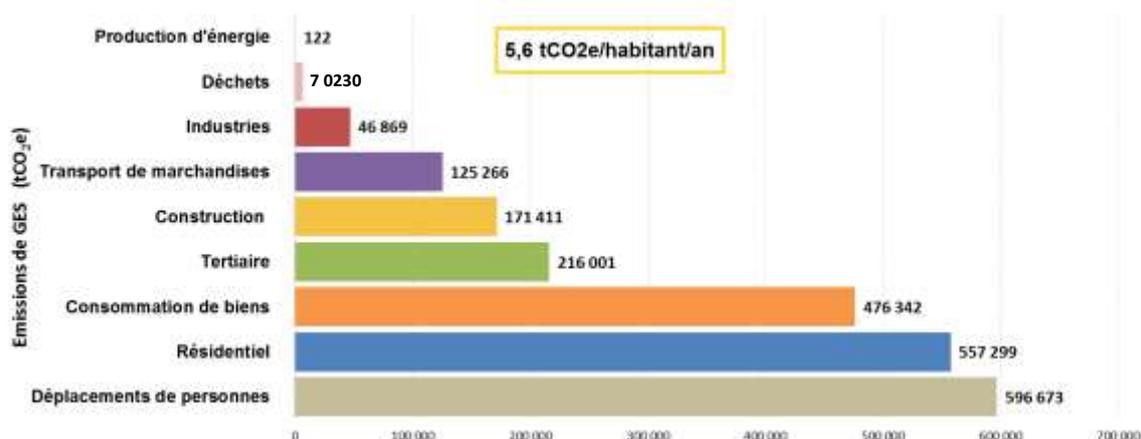
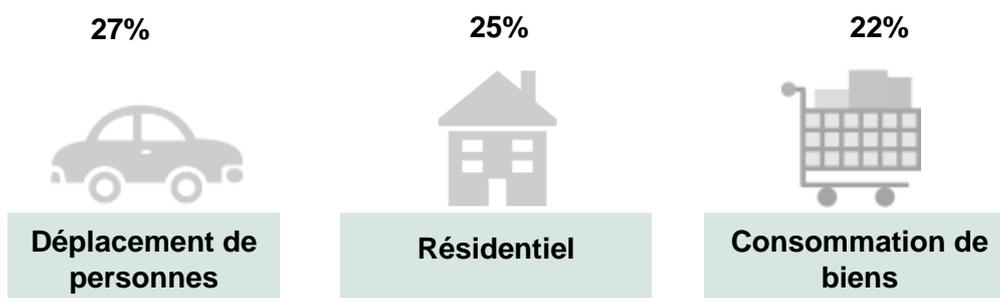


Figure 6 : Répartition des émissions de GES du territoire de Vallée Sud - Grand Paris (en 2016)

Les trois premiers postes d'émissions de GES du territoire sont **le déplacement de personnes** (27%), le **secteur résidentiel** (25%) et la **consommation de biens** (22%).

L'ensemble du parc des bâtiments (résidentiels et tertiaires) totalisent 35% des émissions du territoire.

Les 3 secteurs à traiter prioritairement pour réduire les émissions de GES du territoire sont donc :



En termes de leviers de réduction, l'action en direction du grand public doit être favorisée afin de faire évoluer les comportements et d'accompagner les évolutions des politiques publiques. Ces mesures doivent être accompagnées d'une démarche d'exemplarité de la part de la collectivité.

Le graphique ci-dessous présente les émissions de GES par scope en fonction des postes du Bilan Carbone®.

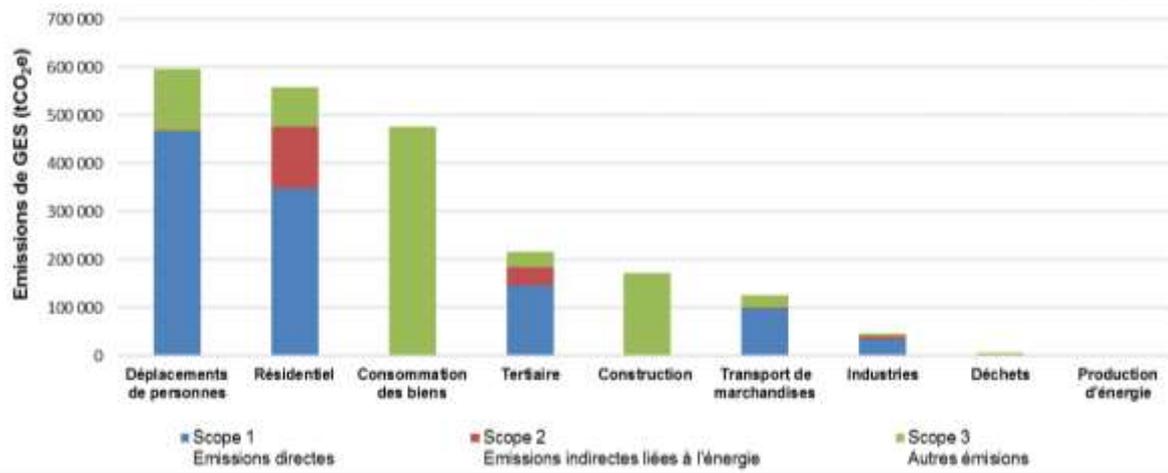


Figure 7 : Emissions de GES territoriales par scope, selon les postes du Bilan Carbone® (en 2016).

Les émissions **directes de GES (scope 1) représentent 50% des émissions territoriales**, principalement pour le déplacement des personnes avec 27%, suivi du secteur résidentiel, avec 25% des émissions.

Les émissions indirectes liées à la consommation d'énergie (scope 2) représentent 8% des émissions totales.

Les émissions indirectes du scope 3 représentent 42% des émissions territoriales, et sont principalement dues à la consommation des habitants du territoire (repas et achats).

3.3 Les émissions de GES par secteur

Les paragraphes suivants présentent les émissions de GES du territoire de Vallée Sud - Grand Paris par secteur et selon la méthode Bilan Carbone®, pour l'année 2016.

3.3.1 Les émissions du secteur « déplacements des personnes », 596 673 tCO₂e (27% du bilan global)⁵

Les émissions de GES liées aux déplacements de personnes (voiture et transports en communs) sur le territoire de Vallée Sud - Grand Paris s'élèvent à **596 673 tCO₂e** en 2016. Elles constituent le **premier poste d'émissions** de GES du territoire avec **27%** des émissions.

⁵ Les données de consommations d'énergie utilisées pour la réalisation de ce Bilan Carbone® sont celles de WattStrat. Dans ce Bilan Carbone®, il n'y a pas de distinction faite entre les visiteurs ou les résidents du territoire. En revanche, la distinction est faite par type de carburant utilisé en voiture personnel, véhicule utilitaire léger et transport en commun.

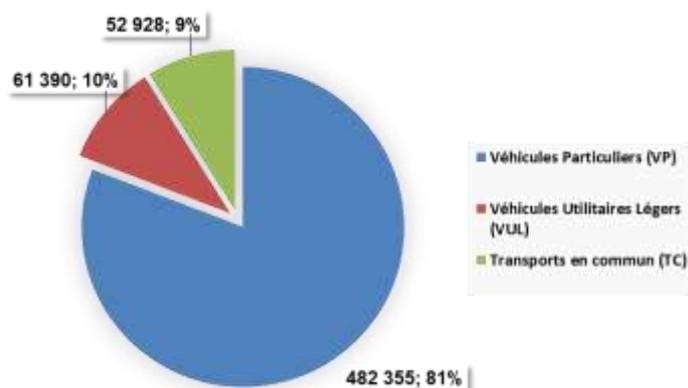


Figure 8: Émissions de GES par mode de transport (tCO₂e,%) sur le territoire de Vallée Sud - Grand Paris en 2016.

L'utilisation de la voiture personnelle est la principale source d'émissions de GES du secteur des transports (81% des émissions, soit 482 355 tCO₂e), suivie de l'usage des véhicules utilitaires légers avec 61 390 tCO₂e (10% des émissions) et des transports en commun avec 52 928 tCO₂e (9% des émissions).

Plus de **45%** des déplacements sur le territoire sont réalisés à pied ou à vélo⁶. Cependant ces déplacements ne sont pas comptabilisés ci-dessus car ils n'émettent pas de GES. Ils sont à favoriser dans le cadre des actions du plan climat.

Par ailleurs, une récente étude de l'Insee met en évidence les parts modales des déplacements domicile-travail sur le territoire. Ces déplacements sont effectués à 2,98% à vélo, 4,15% en deux-roues motorisées, 7,56% en marchant, 36,75% en voitures et 45,47% en transport en commun⁷.

Les émissions de GES sont notamment liées au choix du carburant. En effet, la consommation des carburants fossiles tels que le diesel ou l'essence contribue grandement aux émissions de gaz à effet de serre ainsi qu'à la pollution atmosphérique.

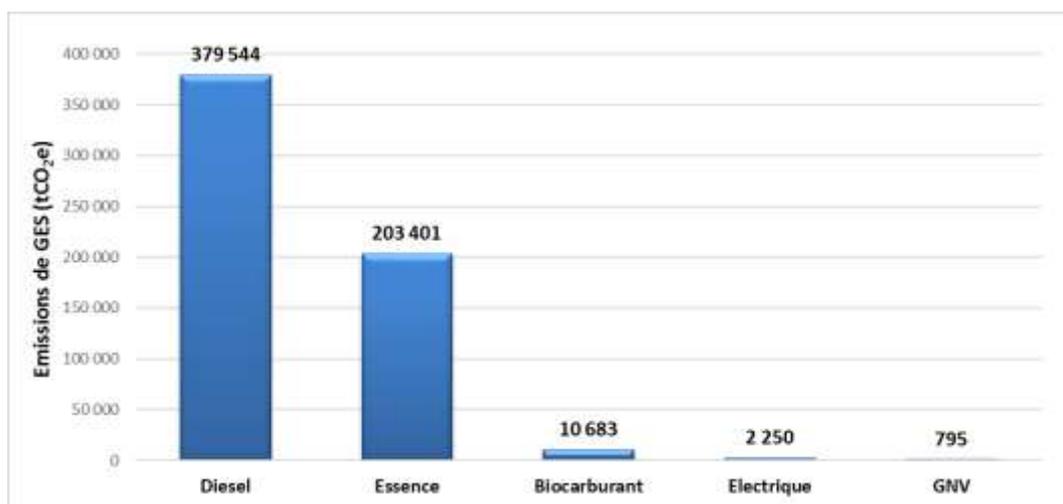


Figure 9: Émissions annuelles de GES en fonction du type de carburant sur le territoire de Vallée Sud - Grand Paris (en 2016)

⁶ D'après l'enquête OMNIL (2018), la marche à pied représente 41% des déplacements sur le territoire de l'EPT Vallée Sud - Grand Paris ; la voiture et les deux roues motorisés 33%, les transports en commun 22% et le vélo 3,8%.

⁷ Insee, 2017

Les carburants issus du pétrole (diesel et essence), très majoritaires sur le territoire, sont responsables de 98% des émissions de GES. Les biocarburants représentent 2% des émissions, grâce à leur origine végétale, ils émettent beaucoup moins de gaz à effet de serre, moins de particules dues aux hydrocarbures et moins de monoxyde de carbone que le pétrole (essence et diesel).

Les véhicules au gaz naturel et à l'électricité (y compris véhicules hybrides) émettent 0.1% et 0.4% des émissions de GES du secteur des transports. Ils sont peu émetteurs de gaz à effet de serre, mais également peu fréquemment utilisés sur le territoire.

Les transports en commun sur le territoire de Vallée Sud - Grand Paris

Le territoire de Vallée Sud - Grand Paris est desservi par un réseau structurant de transports en commun constitué par : le RER B et C (11 gares), le métro 4 et 13 (4 stations), le tramway T6 et le Transilien (1 gare) ainsi que le réseau de bus RATP

Cette desserte en transports en commun étant insuffisante pour mailler l'ensemble du territoire, Vallée Sud - Grand Paris finance, en complément, des lignes de bus locales qui permettent d'offrir à l'ensemble de la population du territoire une solution de transport à moins de 5 minutes à pieds de son lieu domicile ou de son lieu de travail.

- 15 lignes de bus Paladin (opérateur : Bièvre Bus Mobilités) qui desservent les communes d'Antony, Bourg-la-Reine, Châtenay-Malabry, Le Plessis-Robinson et Sceaux
- 5 lignes de bus dites « services réguliers locaux » (opérateur : RATP) : le Clamibus à Clamart, le Petit Fontenaisien à Fontenay-aux-Roses, l'Hirondelle à Malakoff, l'Amibus à Châtillon et le Montbus à Montrouge
- Ces 20 lignes totalisent environ 2 900 000 voyages par an pour 1 280 000 km parcourus par an
- La participation financière de Vallée Sud à leur fonctionnement représentait 3,35 M€ en 2017, soit 44% de leur coût d'exploitation

Les projets Grand Paris Express et Eole :

Le réseau francilien est globalement saturé. Il transporte plus de 6 millions de voyageurs par jour avec un certain nombre de lignes en grande difficulté.

Les infrastructures de transports en commun sont amenées à évoluer de manière importante sur le territoire de Vallée Sud - Grand Paris avec :

- 4 futures gares du Grand Paris Express (lignes 15 et 18) : Fort d'Issy-Vanves-Clamart, Châtillon-Montrouge, Bagneux et Antonypôle
- 2 gares de métro sur la ligne 4 : Verdun Sud et Bagneux
- 1 ligne de tramway T10 (Antony-Clamart)

3.3.2 Les émissions du secteur « résidentiel », 557 299 tCO₂e (25% du bilan global)⁸

Les émissions de GES liées aux consommations énergétiques du secteur résidentiel s'élèvent à **557 299 tCO₂e** pour l'année 2015. Elles constituent le **second poste d'émissions** de GES du territoire avec **25%** des émissions de GES.

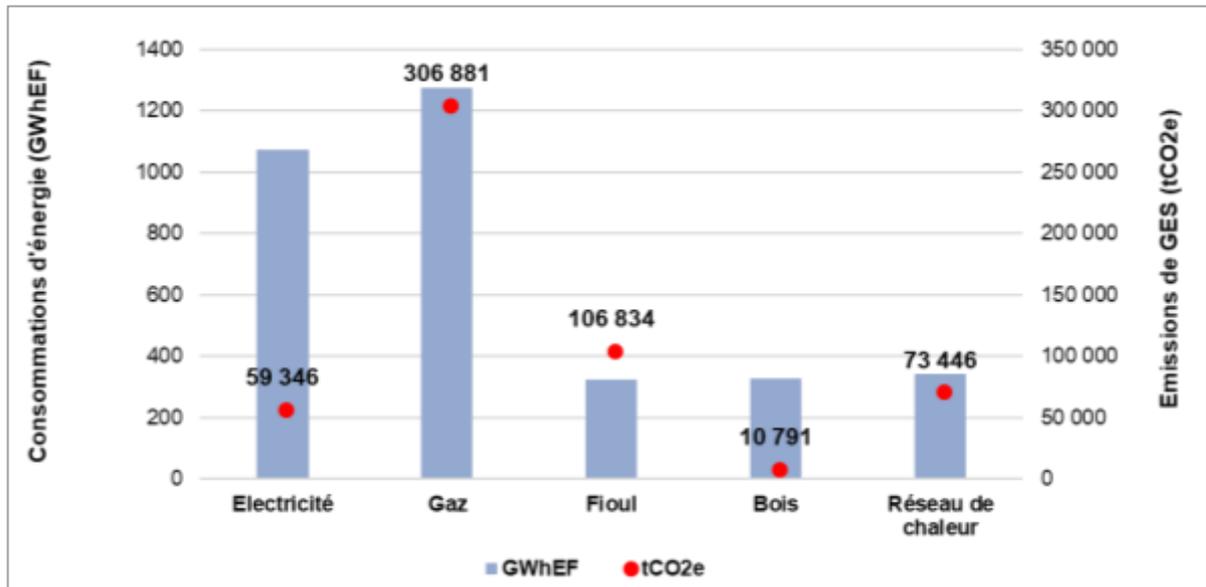


Figure 10: Consommations d'énergie et émissions de GES territoriales liées au secteur résidentiel, en MWh_{EF} et tCO₂e (en 2016)

Sur le territoire de Vallée Sud - Grand Paris, le parc résidentiel est composé d'environ 190 000 logements. Les émissions de GES par logement sont donc de l'ordre de **2.98 tCO₂e/Igt**.

Ce sont les **énergies fossiles qui sont les plus émettrices de GES pour le secteur résidentiel**. Le **gaz et le fioul** représentent ainsi **74% des émissions du secteur résidentiel** pour **48% des consommations énergétiques en énergie finale**. Le choix de l'énergie de chauffage a un impact important sur les émissions de GES.

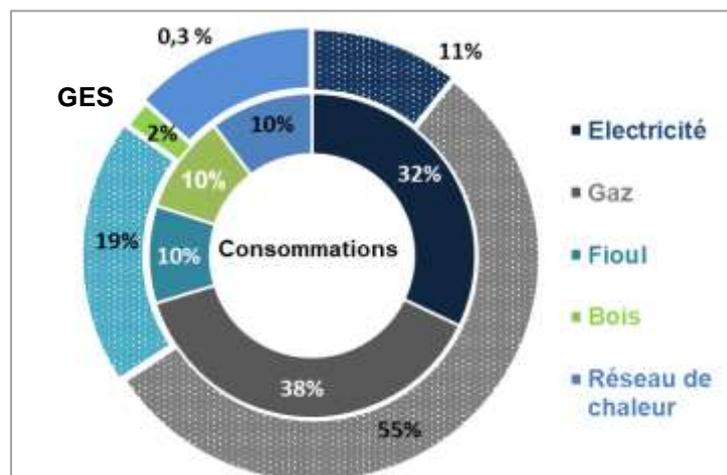


Figure 11: Consommations territoriales d'énergie et émissions de GES liées au secteur résidentiel, en % (en 2016).

⁸ Les données de consommations d'énergie utilisées pour la réalisation de ce Bilan Carbone® sont celles de WattStrat et d'ENERGIF. L'année de référence du diagnostic des consommations est l'année 2015. L'analyse des consommations d'énergie du secteur est réalisée dans le chapitre 4.

A l'inverse **l'électricité ne représente que 11% des émissions de GES** du secteur pour **32% des consommations énergétiques** en énergie finale. Cela est dû au mix énergétique français pour la production d'électricité, qui est majoritairement d'origine nucléaire, peu émettrice de CO₂.

Malgré son faible impact en termes d'émissions de GES, l'utilisation de l'électricité pour le chauffage des bâtiments ne présente pas que des avantages. En effet, le confort thermique est souvent moins bon pour un logement chauffé à l'électricité que pour un logement chauffé au gaz, au réseau de chaleur ou au bois. De plus, la production d'électricité, qui provient majoritairement du nucléaire en France, génère des déchets radioactifs. On peut également noter qu'en période de consommation de pointe (soirées hivernales notamment) la production d'électricité a également recours aux énergies fossiles en proportion plus importante et a donc un impact sur les émissions de GES.

Les réseaux de chaleur représentent 13% des émissions du secteur résidentiel pour 10% des consommations. Les niveaux d'émission de CO₂ des réseaux de chaleur dépendent du mix énergétique des réseaux de chaleur. En effet, ces derniers ont l'avantage de pouvoir être alimentés par des sources variées, dont la cogénération et les énergies renouvelables et de récupération (biomasse, géothermie, incinération des déchets, etc.). Diminuer les émissions liées à ces réseaux nécessite d'augmenter la part des énergies renouvelables dans leur alimentation. Il s'agit d'un des enjeux majeurs du Schéma régional du Climat, de l'Air et de l'Energie d'Ile-de-France et du PCAEM, ce dernier a pour objectif, d'ici 2050, d'assurer à 100% l'alimentation des réseaux chaleur par des énergies renouvelables et de récupération.

Le bois représente quant à lui 2% des émissions de GES du secteur résidentiel pour **10% des consommations énergétiques**. Les émissions liées à l'utilisation du bois sont donc faibles.

3.3.3 Les émissions du poste « consommation de biens », 476 342 tCO₂e (22% du bilan global)

L'estimation des biens consommés sur le territoire de Vallée Sud - Grand Paris a été réalisée à partir de deux catégories de données d'entrée :

- Les **consommations d'aliments estimées à partir du nombre de repas servis**. Le nombre de repas servis sur le territoire a été calculé en fonction du nombre d'habitants, du nombre d'emplois sur le territoire et du nombre d'actifs parmi la population.

Ainsi, **le nombre de repas pris par an sur le territoire a été estimé à 207 981 685⁹**.

- Les **consommations de matières premières pour les autres biens achetés, estimées en fonction des quantités de déchets jetés**. Ici, ce sont les émissions liées à la fabrication des biens utilisés sur le territoire puis jetés, qui sont estimées : à chaque tonne de déchet plastique, verre, carton, etc. est associée une certaine quantité de GES émis au cours du processus de fabrication de cette tonne à l'origine. Les données d'entrée sont issues du poste « Déchets ».

Les émissions de GES liées à la consommation de biens par les habitants du territoire s'élèvent à **476 342 tCO₂e** pour l'année 2016. Elles constituent le **troisième poste d'émissions** de GES du territoire avec **22% des émissions**.

⁹ Le nombre de repas consommés sur le territoire a été calculé de la manière suivante : (nombre d'habitants x 365) + (nombre d'habitants – nombre d'actifs dans la population + nombre d'emploi) x 220 jours travaillés.

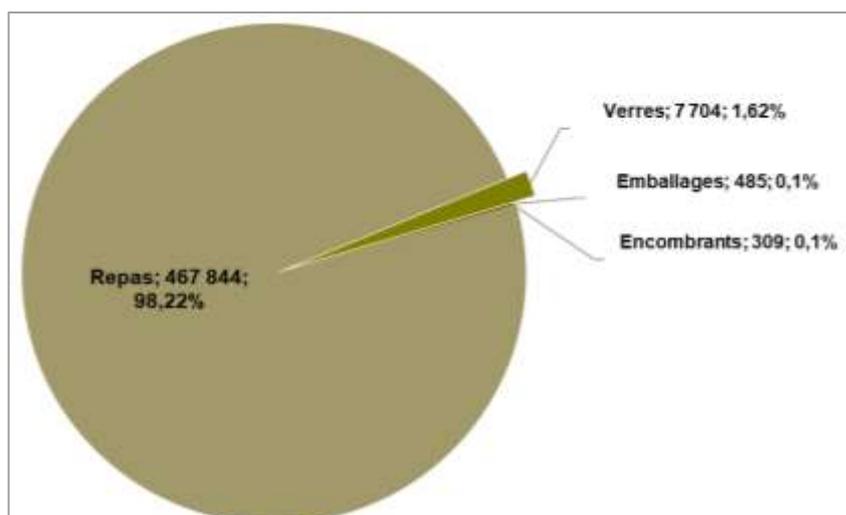


Figure 12: Répartition des émissions territoriales de GES pour le poste « consommation » (tcO2e et%, en 2016)

Ce sont les **repas** pris sur le territoire qui ont l'impact le plus important en termes d'émissions de GES pour le poste consommation (98.22%)¹⁰. Il s'agit toutefois essentiellement d'émissions réalisées hors du territoire, puisque celui-ci est principalement importateur de biens alimentaires.

La composition du repas et notamment son contenu en protéines animales influence l'impact en termes d'émissions de GES.

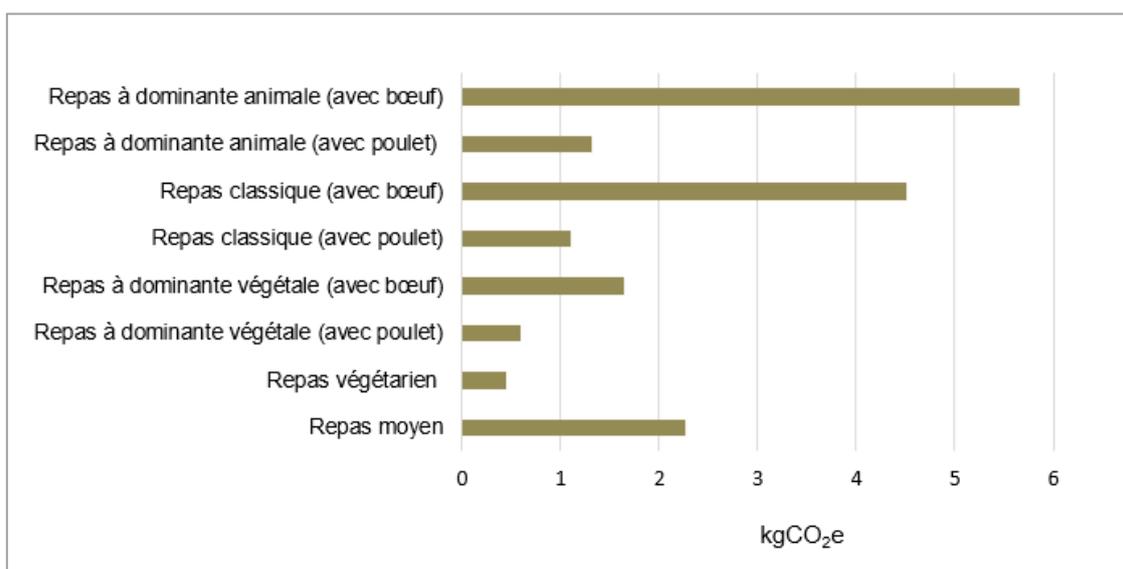


Figure 13: Emissions de GES par type de repas (données ADEME)

La sensibilisation des habitants et l'incitation des restaurants collectifs du territoire (cantines scolaires, restaurants d'entreprises, ...) peuvent permettre de limiter l'impact des repas servis sur le territoire : **diminuer la part carnée de l'alimentation, favoriser la consommation de produits locaux ou de proximité, lutter contre le gaspillage alimentaire, ...** Ces leviers de réduction sont présentés de manière plus détaillée dans le chapitre 5 du rapport.

¹⁰ Pour l'évaluation des émissions de GES générées par les 206 098 705 millions de repas pris annuellement sur le territoire, un ratio de 2,27 kgCO₂e par repas moyen a été utilisé (Source ADEME).

Plus généralement, sur le secteur de la consommation des biens et services¹¹, le territoire peut développer des actions ayant un impact sur la consommation responsable de biens telles que : améliorer le recyclage, inciter à la réutilisation et réparation des biens, favoriser l'échange de biens et de services, ...

3.3.4 Les émissions du secteur tertiaire, 216 001 tCO₂e (10% du bilan global)¹²

Les émissions de GES liées aux consommations des bâtiments tertiaires (services, commerces, bureaux et administration) en 2015 sur le territoire de Vallée Sud - Grand Paris s'élèvent à **216 001 tCO₂e** (1 355,67 GWh_{EF}).

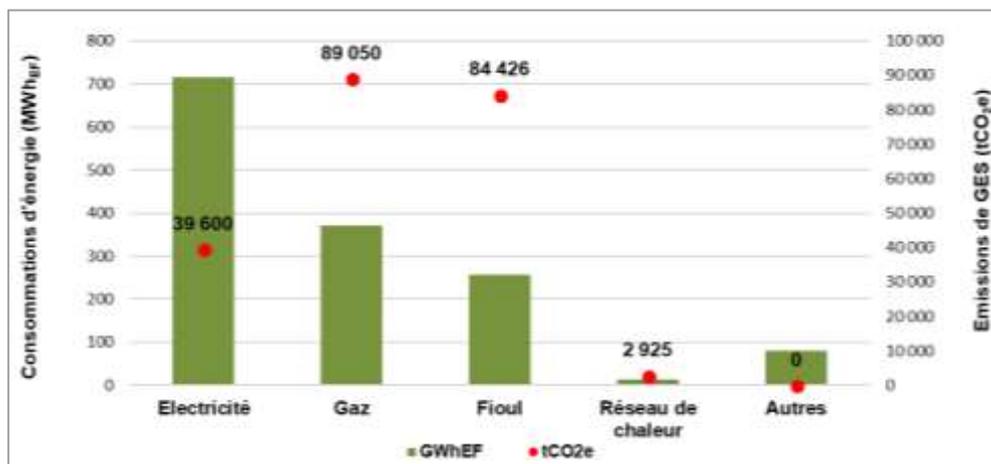


Figure 14: Répartition des émissions de GES liées aux bâtiments du secteur tertiaire, en MWh_{EF} et tCO₂e

La majorité des émissions de GES des bâtiments tertiaires¹³ est liée aux **consommations de gaz et de fioul** (80% des émissions pour 35% des consommations), même si celles-ci ne représentent que 35 % des consommations. En effet, ces énergies sont beaucoup plus émettrices de GES que l'électricité par exemple (65% de l'énergie consommée et 18% des émissions de GES).

¹¹ Remarque : L'interprétation des résultats ne porte que sur l'alimentation étant donné le poids relatif de ce poste dans les émissions de GES liées à la consommation sur le territoire. Ainsi, l'essentiel de la consommation des personnes physiques et des activités de production occupant le territoire en matériaux, produits manufacturés ou semi-finis et en services autres que les transports ne sont pas pris en compte dans l'approche « Territoire » du Bilan Carbone®. Or, à l'échelle nationale, la production de produits manufacturés et de produits alimentaires représente plus de 50% des émissions globales.

¹² Les données de consommations d'énergie utilisées pour la réalisation de ce Bilan Carbone® sont celles de WattStrat. L'année de référence du diagnostic des consommations est l'année 2015.

¹³ La présentation détaillée des résultats est présentée dans la partie 4.4 du rapport.

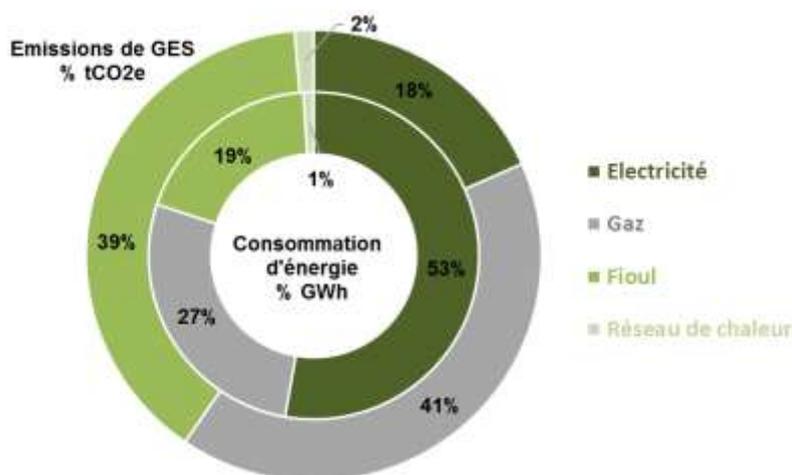


Figure 15: Répartition des émissions de GES liées aux bâtiments du secteur tertiaire, %

L'utilisation des réseaux de chaleur est encore peu exploitée. En effet, **les réseaux de chaleur représentent seulement 0.16% des consommations énergétiques.**

3.3.5 Les émissions du poste « construction », 171 411 tCO₂e (8% du bilan global)

Les émissions de GES liées à la construction des bâtiments sur le territoire de Vallée Sud - Grand Paris s'élèvent à **171 411 tCO₂e**, pour une surface construite de 313 286 m².

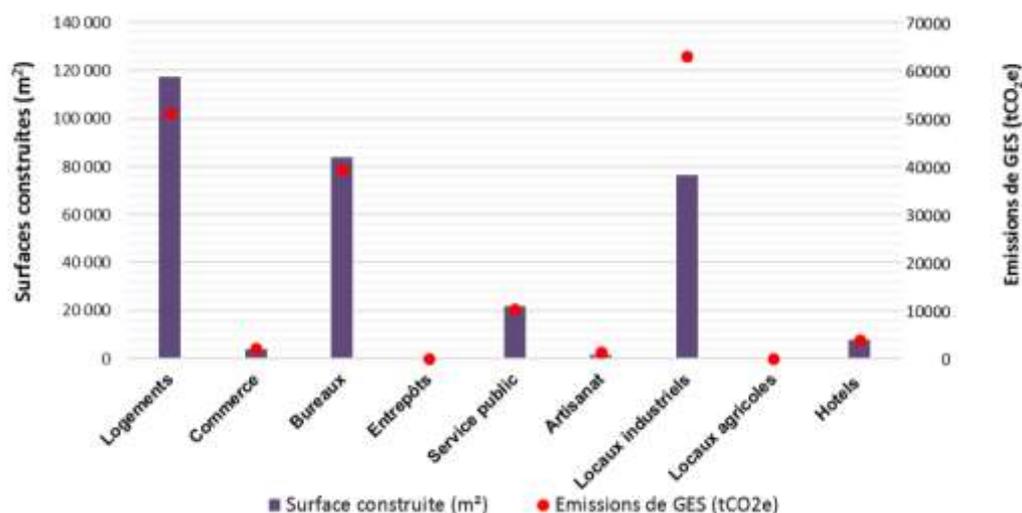


Figure 16 : Surface des bâtiments construits en 2016 sur le territoire et répartition des émissions de GES par types de bâtiments, en m² et tCO₂e (Source Sitadel pour les surfaces)

Les émissions de GES liées à la construction sont majeures pour les locaux industriels (**37%**), les logements (**30%**) et les bureaux (**23%**). En effet, le facteur d'émission associé à la construction de locaux industriels (825 kgCO₂/m²) est supérieur à celui des logements (436 kgCO₂/m²) et bureaux (469 kgCO₂/m²).

3.3.6 Les émissions du secteur « transport de marchandises », 125 266 tCO₂e (5,69% du bilan global)

Les émissions de GES liées au transport de marchandises sur le territoire de Vallée Sud - Grand Paris s'élèvent à **125 266 tCO₂e** en 2016¹⁴.

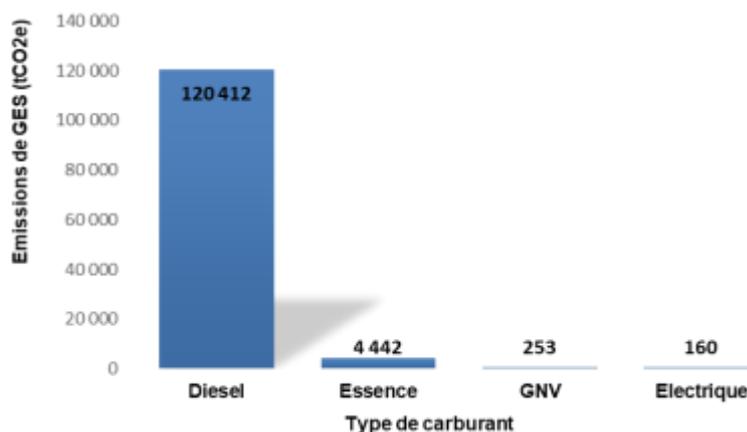


Figure 17 : Répartition des émissions territoriales de GES par type de carburant, liées au transport de marchandises

Les émissions de GES les plus importantes sont liées à l'utilisation du diesel (96% des émissions), liées à la part importante de véhicules diesel sur le territoire ainsi qu'aux émissions élevées de ce type de carburant.

Le transport de marchandises au sein du territoire est pratiqué à **99% avec des poids lourds**, les **1%** restant correspondent à l'utilisation de **Véhicules Utilitaires Légers (VUL)**. Les émissions de GES sont donc importantes lors de l'utilisation des poids lourds, qui utilisent uniquement du diesel ou de l'essence, tandis que les VUL utilisent également du gaz naturel et l'électricité.

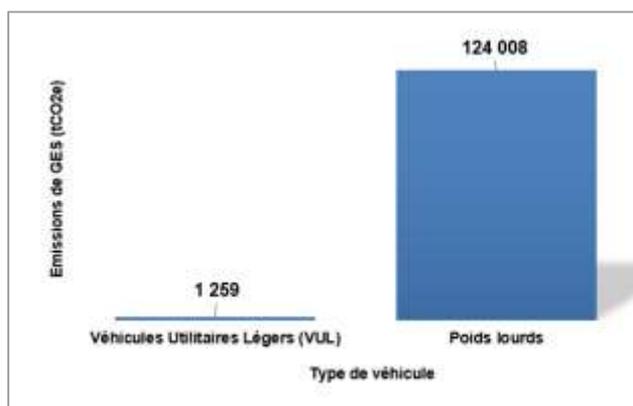


Figure 18 : Répartition des émissions territoriales de GES par type de véhicule, liées au transport de marchandises (en 2016).

Il est nécessaire d'agir sur la diminution de la consommation et le choix du carburant utilisés dans le transport routier.

14 Données de WattStrat.

3.3.7 Les émissions du secteur industrie, 46 869 tCO₂e (2% du bilan global)

Les émissions de GES liées aux consommations d'énergie du secteur industriel¹⁵ en 2015 sur le territoire de Vallée Sud - Grand Paris s'élèvent à **46 869 tCO₂e**, pour une consommation en énergie finale de 274 GWh.

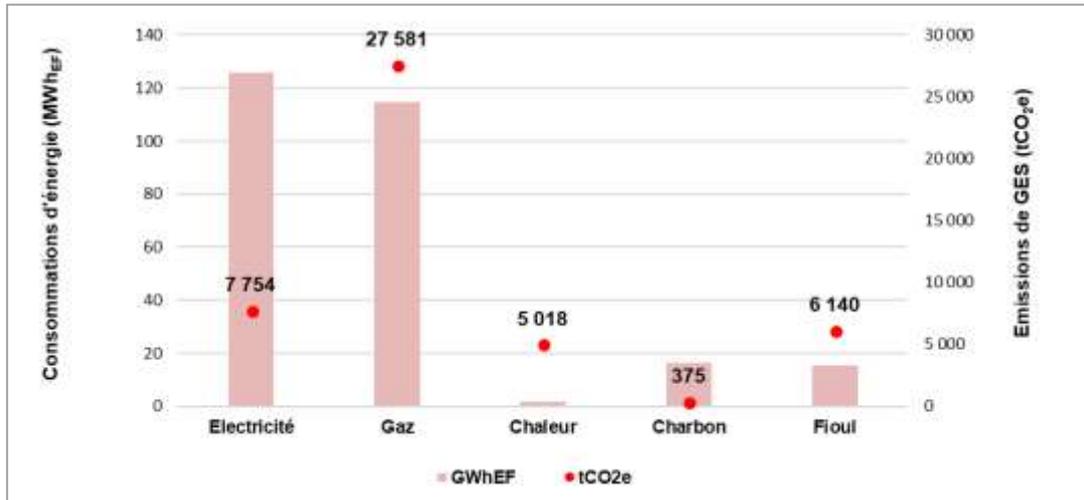


Figure 19 : Répartition des émissions de GES liées au secteur industriel

La majorité des émissions du secteur industriel est due aux **consommations d'énergies fossiles** : gaz (59%) et fioul (13%). Ces énergies représentent 48% des consommations du secteur. L'**électricité** qui est responsable de 17% des émissions de GES **représente 46% des consommations d'énergie**.

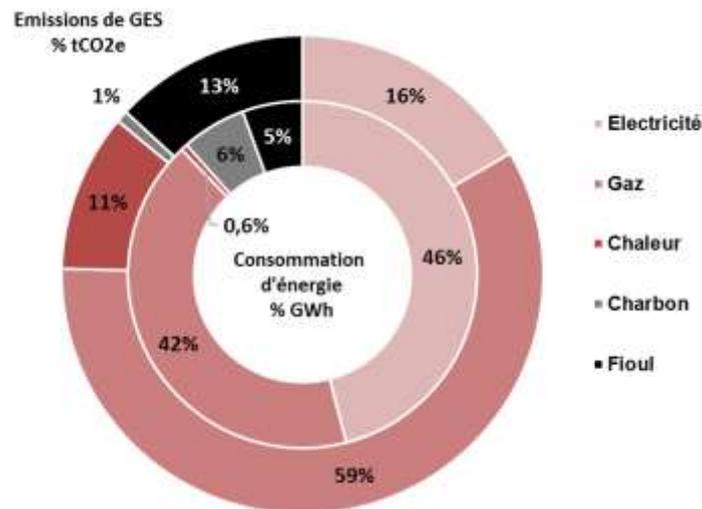


Figure 20 : Répartition des émissions de GES liées au secteur industriel

Sur le territoire de Vallée Sud - Grand Paris, l'activité industrielle est peu présentée, les émissions sont donc moins importantes que dans d'autres secteurs. Le territoire accueille principalement des activités tertiaires.

¹⁵ Les données de consommations d'énergie utilisées pour la réalisation de ce Bilan Carbone® sont celles de WattStrat. L'année de référence du diagnostic des consommations est l'année 2015.

3.3.8 Les émissions du secteur des déchets, 7230 tCO₂e (0,3% du bilan global)¹⁶

Ce poste comptabilise les émissions de GES liées au traitement des déchets collectés sur le territoire.

Le tableau suivant présente les quantités de déchets, leurs modes de traitement et les émissions et gains de CO₂ qui leurs sont liés :

Type de déchet	Tonnages	Mode de traitement	Emissions CO ₂ en tonnes	Gains CO ₂ en tonnes
Ordures ménagères résiduelles - OMR	99 675	Incinération avec valorisation énergétique	4766	9657
Emballages	15 399	Recyclage	503	342
Verre	6 583	Recyclage	215	2777
Encombrants	20 534	Tri suivi de la valorisation	671	0
Déchets végétaux	9 300	Compostage	1009	246
Gravats	2671	Stockage déchets inertes	15	0
Bois carton	1101	Tri suivi de la valorisation	36	0
Textiles usagers	262	Tri suivi de la valorisation	9	0
Ferrailles	126	Tri suivi de la valorisation	4	0
DEEE	77	Tri suivi de la valorisation	2	0
Déchets dangereux des ménages	122	Traitement particulier	-	-
TOTAL	156 170		7 230	13 023

Tableau 5 : Quantités de déchets collectés sur le territoire par typologie et mode de traitement en 2017

Les émissions liées au traitement des déchets s'élèvent à **7 230 tCO₂e** en 2017, pour 156 170 tonnes de déchets/an. Ramené par habitant, les émissions sont bien inférieures à la moyenne nationale, ce qui s'explique d'une part par le fait qu'en ville en général les habitants produisent moins de déchets qu'en zone rurale, et parce que le territoire de Vallée Sud – Grand Paris a déjà mis en place de nombreuses actions de réduction des déchets¹⁷.

Voici le détail des émissions des principaux déchets :

La majorité des émissions de GES est liée à **l'incinération des ordures ménagères** (66% des émissions du poste). Ce mode de traitement est particulièrement émetteur, mais il est ici

¹⁶ Les tonnages proviennent des opérateurs de service de la collecte et traitement des déchets : SYCTOM et SIMACUR.

¹⁷ Cf. Diagnostic du Plan local de prévention des déchets ménagers et assimilés, en cours de rédaction.

accompagné d'une production d'énergie. Cette valorisation énergétique permet d'éviter des émissions de **9 657 tCO₂e**.

Le **compostage des déchets verts** issus de la collecte est également émetteur de GES (1009 tCO₂e, 14% des émissions), malgré un tonnage relativement faible (9 300 tonnes). Le compostage des déchets verts permet d'éviter des émissions de GES de **245 tCO₂e**.

Le compostage est un procédé aérobie de stabilisation de la matière organique. La production de chaleur biologique et les transformations de la matière organique conduisent à des émissions de GES. La production de compost évite également l'emploi de fertilisants azotés de synthèse, ce qui permet d'éviter les émissions de production de ces engrais. Par ailleurs, une fraction du carbone contenu dans le compost épandu séquestrée dans le sol, crée des puits organiques.

Le recyclage des **emballages** (carton et plastiques) émet **503 tCO₂e (7% des émissions du poste)** et du **verre 2015 tCO₂e (28%)**. On note par ailleurs que le recyclage du verre permet d'éviter des émissions de GES conséquentes (**2 777 tCO₂e**). En effet, le recyclage du verre permet de fabriquer de nouveaux produits en émettant moins de GES que n'implique le processus de fabrication d'un objet neuf.

La valorisation matière des déchets (ordures ménagères, compostage, recyclage) des habitants permet ainsi d'éviter des émissions de GES qui s'élèvent au total à **12 776 tCO₂e**.

Les **encombrants** représentent **9%** des émissions liées au traitement des déchets (671 tCO₂e), et ils sont triés avant d'être valorisés.

3.3.9 Les émissions du poste « production d'énergie », 122 tCO₂e (0,01% du bilan global)

Ce poste comptabilise les émissions dues à la consommation d'énergie pour le fonctionnement des équipements de production d'énergie (centrales, raffineries...), et à la production d'énergie sur le territoire, qu'elle soit consommée sur le territoire ou non¹⁸.

Aujourd'hui sur le territoire de Vallée Sud - Grand Paris, la géothermie basse énergie est fortement mobilisée par les réseaux de chaleur des communes de Bagneux, Châtillon (réseau BAGEOPS mis en service en 2016) et Plessis-Robinson (réseaux TECNI et ZIPEC/Noveos). Le chapitre 5 présente les réseaux de chaleur existants sur le territoire.

Les émissions de GES liées à la production d'énergie sur le territoire en 2014 s'élèvent à **122 tCO₂e**, pour une production de 4,4 GWh.

¹⁸ Les données de consommations d'énergie utilisées pour la réalisation de ce Bilan Carbone® sont celles du ROSE. L'année de référence du diagnostic de production est l'année 2014.

Remarque : la production d'énergie à partir de la géothermie basse énergie n'est pas présentée par le Réseau Observatoire et Statistique de l'Énergie d'Ile de France -ROSE. Celui-ci indique seulement le nombre de Pompes à Chaleur – PAC existantes sur le territoire en 2014, soit 19 PAC.

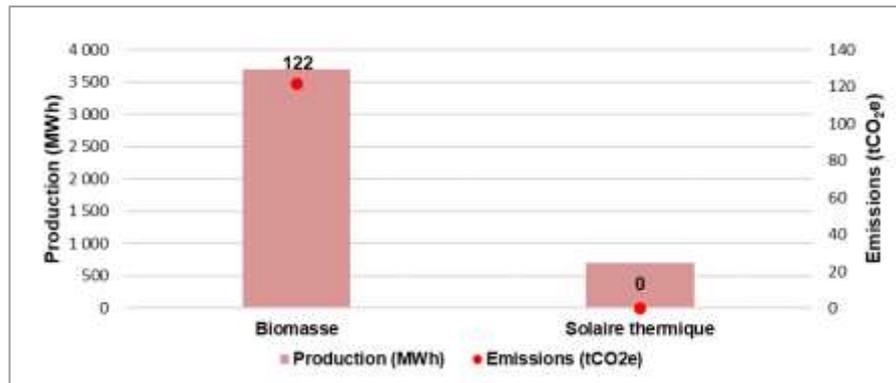


Figure 21: Emissions territoriales de GES liées à la production d'énergie en 2014

Les émissions sont entièrement liées à la production d'énergie biomasse.

- La biomasse est une source d'énergie renouvelable à faible émission de gaz à effet de serre (GES). L'énergie est extraite soit par combustion directe avec du bois par exemple, soit par combustion après une transformation de la matière première, lors de la méthanisation par exemple.
- Le Bilan Carbone® considère que la production d'énergie d'origine solaire thermique n'émet pas de GES. En effet, les équipements ne produisent pas de CO₂ ou autre gaz à effet de serre lors de leur fonctionnement. Par contre, leur phase de production est quant à elle productrice des émissions de GES, mais n'est pas intégrée dans la méthode de calcul du bilan carbone.

3.3.10 Les émissions du secteur agricole, 0 tCO₂e (0% du bilan global)

Ce poste comptabilise les émissions de GES énergétiques et non énergétiques liées aux activités agricoles.

Il n'y a pas d'exploitations agricoles sur le territoire, il n'y a donc pas de consommations énergétiques liées au secteur agricole. En effet, le territoire de Vallée Sud - Grand Paris est fortement urbanisé, l'activité agricole est donc très peu représentée par rapport aux autres secteurs (7 ha agricoles en 2012). En revanche, il existe des émissions indirectes, comptabilisées en partie dans le secteur « consommation de biens et alimentation ».

3.4 La prise en compte des objectifs européens et nationaux de réduction des émissions de GES

L'Union européenne s'est engagée à réduire de 20% ses émissions de gaz à effet de serre en 2020 par rapport à celles de 1990. Afin de répondre à l'urgence écologique et climatique actuelle, la France se fixe comme objectif de réduire les émissions de gaz à effet de serre de 40% entre 1990 et 2030 et d'atteindre la neutralité carbone à l'horizon 2050. Pour ceci, l'objectif est de diviser les émissions de gaz à effet de serre par un facteur supérieur à six entre 1990 et 2050 (Article L100-4, modifié par la LOI n°2019-1147 du 8 novembre 2019).

Le graphique suivant présente la simulation de l'atteinte des objectifs nationaux et européens de réduction des émissions de GES à partir du niveau d'émissions calculé pour le territoire (en faisant l'hypothèse d'une contribution équivalente de tous les secteurs d'émissions).

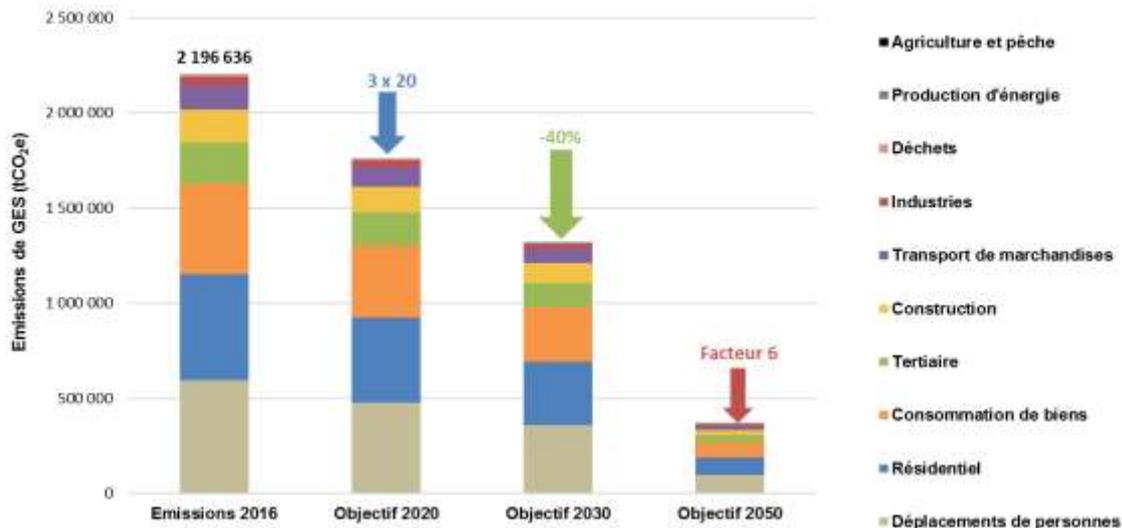


Figure 22 : Application des objectifs nationaux et européens de réduction des émissions du territoire

NB : L'enjeu ici est de visualiser l'effort à faire pour atteindre un objectif très ambitieux, en gardant à l'esprit qu'il s'agit d'ordres de grandeur. L'atteinte de ces objectifs européens et nationaux passe par une déclinaison des politiques de lutte contre le changement climatique au niveau de la collectivité. Ces objectifs sont notamment à adapter en fonction des territoires, et en particulier des potentialités de chaque secteur de diminuer ses émissions, ainsi que des capacités territoriales de séquestration de carbone. La neutralité carbone est un objectif à l'échelle nationale, chaque territoire doit chercher à tendre vers cet objectif (principe de prise en compte). Des territoires avec de très faibles capacités de séquestration de carbone (peu agricoles et forestiers), comme Vallée Sud – Grand Paris atteindront difficilement ces objectifs, et devront probablement s'inscrire dans des dispositifs de compensation carbone avec d'autres territoires voisins (cf. PCAEM).

Toujours à titre indicatif, l'atteinte du Facteur 6 à horizon 2050 supposerait pour Vallée Sud – Grand Paris de réduire chaque année de **2,5% par an** en moyenne les émissions de gaz à effet de serre par rapport au bilan 2016, soit environ 53 839 tCO₂e/an¹⁹, si l'on considère que l'effort nécessaire est constant dans le temps.

Enfin, en tant que coordinateur de la transition énergétique et climatique sur son territoire, l'Établissement Public Territorial de Vallée Sud Grand Paris devra favoriser la mobilisation des acteurs du territoire (communes, entreprises, citoyens, élus, etc...) autour de la construction de son Plan Climat Air Énergie Territorial afin de définir les actions territoriales d'adaptation et d'atténuation du changement climatique.

En effet, la mise en œuvre des actions ne relèvera pas seulement des compétences de Vallée Sud - Grand Paris, mais également de la volonté de l'ensemble des acteurs à s'engager pour atteindre les objectifs définis pour le territoire.

¹⁹ A titre indicatif, le GIEC indique un effort nécessaire de 5 à 7% par an par rapport à l'année précédente pour un objectif respectivement de +2°C en 2100 et +1,5°C. Cependant cet effort est calculé par rapport à l'année précédente, soit un effort constant en pourcentage, mais décroissant dans le temps.

Récapitulatif des données prises en compte et émissions de GES associées – En annexe 5.

CONCLUSION

Les émissions de GES du territoire de Vallée Sud Grand Paris sont de **2 200 910 teqCO₂** en 2016, soit **58% pour le scope 1 et 2 (1 269 023 teqCO₂)** et **42% pour le scope 3 (930 803 teqCO₂)**.

Les trois secteurs les plus émetteurs de GES du territoire sont :

- **Le transport de voyageurs (27% des émissions globales du territoire)** où la voiture est le mode principal pour se déplacer et sa contribution dans les émissions de GES est très importante : 81% des émissions sont produites par les déplacements en voiture.

Les déplacements en transports en commun produisent seulement 9% des émissions de GES associées au secteur du transport. Il faut noter qu'une grande part du trafic est réalisée en métro/tramway à alimentation électrique (pas d'émission directe de GES), et que les motorisations des bus sont en train d'évoluer (véhicules électriques, véhicules hybrides...).

Les modes actifs (marche et vélo) ne génèrent pas d'émissions. Il s'agit des modes vertueux du point de vue du climat et de l'environnement, ils sont également bénéfiques pour la santé (recommandation de l'OMS : 30 minutes d'activités physiques par jour).

- **Le secteur résidentiel (25% des émissions globales du territoire)** est le second poste contributeur aux émissions de GES.

Les émissions des bâtiments comprennent principalement les émissions de GES liées au mode de chauffage (74,1% des sources fossiles) et à la production d'eau chaude sanitaire des logements et des bâtiments tertiaires.

- **La consommation de biens (22% des émissions globales du territoire)** est le troisième poste le plus émetteur de GES sur le territoire.

Les émissions sont **principalement liées au repas pris par les habitants** (98% des émissions), et notamment à leur teneur en viande, celle-ci étant fortement émettrice de GES lors de sa production.

Ces trois secteurs apparaissent comme prioritaires à traiter pour réduire les émissions de GES du territoire.

Afin de diminuer son empreinte carbone, Vallée Sud – Grand Paris pourrait agir sur :

- La promotion des modes de transport doux (vélo, marche à pied) auprès des habitants.
- La réduction des consommations d'énergie du parc bâti grâce à la rénovation des bâtiments du secteur résidentiel et au changement des comportements des ménages.
- L'utilisation des sources d'énergies moins émettrices de GES (les réseaux de chaleur alimentés principalement à partir des énergies renouvelables, par exemple).
- La promotion d'une consommation responsable à faible impact carbone notamment de l'alimentation durable (sensibilisation à l'impact de l'alimentation carnée, à la consommation des produits locaux auprès des habitants).

4 ANALYSE DE LA CONSOMMATION ENERGETIQUE FINALE DU TERRITOIRE

D'après l'arrêté du 4 août 2016 relatif aux PCAET, le diagnostic PCAET comprend une analyse de la consommation énergétique finale du territoire et du potentiel de réduction portant sur les secteurs : résidentiel, tertiaire, transport routier, autres transports, agricole, déchets, industrie, branche énergie hors production d'électricité, de chaleur et de froid.

4.1 La consommation d'énergie globale du territoire

Les données de WattStrat ont été exploitées pour établir le profil climat énergie du territoire de Vallée Sud - Grand Paris. Les données exploitées pour la consommation sont celles de 2015, et celles pour la production d'énergie, de 2014 (ROSE).

Les consommations regroupent les secteurs résidentiel, tertiaire, industriel hors énergie et du transport.

La consommation globale sur le territoire de Vallée Sud - Grand Paris est estimée à 7574 GWh/an, soit 19 MWh/habitant/an ²⁰.

Pour le territoire de Vallée Sud - Grand Paris, les consommations d'énergie proviennent principalement du secteur résidentiel (3344 GWh, soit 44% des consommations totales), suivi par celles du transport routier (2 503 GWh, soit 33%). Ensuite, on retrouve le secteur tertiaire (1 437 GWh, 19% des consommations totales) puis l'industrie (289 GWh, 4%).

Les consommations des bâtiments (résidentiel et tertiaire) représentent 63% des consommations totales d'énergie du territoire.

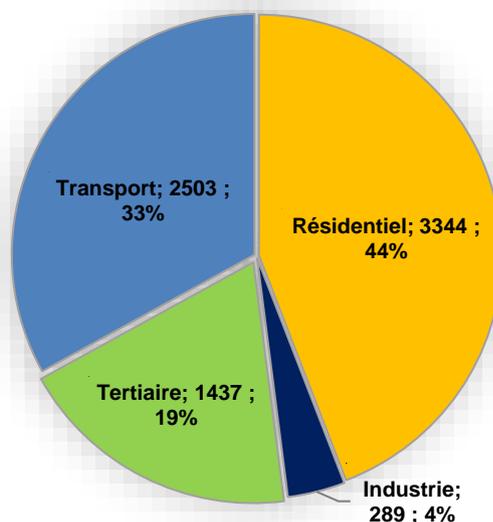


Figure 23 : Répartition des consommations d'énergie en GWhEF par secteur (Source : WattStrat en 2015).
 La consommation des secteurs non visibles est nulle.

En ce qui concerne le mix énergétique, les sources fossiles (charbon, gaz et produits pétroliers) sont la principale énergie consommée (4 616 GWh soit 62,2% du total) sur le territoire de Vallée Sud - Grand Paris, suivi de l'électricité (1 956 GWh soit 26% du total), des

²⁰ Données ROSE (2012)

réseaux de chaleur urbain (5%), le bois-énergie (4%) et les biocarburants pour le transport routier (2,7%).

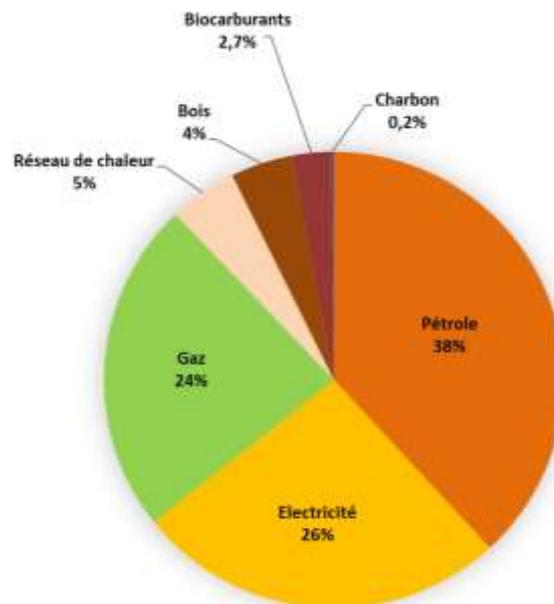


Figure 24 : Répartition des consommations territoriales d'énergie en% par source d'énergie (Source : WattStrat en 2015)

4.1.1 Les consommations par secteur et énergie

Si on considère les consommations par secteur et par énergie, le secteur de l'industrie est celui qui consomme majoritairement du charbon (16 GWh) dans ses consommations globales. Le gaz est principalement consommé par le secteur résidentiel et tertiaire avec 1 275 GWh et 370 GWh respectivement.

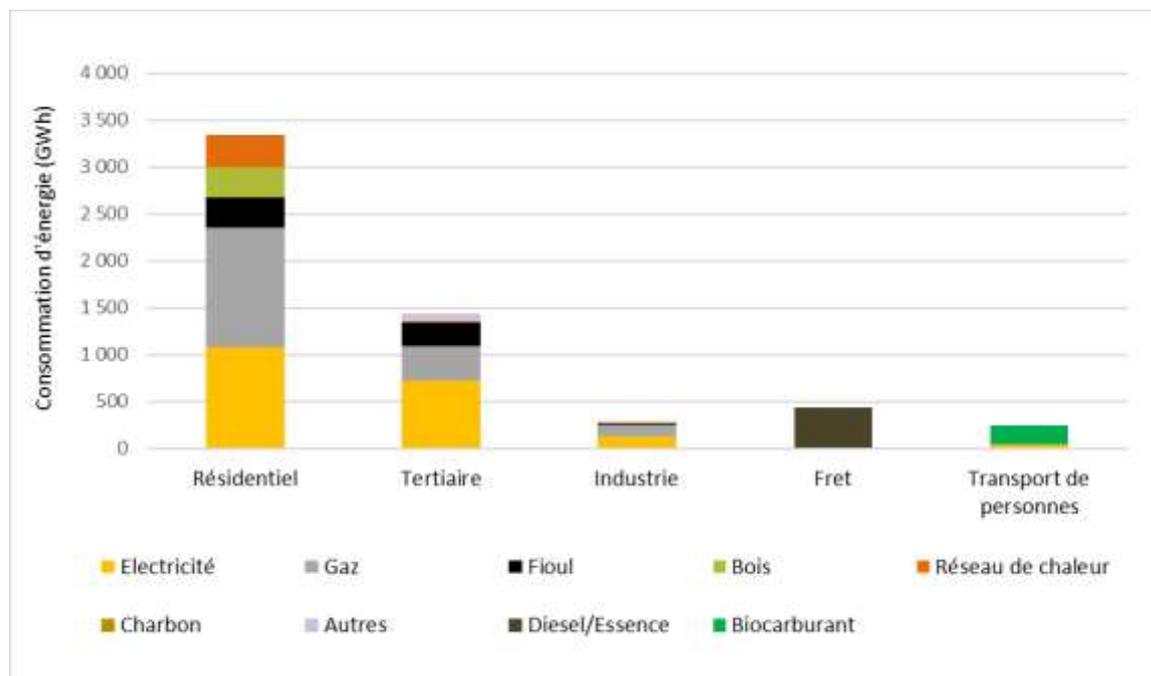


Figure 25 : Consommations annuelles d'énergie en GWhEF par secteur et par source d'énergie (Source : WattStrat en 2015)

L'électricité est principalement consommée par le secteur résidentiel (1 074 GWh) puis par le secteur tertiaire (716 GWh) et par le secteur industrie (126 GWh). Le secteur du transport routier consomme uniquement 39GWh d'électricité.

Les réseaux de chaleur sont principalement utilisés dans le secteur résidentiel (342 GWh). Dans les secteurs tertiaire et industriel, la consommation des réseaux de chaleur est de 14 GWh et 2 GWh respectivement.

Le bois-énergie est uniquement consommé dans le secteur résidentiel (327 GWh) alors que le charbon est uniquement consommé par l'industrie (16 GWh).

4.1.2 Les consommations par mode d'usage

La consommation d'énergie sur l'ensemble du territoire est principalement répartie sur trois postes dont : le chauffage (qui représente près de deux tiers du total soit 64%), et l'eau chaude sanitaire - ECS (9%) et le troisième poste qui regroupe les usages spécifiques, éclairages, forces motrices, ils représentent 27% des consommations globales.

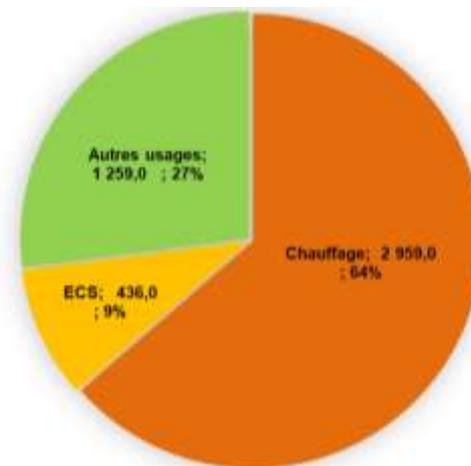


Figure 26 : Répartition des consommations territoriales du territoire de Vallée Sud - Grand Paris par usage
(Source : ENERGIF 2015)

4.1.3 La répartition des consommations d'énergie par commune

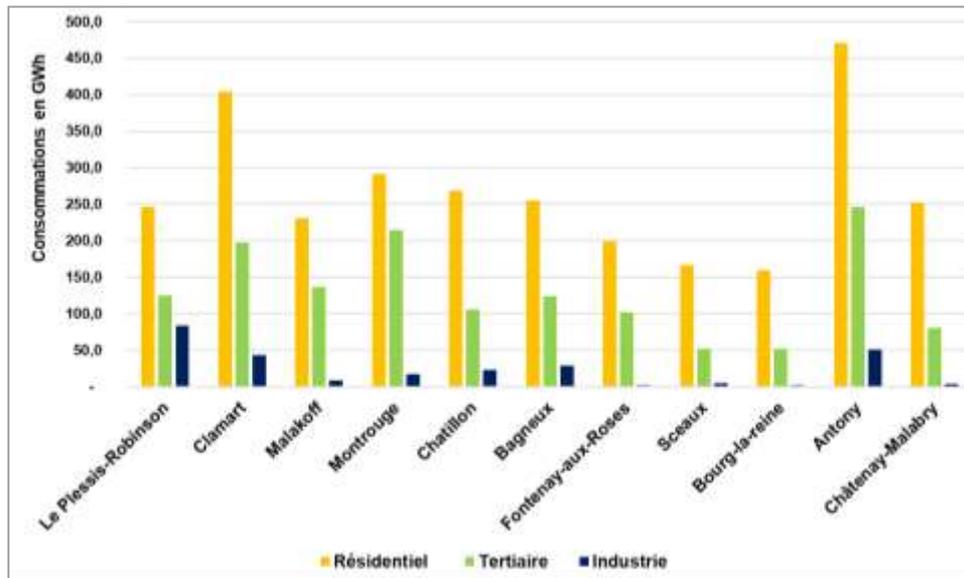
A l'échelle des communes, la commune d'Antony regroupe 17% des consommations énergétiques du territoire de Vallée Sud - Grand Paris, tous les secteurs confondus. Cela s'explique par sa forte densité d'habitation et d'activités. En effet, le secteur résidentiel (61%) et le secteur tertiaire (32%) sont fortement représentés.

La commune de Clamart est la deuxième commune la plus consommatrice avec 14% des consommations, suivi de la commune de Montrouge (11%) et de Plessis-Robinson (10%). Les autres communes (Châtillon, Bagneux, Malakoff, Fontenay-aux-Roses, Châtenay-Malabry, Sceaux et Bourg-la-Reine) représentent moins de 10% chacune des consommations énergétiques de Vallée Sud - Grand Paris. Les consommations d'énergie de celles-ci sont principalement associées au secteur résidentiel, et proportionnelles à la taille des populations de ces communes.

En analysant les consommations des communes par type d'énergie, Montrouge est la commune du territoire la plus consommatrice en électricité (48% de ses consommations) suivie par la commune de Malakoff (39%). Les communes de Bagneux et Fontenay-aux-Roses consomment 30% et 23% respectivement.

En ce qui concerne le gaz, les communes de Châtenay-Malabry et Bagneux sont les plus consommatrices de cette source d'énergie (62% chacune). Elles sont suivies par Clamart

(57%) et Sceaux (56%). Les consommations de gaz représentent plus de 50% des consommations énergétiques pour 7 communes de Vallée Sud - Grand Paris. Ces consommations sont principalement liées au secteur résidentiel.



Carte 2 : Répartition des consommations d'énergie par commune (Source : WattStrat 2015)

Les produits pétroliers sont principalement utilisés par la commune de Sceaux (10% de la consommation). Cela s'explique par les industries présentes sur la commune. On retrouve ensuite Bourg-la-Reine (9%) puis Antony et Montrouge (8% chacune). La commune ayant le moins de consommation du pétrole est le Plessis-Robinson avec 3% de ses consommations.

L'utilisation des réseaux de chaleur est réalisée sur les communes de Fontenay-aux-Roses et le Plessis-Robinson avec 31% et 20% respectivement.

Le bois-énergie est principalement utilisé par la commune d'Antony (3%). L'utilisation par les autres communes est faible (1 à 2%).

Pour finir, le charbon est faiblement consommé sur Vallée Sud - Grand Paris. Il est essentiellement utilisé sur la commune d'Antony (0,05%).

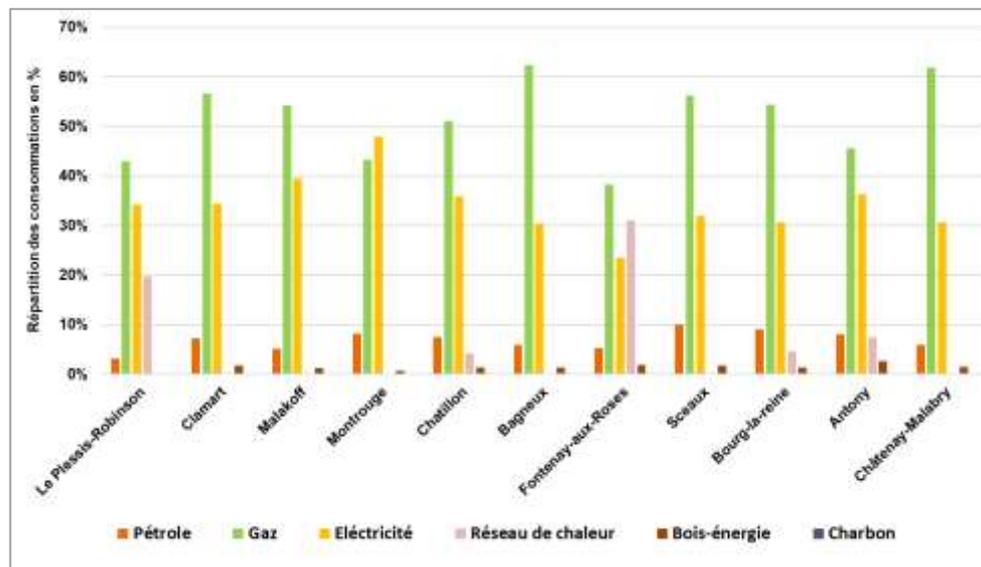


Figure 27 : Répartition des consommations d'énergie, hors transport, par commune et par type d'énergie
(Source : ENERGIF 2015)

4.2 Focus sur le secteur résidentiel

■ Total des consommations d'énergie

Les consommations énergétiques finales du parc résidentiel de Vallée Sud - Grand Paris sont évaluées à plus de 3 344 GWh. Ces consommations représentent 45% des consommations énergétiques totales de Vallée Sud - Grand Paris.

Au niveau de la MGP, Vallée Sud Grand Paris représente 6.78% de la consommation énergétique finale de ce secteur (hors transport).

De plus, les consommations énergétiques résidentielles moyennes par habitant dans Vallée Sud - Grand Paris sont évaluées à 7 623 kWh/hab.²¹.

Les communes ayant une forte consommation d'énergie par habitant supérieur à la moyenne du territoire sont : Sceaux (8 606 kWh/hab.), Plessis-Robinson (8 497 kWh/hab.), et Fontenay-aux-Roses (8 312 kWh/hab.).

Ces communes sont suivies par les communes de Bourg-la-Reine (7 907 kWh/hab.), Châttenay-Malabry (7 829 kWh/hab.), Malakoff (7 716 kWh/hab.), Clamart (7 681 kWh/hab.), et Antony (7 626 kWh/hab.).

La commune de Montrouge est la commune ayant la plus faible consommation énergétique du secteur résidentiel moyenne par habitant avec 5 960 kWh/hab.

²¹ Source : ENERGIF

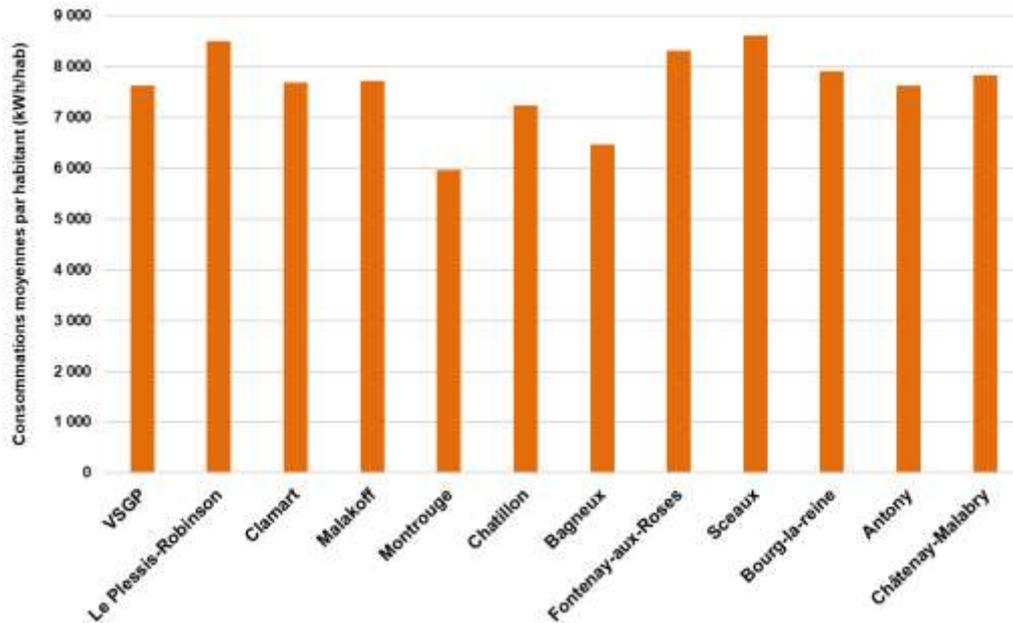


Figure 28 : Consommations énergétiques moyennes par habitant et par commune (Source : ENERGIF 2015)

■ Composition du parc

Sur le territoire de Vallée Sud - Grand Paris, le parc résidentiel est composé d'environ 186 781 logements.

Le parc résidentiel est principalement composé de résidences principales (92% du parc). Les logements vacants et les résidences secondaires représentent 6% et 2% respectivement.

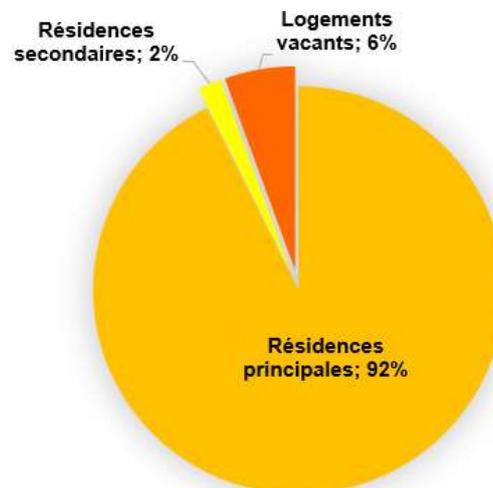


Figure 29 : Répartition des types de résidence sur le territoire de VALLÉE SUD - GRAND PARIS (Source : INSEE 2015)

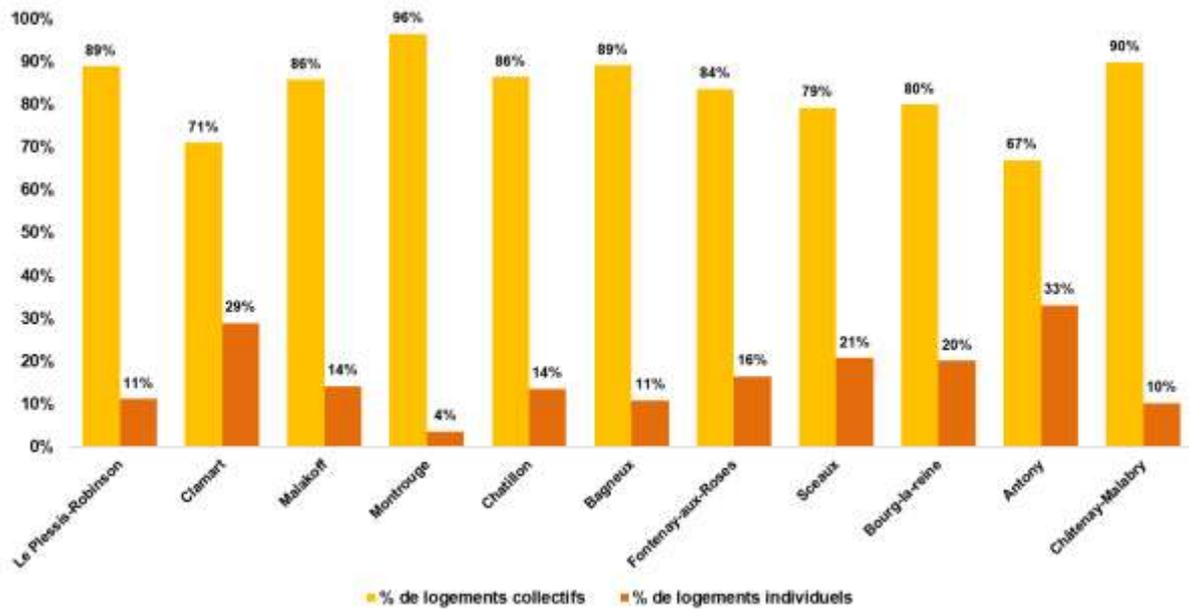


Figure 30 : Part des logements collectifs et individuels dans le parc de résidences principales par commune (Source : INSEE 2015)

Les consommations d'énergie par logement sont de l'ordre de **17 903 KWh/Igt.**

Le parc de résidences principales est constitué essentiellement de logements collectifs (83%). Seulement 17% des résidences principales sont des maisons individuelles. Ces dernières consomment en moyenne plus d'énergie au m².

■ Période de construction

Dans la plupart des communes du territoire de Vallée Sud - Grand Paris, une majorité du parc est construit avant 1970. Sauf pour les communes d'Antony, du Plessis-Robinson et de Châtillon.

Une spécification non-négligeable dans le sens où les bâtiments de cette époque sont très énergivores (une moyenne de consommation de 210 kWh/an/m² pour un bâtiment datant d'avant 1975 contre une moyenne de 50 kWh/an/m² pour la réglementation thermique actuelle).

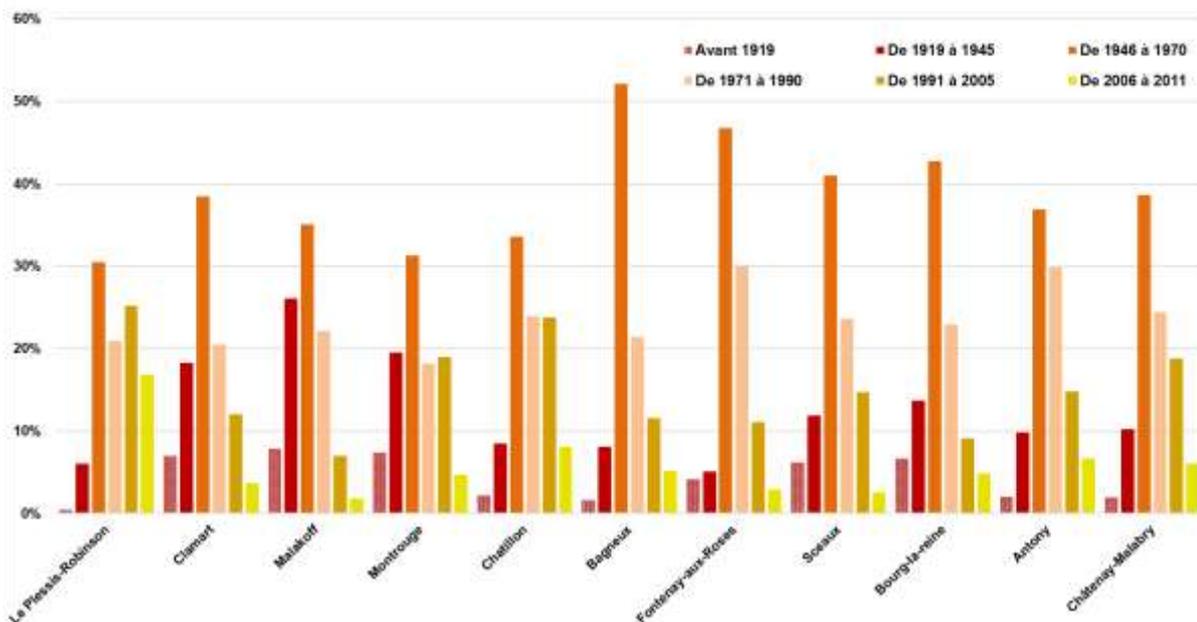


Figure 31 : Période de construction des résidences principales par commune du territoire (Source : INSEE 2015)

A l'échelle de l'ensemble du territoire, on peut distinguer que :

- ➔ 17% des résidences principales peuvent être qualifiées d'anciennes, puisqu'elles ont été construites avant 1945.
- ➔ 38% de résidences principales construites entre 1946 et 1970.
- ➔ 39% de résidences principales construites après 1970
- ➔ 6% de résidences principales bâties après 2005

Afin de connaître la performance énergétique des bâtiments résidentiels des communes du territoire, l'ancienne Communauté d'Agglomération du Sud de Seine avait réalisé des Diagnostics de Performance Energétique sur ses communes. Les résultats ont montré une composition du parc fortement énergivore : seulement 1% des logements des communes de Bagneux, Clamart, Fontenay-aux-Roses et Malakoff ont été classés en étiquette A et 4% en étiquette B.

64% des logements ont présenté une étiquette énergétique moyenne D et 17,4% des logements sont au-dessus de cette étiquette D. Il s'agit donc des bâtiments fortement consommateurs d'énergie, une rénovation thermique de ces logements serait intéressante à mettre en œuvre.

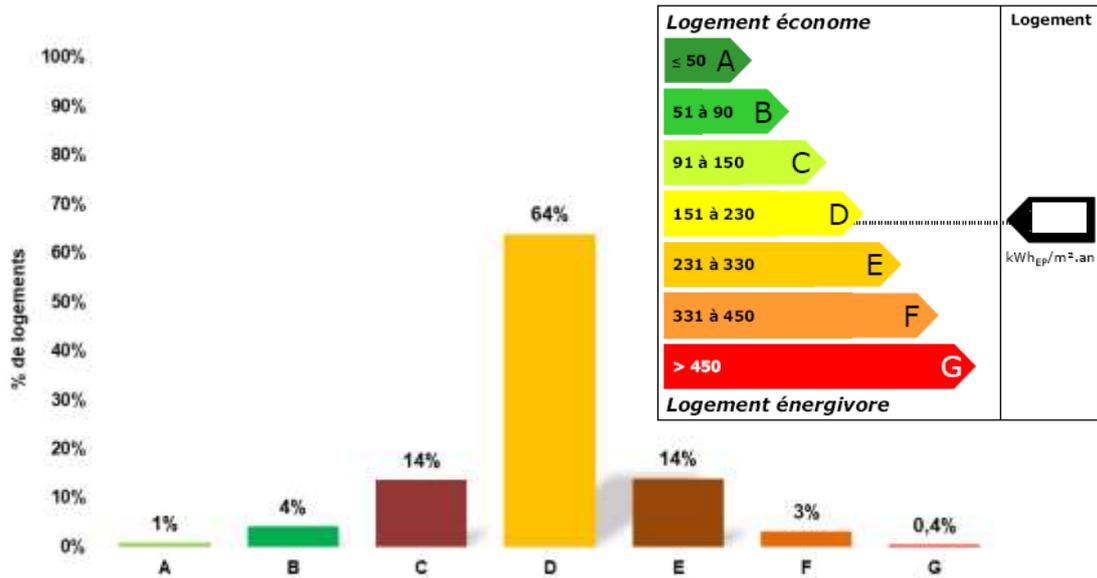


Figure 32 : Répartition des logements de Malakoff, Bagneux, Clamart et Fontenay-aux-Roses en fonction de leur classe de DPE (Source : PLH CA Sud de Seine 2015-2020)

■ Consommations par énergie

Le mix énergétique du parc bâti résidentiel est dominé à 48% par les énergies fossiles (telles que le gaz et le pétrole) et par l'électricité (32%). Le bois-énergie et les réseaux de chaleur représentent respectivement 10% du mix énergétique résidentiel.

Le graphique suivant montre la répartition des consommations énergétiques du secteur résidentiel.

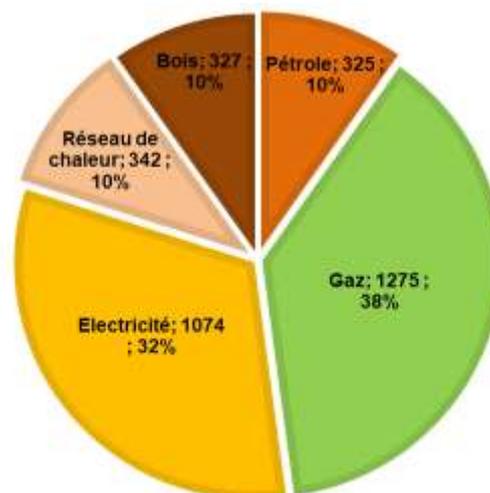


Figure 33 : Répartition des consommations dans le secteur résidentiel par type d'énergie (GWh, %) (Source : WattStrat 2015)

4.3 Focus sur le secteur du transport routier

■ Total des consommations d'énergie

Les consommations énergétiques finales du transport routier de Vallée Sud - Grand Paris sont évaluées à plus de 2 503 GWh. Ces consommations représentent 33% des consommations totales de Vallée Sud - Grand Paris.

■ Transport de personnes

3 types de véhicules sont utilisés sur le territoire pour le transport de personnes dont : les Véhicules Particuliers (VP), les Véhicules Utilitaires Légers (VUL) et également les Transports en Commun (TC).

Les produits pétroliers sont fortement consommés par l'ensemble de véhicules : 93% pour les VUL, 89% pour les VP et 79% pour le TC.

L'électricité est principalement utilisée par les transports en commun (6% des consommations). La part d'électricité dans la consommation d'énergie de VUL et VP est inférieure à <0.5%.

Les biocarburants sont principalement utilisés par les TC (14%), suivi de VP (10%) et les VUL (7%).

Le gaz nature véhiculer (GNV) est assez peu utilisé. Il est notamment consommé par les TC (1%).

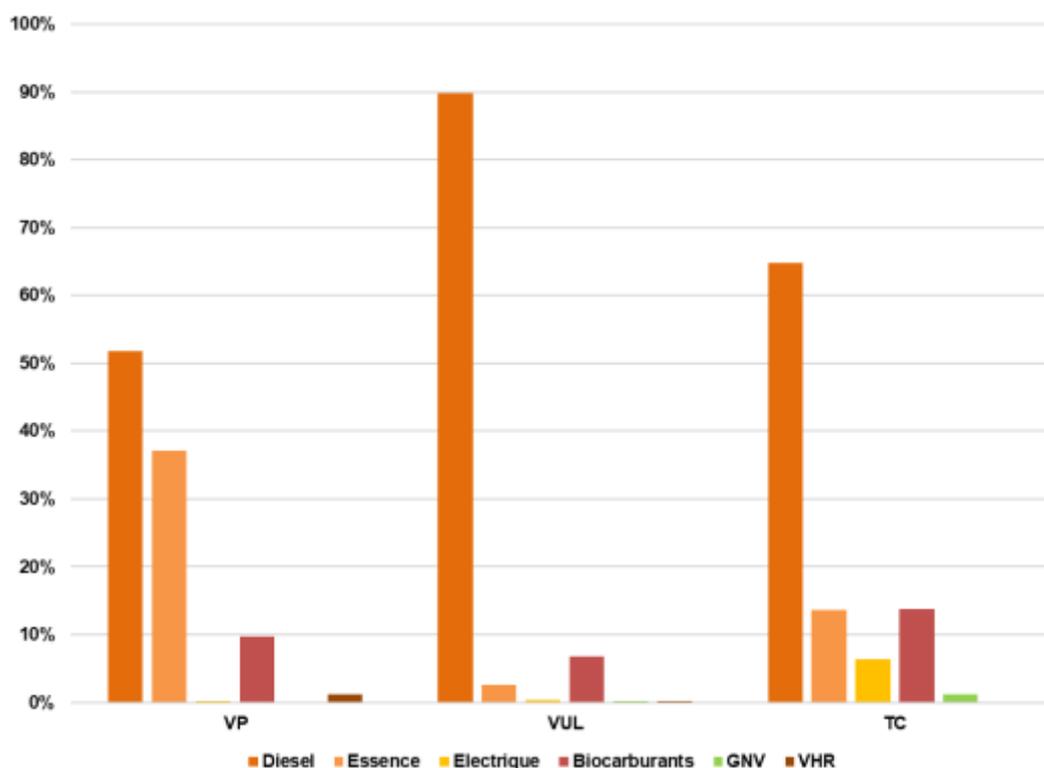


Figure 34 : Répartition des consommations par type de carburant et par véhicule (Source : WattStrat 2015)

■ Transport de marchandises

Les poids lourds sont les plus consommateurs de produits pétroliers (diesel et essence) avec 100% des consommations totales. Les VUL consomment 99% de produits pétroliers. Les consommations d'énergies fossiles sont importantes pour le transport de marchandises.

Ensuite, l'électricité est uniquement utilisée pour les VUL (0,6% des consommations).

Le GNV est consommé uniquement pour les VUL mais son utilisation est assez faible (0,3%).

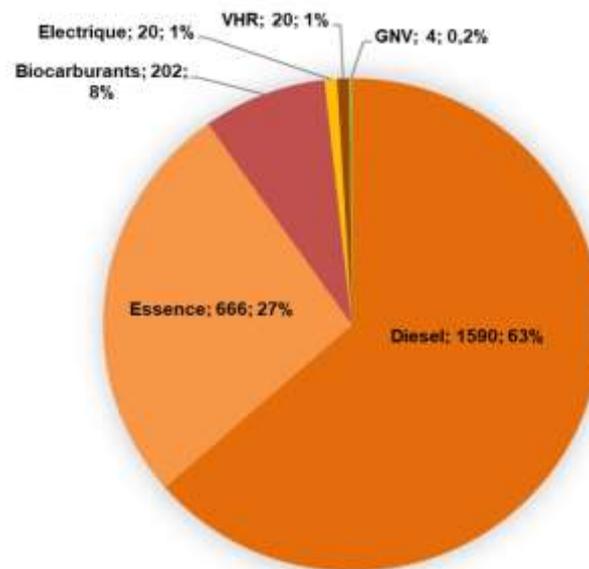


Figure 35 : Répartition de la consommation dans le secteur du transport de marchandises par type d'énergie (GWh,%) (Source : WattStrat 2015)

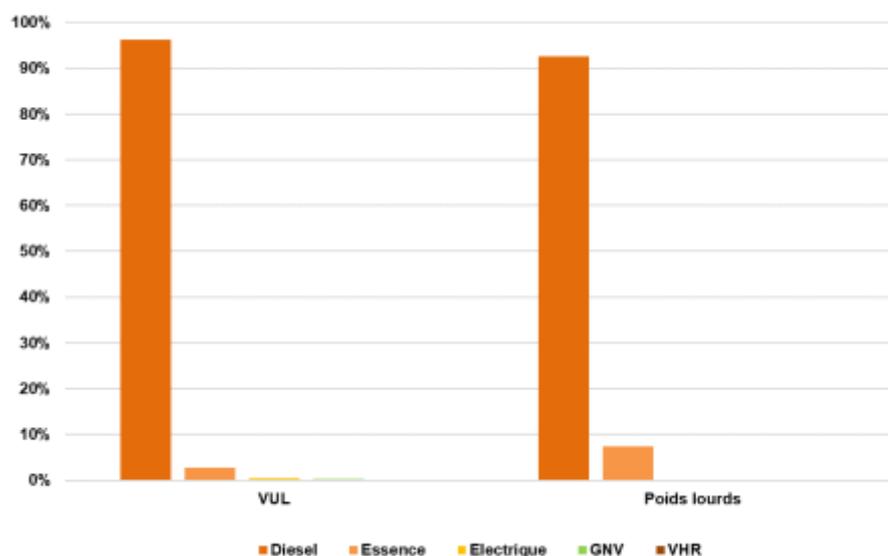


Figure 36 : Répartition des consommations territoriales par type de carburant et par véhicule (Source : WattStrat 2015)

■ Consommations par énergie et par usage

Le mix énergétique du transport routier est dominé à 90% par les énergies fossiles (telles que le diesel et l'essence). De plus, les biocarburants utilisés pour le transport de personnes représentent 8% du mix énergétique.

L'électricité et les Véhicules Hybrides Rechargeables (VHR) représentent chacun 1% des consommations énergétiques globales du transport routier.

Le gaz naturel (GNV) ne représente que 0,2% des consommations.

4.4 Focus sur le secteur tertiaire

- **Total des consommations d'énergie**

Les consommations dans le secteur tertiaire s'élèvent à 1 437 GWh. Ces consommations représentent **19%** des consommations énergétiques totales de Vallée Sud - Grand Paris.

- **Répartition par branche**

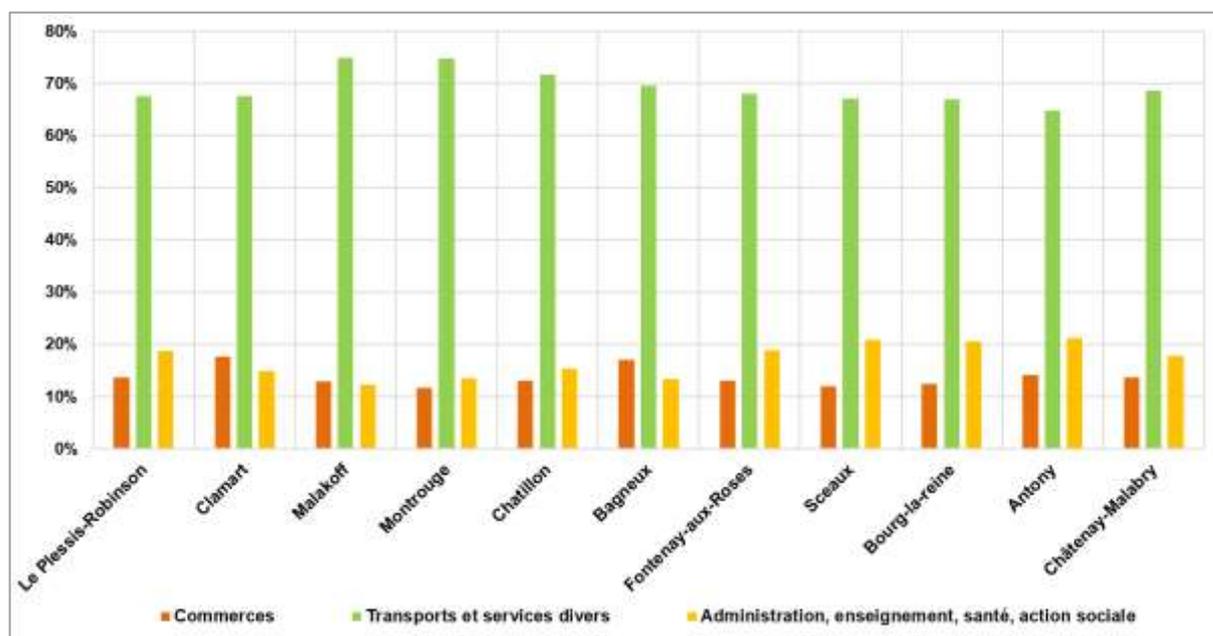


Figure 37 : Répartition des types de bâtiments dans le secteur tertiaire (Source : INSEE, 2015)

Au total, il existe sur le territoire 450 000 m² des bureaux²². Les consommations d'énergie du secteur tertiaire sont d'environ 3 193 KWh/m².

Dans le secteur tertiaire, les branches liées au service des transports, services aux entreprises et/ou particuliers représentent, dans chaque commune de Vallée Sud - Grand Paris, la part la plus importante. Cette part est toujours supérieure à 60%.

Les commerces sont principalement présentés sur les communes de Bagneux (17%) et Clamart (18%).

Le nombre d'actifs existant sur le territoire s'élève à près de 260 000, soit une consommation d'énergie de 5527 KWh/actif.

Les communes de Bourg-la-Reine, Antony et Sceaux ont la part la plus importante de bâtiments administratifs, d'enseignement, de santé ou d'action sociale (21% pour chaque commune).

- **Consommations par énergie et par usage**

Contrairement au mix énergétique résidentiel, le recours à l'électricité est majoritaire dans le secteur tertiaire (53% du total). Ce résultat est logique : les activités tertiaires ont

²² Source : VALLÉE SUD - GRAND PARIS

des besoins électriques plus importants, du fait des différents équipements de climatisation, d'informatique et d'éclairage.

Les énergies fossiles sont la deuxième source d'énergie avec 46% du mix (gaz 27% et produits pétroliers 19%).

Les réseaux de chauffage urbain restent marginaux avec une part de 1% du mix énergétique tertiaire.

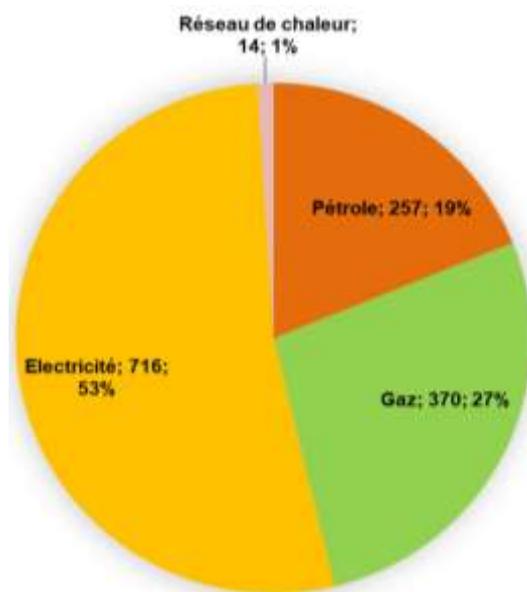


Figure 38 : Répartition de la consommation dans le secteur tertiaire par type d'énergie en GWh, % (Source : WattStrat 2015)

4.5 Focus sur le secteur de l'industrie (hors énergie)

■ Total des consommations d'énergie

Les consommations dans le secteur de l'industrie (hors énergie) sont de l'ordre de 289 GWh, soit 3% des consommations énergétiques totales de Vallée Sud - Grand Paris.

■ Nombre d'industries

Les communes qui présentent le plus grand nombre d'industries sont Clamart, Antony et Montrouge, avec respectivement 220, 150 et 147 industries recensées.

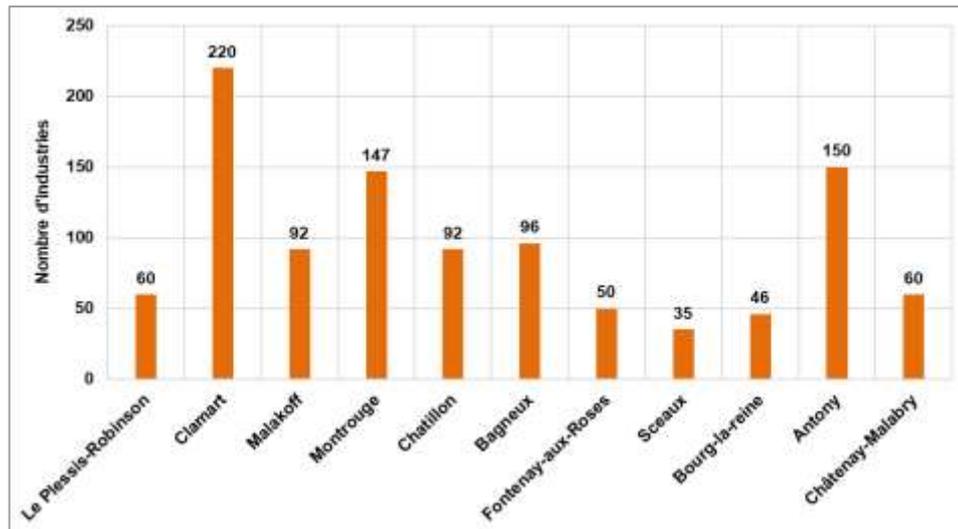


Figure 39 : Répartition des industries par commune (Source : INSEE, 2015)

■ Consommations par énergie et par usage

Dans le secteur de l'industrie, les énergies principalement consommées sont les **énergies fossiles (gaz 40% et produits pétroliers 5%)**. L'électricité suit de très près les consommations d'énergies fossiles (43%).

Le charbon uniquement utilisé par le secteur industriel, représente 6% des consommations globales de ce secteur. Les réseaux de chaleur urbain restent marginaux avec une part de 1% du mix énergétique industriel.

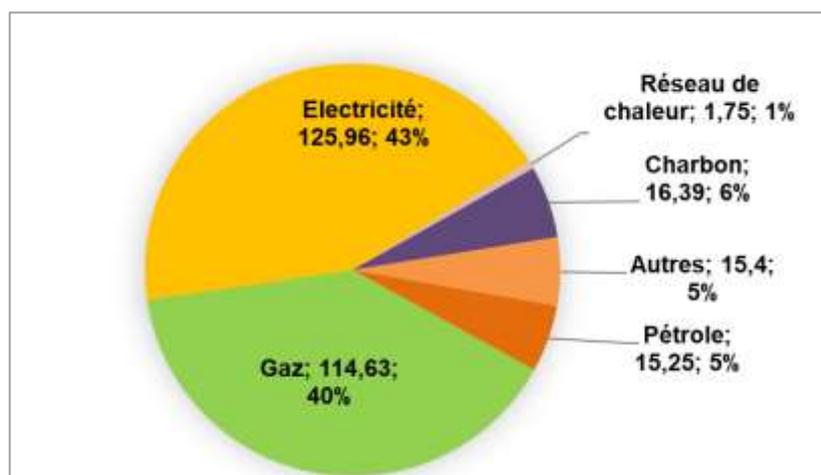


Figure 40 : Répartition des consommations dans le secteur de l'industrie (hors énergie) par type d'énergie en GWh,% (Source : WattStrat 2015)

4.6 Précarité énergétique sur le territoire de Vallée Sud Grand Paris

4.6.1 La précarité énergétique en Ile de France

La loi « Grenelle II » du 12 juillet 2010 définit ainsi la précarité énergétique : « *Est en situation de précarité énergétique au titre de la présente loi une personne qui éprouve dans son logement des difficultés particulières à disposer de la fourniture d'énergie nécessaire à la satisfaction de ses besoins élémentaires en raison de l'inadaptation de ses ressources ou de ses conditions d'habitat.* »

La précarité énergétique résulte de facteurs qui souvent s'additionnent :

- Des revenus faibles ;
- Un coût de chauffage élevé, résultant de l'inadaptation du logement (peu isolé, trop grand...) et / ou des installations de chauffage (chaudière inefficace, coût important du combustible...)

Au niveau national, selon l'Observatoire National de la Précarité Énergétique (ONPE)²³, ce sont 5,6 millions de ménages, soit 20,4% des ménages français, qui seraient touchés par le phénomène au regard des 3 indicateurs opérationnels existants : taux d'effort énergétique des ménages, indicateur « bas revenus – dépenses élevées », indicateur du froid ressenti.

La précarité énergétique a de multiples conséquences. En particulier, elle résulte souvent dans la privation de chauffage, ce qui rend les conditions de vie beaucoup plus difficiles : dégradation de l'état du logement (notamment humidité), conséquences sur la santé, isolement...

A l'échelle francilienne, la précarité énergétique a fait l'objet de plusieurs études ces dernières années ; on peut citer un rapport de l'ARENE-INSTITUT PARIS RÉGION en 2012 « Lutter contre la précarité énergétique : analyse des initiatives et besoin en Ile de France »²⁴ ; l'important rapport de l'INSTITUT PARIS RÉGION « La vulnérabilité énergétique des ménages franciliens »²⁵ en octobre 2014, et une note d'analyse de l'INSEE « En Ile de France, 310 000 ménages éprouvent des difficultés à honorer leurs factures de chauffage »²⁶ en janvier 2015.

Les informations présentées ici sont issues de Geovehm, un outil de cartographie de la précarité énergétique à la maille géographique de IRIS²⁷, s'appuyant uniquement sur des données publiques et des modélisations. L'outil a été développé dans le cadre de l'Observatoire National pour la Précarité Énergétique (ONPE) ; le SIPPEREC a pu y avoir accès dans le cadre d'une expérimentation menée au second semestre de 2016.

Il est important de noter que l'outil étant en phase d'expérimentation, ni l'ONPE ni le SIPPEREC ne peuvent garantir l'exactitude des résultats. Cet outil apporte des indications très intéressantes sur les grandes caractéristiques du territoire et des différences infra-territoriales ; mais pour une approche plus opérationnelle, plus quantifiée de la précarité énergétique, et notamment l'identification et l'accompagnement des ménages en précarité énergétique, il est nécessaire de s'appuyer sur des dispositifs plus locaux.

4.6.2 Caractéristiques de la précarité énergétique à Vallée Sud - Grand Paris : analyse des ménages

Dans le cadre de cette analyse, **un ménage est considéré en précarité énergétique lorsqu'il consacre plus de 10% de ses revenus disponibles aux dépenses énergétiques associées à son logement** (chauffage, eau chaude sanitaire, cuisson, électricité spécifique). Autrement dit, son taux d'effort énergétique (TEE) est supérieur à 10%.

²³ Voir http://onpe.org/tableau_de_bord

²⁴ Téléchargeable sur <http://www.arenidf.org/publication-arene/lutter-contre-la-pr%C3%A9carit%C3%A9-%C3%A9nerg%C3%A9tique-analyse-des-initiatives-et-des-besoins-en>

²⁵ Téléchargeable sur <https://www.institutparisregion.fr/nos-travaux/publications/la-vulnerabilite-energetique-des-menages-franciliens.html>

²⁶ Téléchargeable sur <https://www.insee.fr/fr/statistiques/1285734>

²⁷ IRIS : découpage géographique infra-communal utilisé par l'INSEE ; un IRIS regroupe en moyenne 2000 habitants. Voir <https://www.insee.fr/fr/metadonnees/definition/c1523>

A noter que le chauffage occupe une place prépondérante dans les dépenses énergétiques du logement, en moyenne de l'ordre de 70%.

L'analyse des données de Geovehm sur les départements des Hauts de Seine, de Seine Saint Denis, du Val de Marne, conduit à identifier 161 000 ménages en précarité énergétique, soit un peu moins d'un dixième de la population (9,1% des ménages). Au niveau national, ce sont 14,1% des ménages qui sont concernés au regard de l'indicateur du taux d'effort énergétique (chiffres 2016).

Les précaires énergétiques consacrent en moyenne 16,7% de leurs revenus à l'énergie, contre 5,2% des revenus pour la population de référence.

L'analyse détaillée de la base visant à identifier les facteurs les plus déterminants pour expliquer la précarité énergétique sur le territoire métropolitain fait apparaître les éléments suivants :

Energie de chauffage :

Le mode de chauffage (électricité, gaz, chauffage urbain, etc.) utilisé n'est pas discriminant dans la précarité énergétique : la répartition de la population des précaires énergétiques entre les différents modes de chauffages est très proche du reste de la population.

Caractéristiques du logement occupé :

D'une manière générale, les caractéristiques du logement occupé ne permettent pas non plus de qualifier précisément la précarité énergétique. Néanmoins on peut faire quelques observations, à l'échelle de Vallée Sud - Grand Paris – les résultats étant similaires à l'échelles des départements de petite couronne :

- Les logements occupés par les personnes en précarité énergétique sont en moyenne plus petits que ceux occupés par le reste de la population
- Les logements occupés par les personnes en précarité énergétique sont en moyenne plus anciens que ceux occupés par le reste de la population : 77% vivent dans des logements construits avant 1975, contre 67% pour le reste de la population
- Les ménages en précarité énergétique sont légèrement surreprésentés parmi les locataires en logement HLM : 34% des précaires énergétiques sont locataires en HLM contre 28% de la population de référence. Cela ne signifie pas qu'être en HLM est en soi un facteur de risque pour la précarité énergétique. En effet, les dépenses de chauffage ont tendance à être mieux maîtrisées dans le parc social du fait d'une meilleure isolation et un meilleur entretien que dans le privé. Mais les revenus des personnes en HLM étant inférieurs à ceux de la population de référence, leur taux d'effort énergétique est mécaniquement plus élevé toutes choses égales par ailleurs
- De même, 36% des précaires énergétiques sont locataires dans le privé contre 25% de la population de référence.

Une étude sur l'habitat privé en cours de réalisation sur l'EPT a révélé qu'environ 40 000 logements en collectif sont classés E, F ou G (soit 38% du parc de logements privés de VSGP), et 22 000 logements pavillonnaires (72% du parc).

Caractéristiques des ménages

Ce sont les caractéristiques de ménages qui sont réellement déterminantes pour qualifier la précarité énergétique sur le territoire.

Les revenus des personnes en précarité énergétique ont des revenus très nettement inférieurs à ceux du reste de la population, de l'ordre de 75% inférieurs. La précarité énergétique est d'abord liée à une précarité économique.

L'analyse des données de Geovehm a conduit à segmenter la population en 8 catégories présentant des caractéristiques différenciées au regard de la précarité énergétique, présentées ci-dessous. Ces catégories ont été obtenues par combinaison de quatre critères structurants :

- Âge de la personne référente du ménage ;
- Statut au regard de l'emploi ;
- Statut de locataire ou propriétaire ;
- Vie en couple ou non.

Certaines des catégories obtenues par la combinaison de ces critères ont été regroupées afin de conserver une bonne lisibilité des résultats.

Les 2 graphiques ci-dessous présentent la répartition de la population entre ces 8 catégories, tous ménages confondus (précaires et non précaires), à l'échelle des départements 92-93-94, puis à l'échelle de Vallée Sud - Grand Paris. On peut voir que **Vallée Sud - Grand Paris présente des caractéristiques très proches de la moyenne des 3 départements** :

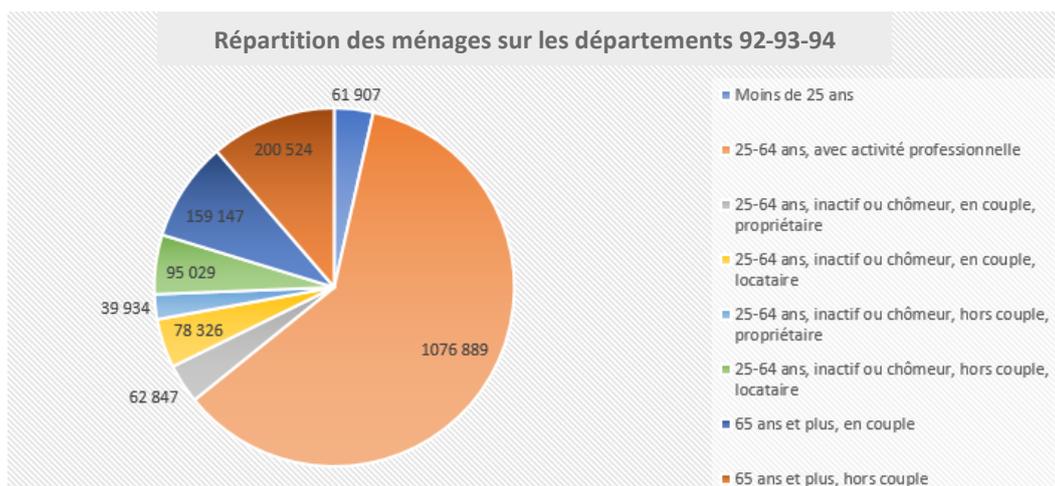


Figure 41 : Répartition des ménages sur les départements 92-93-94 (Source : SIPPAREC)

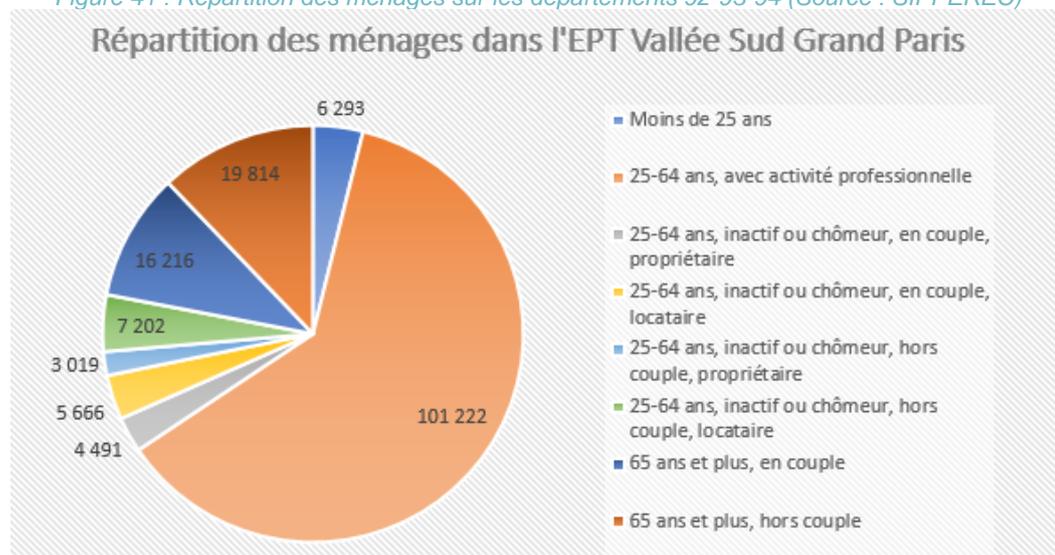


Figure 42 : Répartition des ménages dans l'EPT Vallée Sud Grand Paris (Source : SIPPAREC)

Le graphique suivant présente le nombre et la répartition des personnes en précarité énergétique selon les mêmes catégories de population :

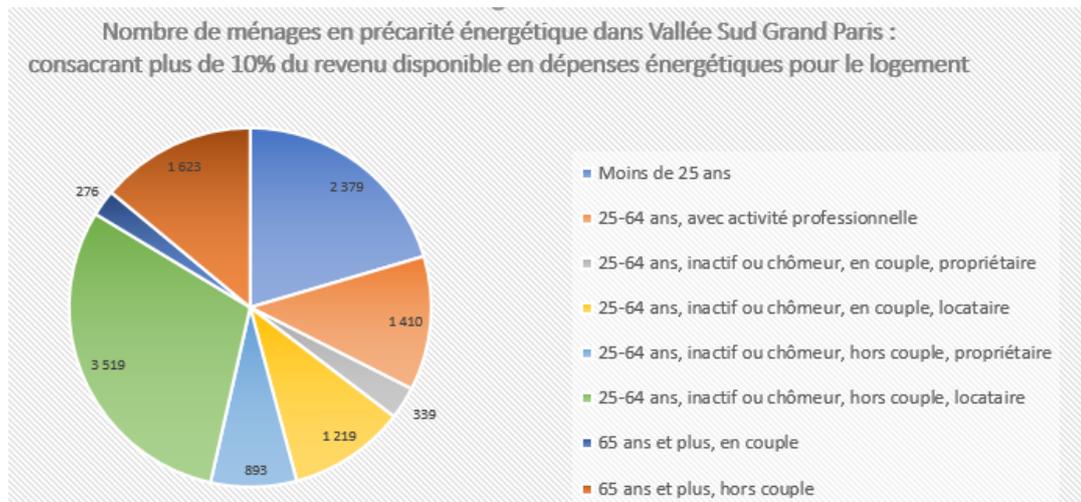


Figure 43 : Nombre de ménages en précarité énergétique dans la Vallée Sud Grand Paris (Source : SIPPAREC)

Au total, d'après les données Geovehm, ce sont **11 700 ménages qui sont en précarité énergétique à Vallée Sud - Grand Paris, soit 7,1% des ménages du territoire.**

En comparant les graphiques, on constate que deux catégories parmi les 8 sont particulièrement exposées à la précarité énergétique :

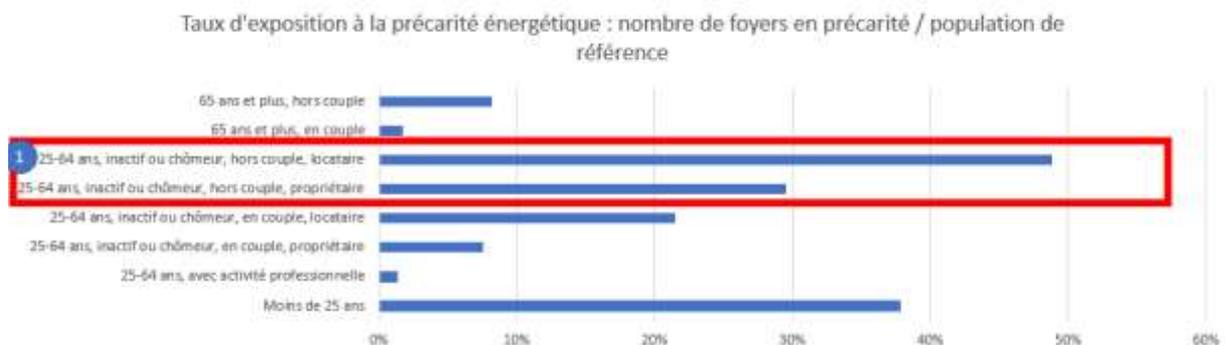


Figure 44 : Taux d'exposition à la précarité énergétique (Source : SIPPAREC)

En taux d'exposition comme en nombre de ménages, une catégorie ressort très nettement : les personnes sans activité de 25 à 64 ans, vivant seuls ou familles monoparentales, et locataires : dans cette catégorie, 49% des ménages sont en précarité énergétique.

Cette catégorie « 1 » représente à Vallée Sud - Grand Paris presque un tiers des précaires, alors qu'elle ne représente que 4,3% des ménages.

Dans Vallée Sud - Grand Paris, les précaires de la catégorie 1 présentent des caractéristiques spécifiques : ils vivent en HLM dans 65% des cas ; et 34% d'entre eux sont des familles monoparentales soit 1000 foyers environ.

Également très exposée même si dans une moindre mesure, les personnes sans activité de 25 à 64 ans, vivant seuls ou familles monoparentales, propriétaires, sont dans 29% des cas en précarité énergétique.

A noter, les résultats concernant la catégorie « moins de 25 ans » ci-dessus ne sont pas interprétables : l'outil Geovehm n'est pas en mesure de prendre en compte les transferts d'argent des parents vers leurs enfants, ce qui conduit à une surestimation significative mais

non mesurable de la précarité énergétique dans cette population. Il est nécessaire de disposer d'informations plus précises sur cette population pour évaluer son exposition réelle à la précarité énergétique.

On peut relever que la population des personnes de plus de 65 ans vivant seules, qui forme le deuxième contingent des précaires en nombre si on exclut les moins de 25 ans, est en proportion relativement peu exposée à la précarité énergétique, autour de 8%.

4.6.3 Taux d'effort énergétique et taux d'effort logement

Le taux d'effort logement, c'est-à-dire la part des revenus consacrée au loyer ou remboursement de prêt, est important en Ile de France du fait de la cherté des logements.

Pour les populations précaires au sein de Vallée Sud - Grand Paris, on constate un taux d'effort logement, particulièrement élevé : il représente 86% des revenus, contre 24% pour la population de référence.

Le graphique ci-dessous indique l'addition des taux d'effort logement et taux d'effort énergétique pour les personnes en précarité énergétique dans Vallée Sud - Grand Paris :

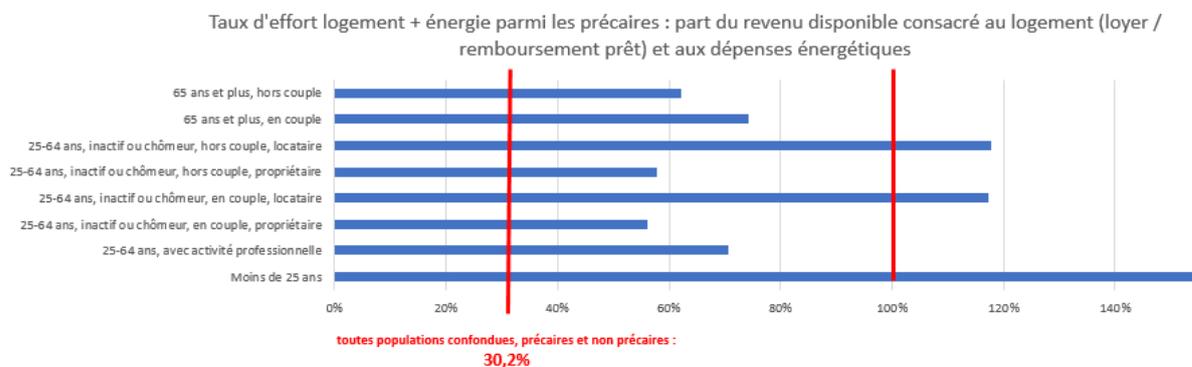


Figure 45 : Taux d'effort logement + énergie parmi les précaires (Source : SIPPAREC)

On constate que pour des précaires énergétiques, il est malheureusement fréquent que les dépenses énergétiques et de logement cumulées dépassent le revenu disponible ; ces foyers sont donc en fragilité extrême avec très souvent des restrictions importantes et/ou des impayés sur une grande partie de leurs consommations.

Au final, quand on prend en compte les dépenses liées au logement, les deux catégories qui ressortent le plus sont les locataires inactifs ou chômeurs de 25 à 64 ans, qu'ils soient ou non en couple.

Il est intéressant de noter que la catégorie des personnes âgées (plus de 65 ans) sont relativement peu exposées, à la fois à précarité énergétique mais également à la vulnérabilité quant aux dépenses de logement, alors qu'elles constituent souvent la première cible des actions de lutte contre la précarité énergétique (notamment les aides ANAH) sur le reste du territoire français. Cela est lié notamment à des revenus plus élevés et des logements plus petits donc moins consommateurs, dont ces foyers sont de surcroît souvent propriétaires (environ 65% dans Vallée Sud - Grand Paris) ayant fini de rembourser leurs prêts.

4.6.4 Représentations cartographiques de la précarité énergétique à Vallée Sud - Grand Paris

La carte ci-dessous représente la proportion de ménages en précarité énergétique, IRIS par IRIS, sur les 3 départements de petite couronne (avec des données sur les prix de l'énergie actualisées à 2016) :

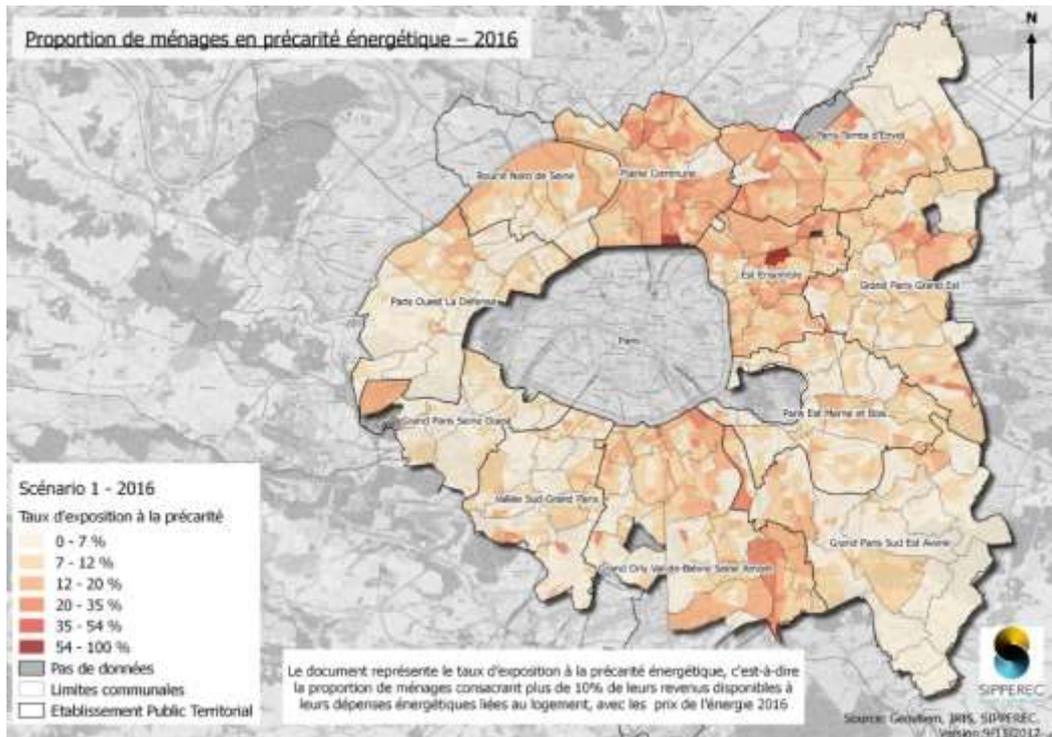


Figure 46 : Proportion des ménages en précarité énergétique en 2016 (Source : SIPPAREC)

En première approche, Vallée Sud - Grand Paris est un territoire moins touché que d'autres par le phénomène de précarité énergétique. Quand on regarde de plus près, on peut observer des variations importantes d'un IRIS à un autre :

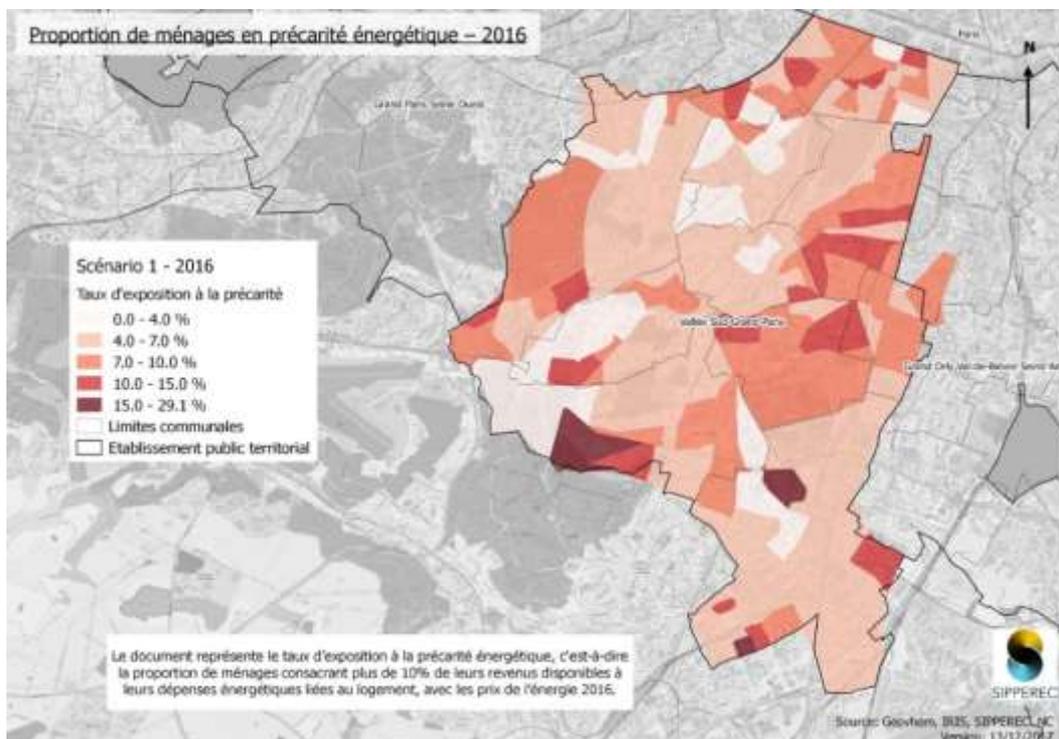


Figure 47 : Proportion des ménages en précarité énergétique en 2016 (Source : SIPPAREC)

Si on regarde le taux d'effort logement des personnes en précarité, on constate des différences notables selon les territoires ; ainsi il apparaît que l'ouest parisien compte peu de précaires en proportion. Sur le territoire de Vallée Sud - Grand Paris, dans certains IRIS, le taux d'effort logement moyen des personnes en précarité énergétique est ainsi supérieur à 100% :

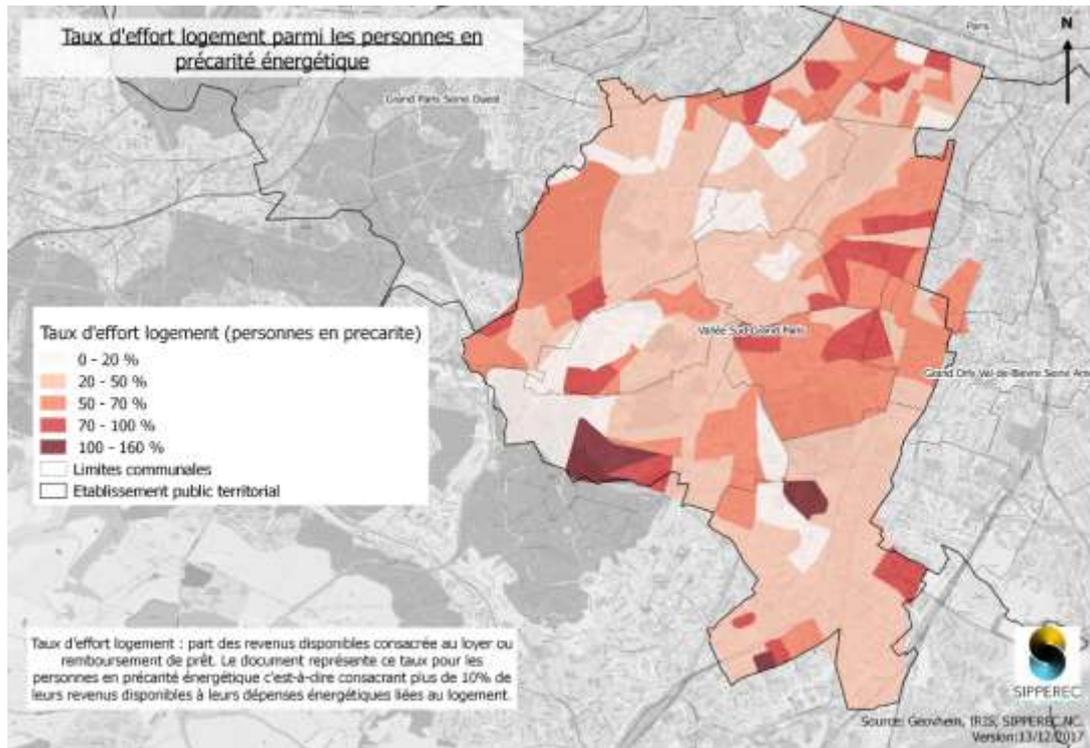


Figure 48 : Taux d'effort logement (Source : SIPPAREC)

Enfin, si on regarde spécifiquement la population la plus vulnérable des personnes sans activité de 25 à 64 ans, vivant seuls ou familles monoparentales, et locataires, les taux d'effort énergétiques peuvent être particulièrement élevés :

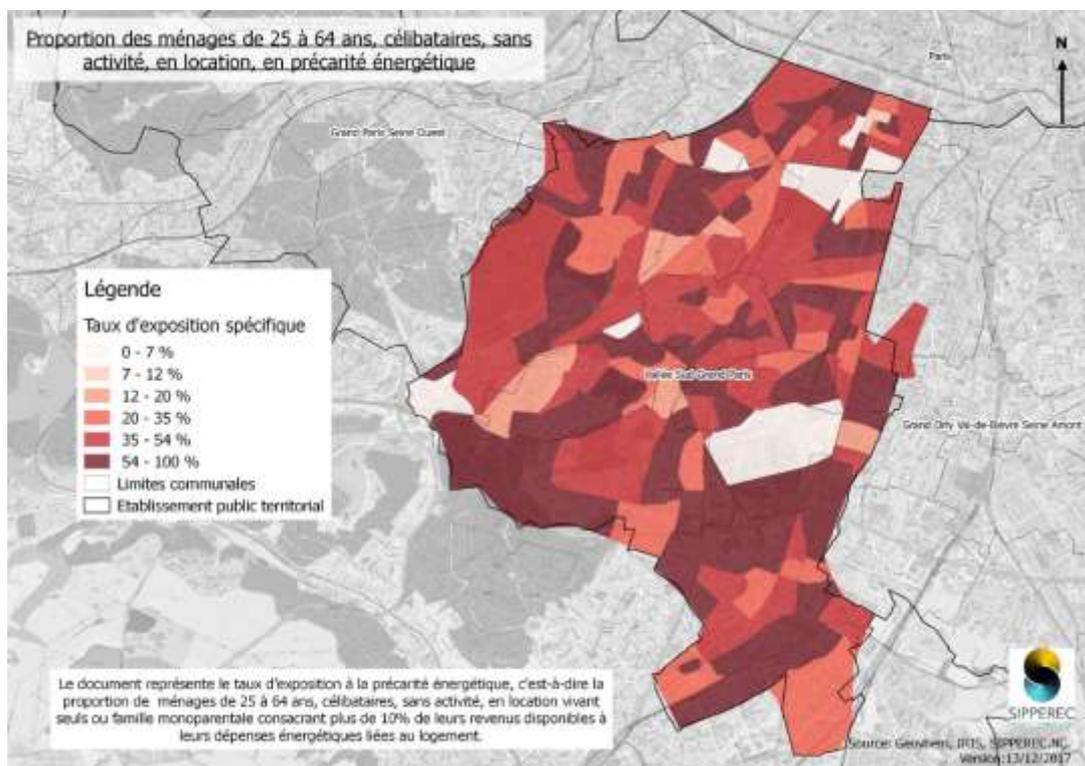


Figure 49 : Taux d'exposition spécifique (Source: SIPPAREC)

4.6.5 Evolutions possibles de la précarité énergétique dans les années à venir

La précarité énergétique est déterminée par 3 facteurs :

- La consommation d'énergie dans le logement, liée à la taille, la performance énergétique du logement et de ses installations de chauffage ;
- Le coût unitaire de l'énergie, lié à l'énergie de chauffage utilisée ;
- Les revenus disponibles du ménage.

Dans les 10 dernières années, les coûts de l'énergie ont augmenté plus vite que les revenus des ménages. Les évolutions réelles constatées sur la période 2007-2016, corrigées de l'évolution des revenus, au niveau national, sont les suivantes :

- Réseaux de chaleur : 0,8% par an
- Gaz : 0,8% par an
- Electricité : 2,1% par an
- Fioul : -1,6% par an

Selon les scénarios d'évolution des prix de l'énergie testés par le SIPPEREC, et toutes choses égales par ailleurs, le phénomène de précarité énergétique pourrait toucher une part très importante de la population d'ici 30 ans : dans la carte ci-dessous, 25% des ménages sont concernés par la précarité énergétique, contre 9,1% actuellement.

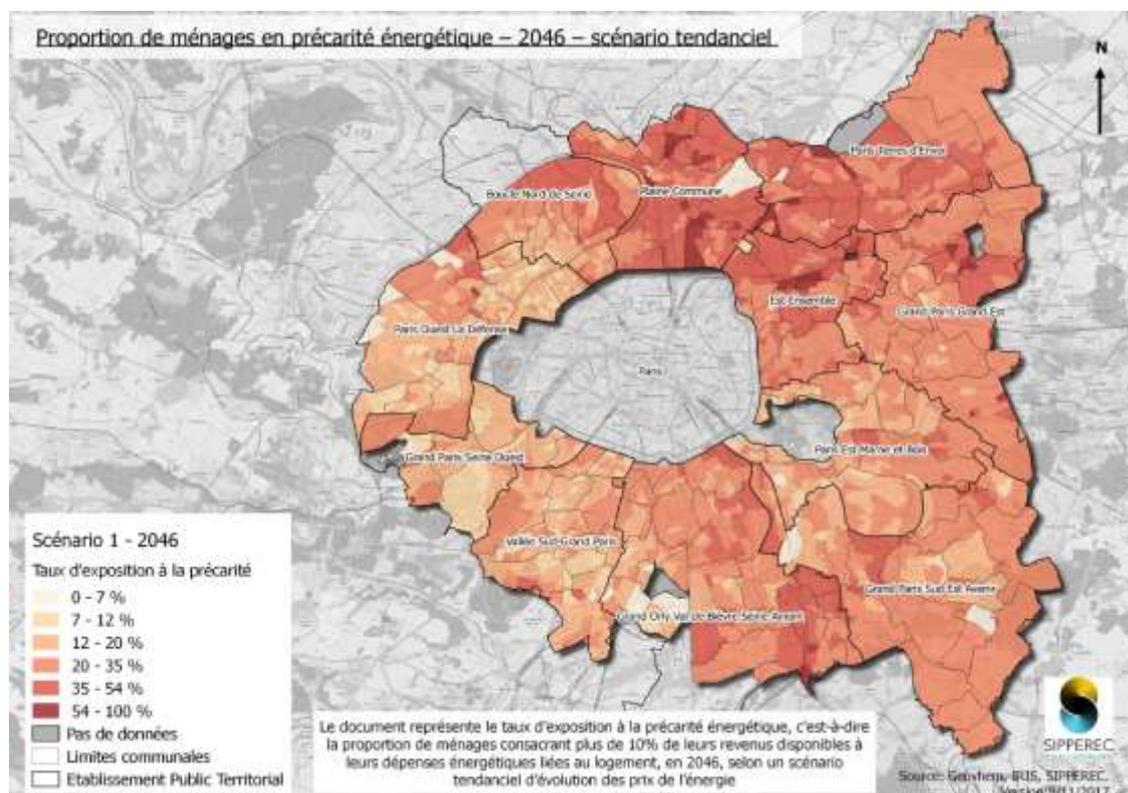


Figure 50 : Proportion de ménages en précarité énergétique en 2046 (Source : SIPPEREC)

Synthèse

La précarité énergétique est un phénomène en expansion sur le territoire métropolitain, du fait notamment de l'augmentation des prix de l'énergie.

Vallée Sud - Grand Paris est concerné avec 11 600 ménages en précarité énergétique à ce jour. Parmi eux, les populations les plus concernées et les plus fragiles sont les personnes seules ou les familles monoparentales, de 25 à 64 ans, locataires, inactifs ou chômeurs.

Très souvent, les précaires énergétiques ont également un taux d'effort logement très important : il est fréquent que le cumul des dépenses énergétiques et dépenses de logement dépassent à elles seules les revenus disponibles.

La **précarité énergétique est très sensible à l'évolution des prix de l'énergie** ; selon toutes les hypothèses, elle est susceptible de s'aggraver de manière importante dans les prochaines années.

Pour agir à l'échelle locale sur le phénomène (accompagnement des ménages, travaux ciblés, etc.), il est indispensable de compléter le présent pré-diagnostic par une approche plus « terrain ».

4.7 Pistes de réduction des consommations d'énergie et des émissions de GES

Le tableau ci-dessous répertorie les émissions liées à chaque secteur, ainsi que les pistes d'actions pour réduire les consommations d'énergie et les émissions de GES. Ces pistes d'actions ont servi à discuter et scénariser les objectifs de Vallée Sud – Grand Paris, en fonction de leur potentiel de réduction des émissions de GES (cf. évaluation environnementale stratégique du PCAET, partie « justification des choix »).

SECTEUR	POTENTIEL DE REDUCTION
 <p>RESIDENTIEL</p> <p>Le secteur résidentiel représente 45% de la consommation d'énergie de Vallée Sud - Grand Paris et 25% des émissions de GES. Ce secteur présente un potentiel de réduction de consommation d'énergie et des émissions de GES important.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ La rénovation du parc des logements anciens, permettrait de réduire les émissions de GES, la dépendance aux énergies fossiles et la facture énergétique du territoire. <p>Un potentiel de réduction des consommations consiste à effectuer leur rénovation énergétique, à la fois au niveau de l'enveloppe du bâtiment en les isolant, mais aussi au niveau des équipements de chauffage et de production d'ECS en remplaçant les installations vieillissantes par des technologies plus efficaces (chaudière à condensation par exemple).</p> <p><i>« Pour rappel, les objectifs nationaux fixés par la LTECV sont de rénover 500 000 logements par an à partir de 2017 dont la moitié occupée par des ménages au revenu modeste et de rénover, obligatoirement, d'ici 2025 pour toutes les résidences dont la consommation en énergie primaire est supérieure à 330 kWh/m²/an ».</i></p> <p>Sur le territoire de Vallée Sud - Grand Paris, une grande majorité du parc bâti a été construit avant 1970. De plus, 17% des logements sont qualifiés « d'anciens » car ils ont été construits avant 1945. Il est donc important de soutenir les opérations de rénovation thermique, en intégrant à leur réflexion le confort d'hiver et d'été (augmentation du nombre de canicules).</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Favoriser la construction des bâtiments plus performants et économes <p>Il est nécessaire de continuer à inciter la construction des bâtiments neufs performants. La RT 2012 fixe comme objectif d'atteindre un niveau de performance énergétique élevé avec un seuil de consommation d'énergie primaire fixé à 50 kWh/m²/an. Pour cela, un</p>

		<p>premier levier serait de continuer à intégrer les enjeux climat-air-énergie dans les politiques et documents d'urbanisme.</p> <p>Il est donc conseillé de favoriser et d'anticiper des performances énergétiques chaque fois plus élevées (bâtiment à énergie positive²⁸, l'objectif national est qu'au 1^{er} janvier 2020, toutes les constructions neuves soient à énergie positive) et de développer le recours aux énergies renouvelables pour limiter l'augmentation de la facture énergétique.</p> <ul style="list-style-type: none">▪ Développer les raccordements aux réseaux de chaleur et augmenter la part des énergies renouvelables dans le mix énergétique du secteur résidentiel.▪ Changer les pratiques et les comportements, pour réduire les consommations d'énergie <p>Des nouvelles pratiques doivent émerger pour atteindre les objectifs de neutralité carbone en France d'ici 2050. Le changement de comportements des ménages est un levier clé pour réduire les consommations d'énergie et donc les émissions de GES du parc résidentiel. En effet, les marges d'optimisation énergétique dépendent non seulement des caractéristiques du parc, (âge, mix énergétique, mode de chauffage) mais aussi, de la capacité d'action et du comportement des ménages.</p>
--	--	--

²⁸ ADEME : site web : « <http://www.ademe.fr/expertises/batiment/quoi-parle-t/batiments-a-energie-positive> »

 <p>TRANSPORT</p>	<p>Le secteur du transport représente 33% de la consommation d'énergie de Vallée Sud - Grand Paris et 27% des émissions de GES.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Continuer à encourager l'utilisation des modes de déplacement doux ; ▪ Augmenter les pistes cyclables en ville ; ▪ Favoriser l'utilisation des voitures électriques et/ou hybrides ▪ Encourager la réalisation des plans de mobilité d'entreprises ou d'administrations ▪ Soutenir la création des tiers lieux sur le territoire ▪ Encourager le télétravail et les visio-conférences auprès des entreprises ▪ Inciter à l'utilisation du covoiturage et/ou des services d'autopartage ▪ Sensibiliser à l'éco-conduite et respecter les limitations de vitesse ; ▪ Limiter la circulation de poids lourds dans le territoire ; ▪ Inciter à l'utilisation des transports publics, en partenariat avec les opérateurs de transport
 <p>TERTIAIRE</p>	<p>Le secteur tertiaire représente 19% de la consommation du territoire de Vallée Sud - Grand Paris et 10% des émissions de GES. Les problématiques sont globalement les mêmes que celles du secteur résidentiel, et les mêmes leviers d'action peuvent s'appliquer.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Encourager la rénovation énergétique des bâtiments des bureaux <p><i>« La loi de transition énergétique relative à la croissance verte renforce l'obligation existante d'amélioration de la performance énergétique pour les bâtiments tertiaires, en prévoyant que le parc global concerné réduise ses consommations d'énergie d'au moins 60% en 2050 »</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Favoriser le développement des technologies intelligentes, pour limiter la consommation d'électricité spécifique : mise en place d'horloges ou de détecteurs de présence pour que l'éclairage s'éteigne automatiquement, de thermostats dans les bureaux pour limiter les températures et éviter les excès de chauffage ou de climatisation. ▪ Inciter les entreprises à la réalisation des audits énergétiques et à la réalisation de travaux ▪ Rendre les bâtiments publics exemplaires en termes de consommation d'énergie, grâce à la réalisation des travaux d'amélioration énergétique dans les bâtiments publics et en communiquant sur les économies réalisées auprès de la population.

	<p>Le secteur industriel, peu développé sur le territoire, représente 3% de la consommation du territoire de Vallée Sud - Grand Paris.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■ Agir sur l'optimisation des procédés et la maîtrise de l'électricité spécifique ■ Un changement structurel privilégiant des produits à forte valeur ajoutée plutôt que la fabrication de matériaux bruts consommateurs d'énergie (transfert d'activité de l'industrie lourde vers l'industrie secondaire), ■ Amélioration des procédés de production des matériaux bruts diminuant leur contenu énergétique, ou des procédés de production des produits intermédiaires ou finis. ■ Sensibiliser aux économies d'énergie de la même manière que dans le secteur tertiaire, et encourager la mise en place d'un système de management de l'énergie, qui peut être formalisé par la norme ISO 50001 ; ■ Appliquer les obligations d'audit énergétique, avec renouvellement tous les 4 ans ■ Favoriser l'économie circulaire inter-entreprises via la création d'un réseaux d'entreprises pour la récupération de la chaleur fatale des établissements proches ou pour l'instauration des boucles entre industriels afin de limiter les déperditions de matière, et d'énergie.
---	--	---

SECTEUR		POTENTIEL DE REDUCTION
 <p>CONSTRUCTION ET VOIRIE</p>	<p>La construction représente 8% des émissions de GES de Vallée Sud - Grand Paris</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■ Proposer des subventions pour la construction de bâtiments vertueux sur le territoire ■ Définir des critères de performance énergétique dans les documents de planification ■ Sensibiliser les acteurs de la construction pour l'utilisation des matériaux biosourcés dans les nouvelles constructions ■ Favoriser l'émergence d'un réseau d'entreprises locales pour la rénovation ■ Travailler avec les communes, le département, la MGP et la Région pour la mise en place de clauses de chantier propre, et au développement de techniques de recyclage et de réutilisation des matériaux.
 <p>DECHETS et CONSOMMATION DE BIENS</p>	<p>Les déchets et la consommation de biens représentent 22,3% des émissions de GES.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■ Mettre en place un modèle d'écologie industrielle et territoriale pour une gestion optimisée des stocks et des flux de matières, de l'énergie et des services ■ Poursuivre la sensibilisation des habitants pour la réduction des déchets ■ Sensibiliser dès l'école les plus jeunes à développer des bonnes pratiques de gestion des déchets ■ Favoriser sur le territoire l'échange de biens de consommation ■ Inciter au réemploi pour réutiliser certains déchets ou certaines parties du déchet encore en état de fonctionnement dans l'élaboration de nouveaux produits ■ Favoriser les réseaux de partage et réparations de biens et de services auprès des habitants ■ Sensibiliser les professionnels de la restauration (ex : commerces de bouche et restauration collective) à la problématique du gaspillage alimentaire.
 <p>INDUSTRIE ENERGIE</p>	<p>La production d'énergie représente 0,01% des émissions de GES</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■ Augmenter la part des énergies renouvelables sur le territoire, notamment le solaire thermique et photovoltaïque ■ Accroître la part des énergies renouvelables dans les réseaux de chaleur existants sur le territoire

CONCLUSION

Avec plus de **7 476 GWh** consommés sur le territoire de Vallée Sud – Grand Paris, les énergies fossiles (gaz et produits pétroliers) constituent la principale source énergétique utilisée pour couvrir les besoins énergétiques du territoire (plus de 62%).

Le recours à ces énergies fortement carbonées explique la part élevée d'émissions de GES du territoire, pour le secteur résidentiel, du transport, tertiaire et de l'industrie (hors énergie), qui est de **1 542 108 tCO₂e** (70% des émissions globales).

La commune d'Antony regroupe 17% des consommations énergétiques du territoire de Vallée Sud – Grand Paris, suivi des communes de Clamart avec 14% des consommations et la commune de Montrouge, 11% de la consommation du territoire.

Les secteurs résidentiels et du transport routier sont prépondérants dans les consommations énergétiques territoriales avec respectivement une part de **45% et 33% de la consommation énergétique**.

Secteur résidentiel : **Le parc de logements est relativement ancien et peu performant énergétiquement**, avec une majorité des logements construits avant la première réglementation thermique (1975).

L'analyse de la consommation par usage du parc bâti du territoire de Vallée Sud – Grand Paris permet de mettre en **évidence la part importante du chauffage (64%) dans la répartition des consommations d'énergie**. Ensuite, les autres usages spécifiques (lumières, forces motrices...) représentent 27% des consommations. Quant à la part de l'eau chaude sanitaire, elle est globalement faible, avec 9% des consommations.

Secteur du transport routier : **Une majorité du transport est effectuée avec des énergies fossiles (90%)**. L'utilisation de gaz naturel ou de l'électricité reste faible.

Secteur tertiaire : Les consommations énergétiques dans ce secteur sont principalement représentées par l'électricité (53%). Les consommations sont surtout liées au matériel informatique, à l'éclairage etc.

Secteur de l'industrie (hors énergie) : Les consommations sont représentées par les énergies fossiles (47%) et par l'électricité (46%).

Par ailleurs, les usagers ont un rôle à jouer dans la réduction des consommations d'énergie. Un renforcement des actions de sensibilisation sur l'usage de l'énergie, les moyens de régulation des équipements utilisés pour le chauffage et la maîtrise des consommations d'électricité spécifique (pour le fonctionnement des équipements électroniques, et électroménagers...) contribuerait à la maîtrise de l'énergie.

L'EPT de Vallée Sud -Grand Paris dispose de plusieurs leviers d'actions sur chacun des secteurs. A titre d'exemple, l'accompagnement des entreprises dans la maîtrise de l'énergie, l'accompagnement des propriétaires dans la rénovation énergétique de leurs bâtiments, la mise en place d'un modèle d'écologie industrielle et territoriale pour la réduction des biens de consommation, ...

5 LES ENERGIES RENOUVELABLES SUR LE TERRITOIRE

D'après l'arrêté du 4 août 2016, le diagnostic PCAET comprend un état de la production des énergies renouvelables sur le territoire, détaillant les filières en énergies renouvelables et une estimation du potentiel de développement de celles-ci ainsi que du potentiel disponible d'énergie de récupération et du potentiel de stockage énergétique.

5.1 Etat des lieux et potentiel des énergies renouvelables

En raison des contraintes environnementales et techniques (éloignement par rapport aux habitations, servitudes aéronautiques, etc.), le potentiel éolien est nul ; cette énergie n'est donc pas présentée ci-après. De même, le potentiel hydraulique est nul, du fait de débit limités et/ou de contraintes techniques et environnementales.

5.1.1 Géothermie



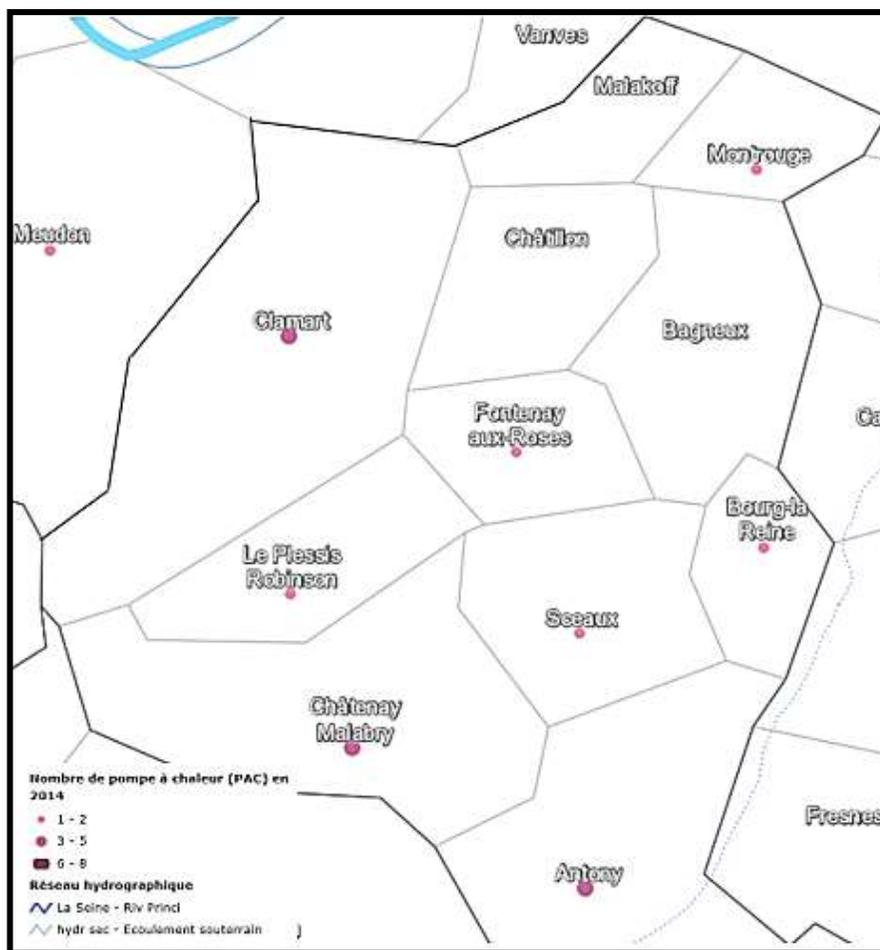
La géothermie permet de récupérer la chaleur produite par la Terre, en plaçant une large surface de capteur dans le sol. En première approche, on considère que plus le forage est profond, plus la température du sol est élevée, et ainsi plus la quantité de chaleur récupérable est importante. Les capteurs peuvent donc être verticaux, afin d'aller au contact des zones les plus chaudes ; ou être horizontaux : dans ce cas, la circulation du fluide entrant est plus longue, permettant un échauffement plus important malgré une température du sol plus faible. La géothermie est ainsi quasi-exclusivement utilisée pour produire de la chaleur (et non de l'électricité).

On distingue trois types de géothermie :

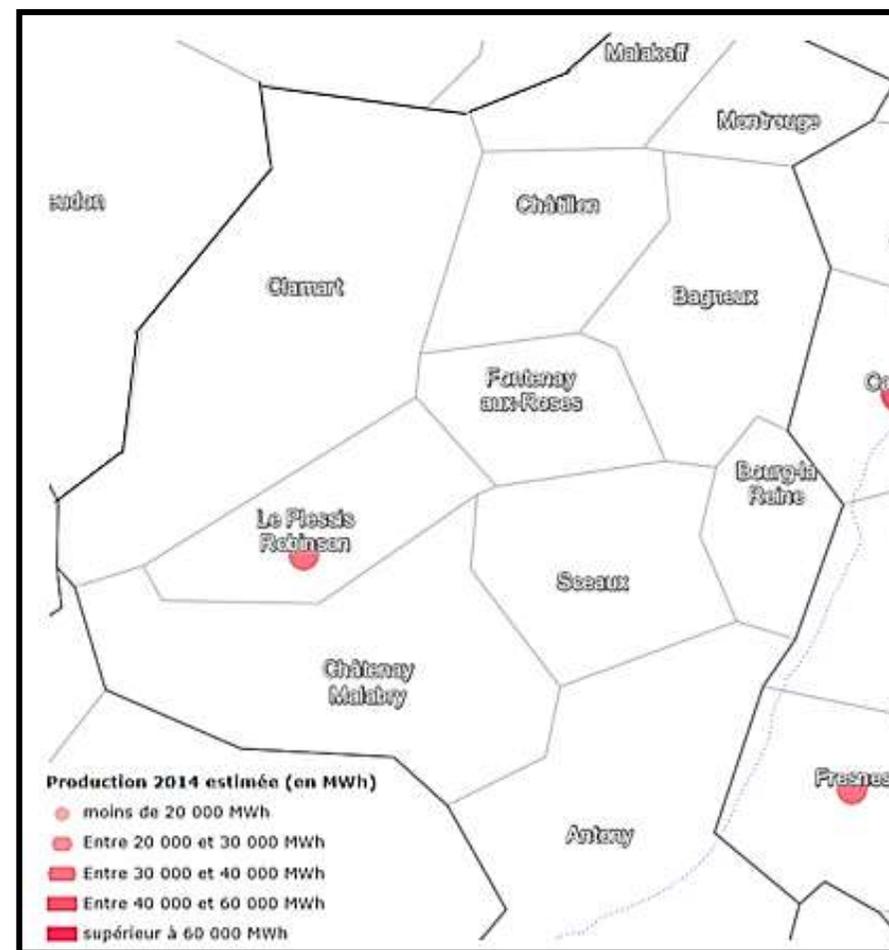
- **Géothermie très basse énergie** : la géothermie très basse énergie exploite des réservoirs situés à moins de 100 mètres et dont les eaux ont une température inférieure à 30°C. Il est donc indispensable de la coupler avec des pompes à chaleur pour augmenter sa température et permettre son utilisation.
- **Géothermie basse énergie** : la géothermie basse énergie s'appuie, sur des aquifères à des températures comprises entre 30° et 90°C. On l'exploite notamment dans des réseaux de chaleur pour le chauffage urbain ou dans le cadre de procédés industriels.
- **Géothermie moyenne et haute énergie** : la géothermie moyenne énergie et haute énergie (jusqu'à 250 °C) est utilisée pour produire de l'électricité, au moyen de turbines.

5.1.1.1 Etat des lieux

Les cartes suivantes présentent la production de géothermie basse énergie ainsi que la production géothermique très basse énergie (pompes à chaleur) sur Vallée Sud - Grand Paris.



Carte 3 : Sources de production via géothermie basse énergie (Source : ROSE, 2014)



Carte 4 : Sources de production via géothermie très basse énergie (Source : ROSE, 2014)

En 2014, d'après les données disponibles, l'ensemble des communes de Vallée Sud - Grand Paris, excepté Malakoff et Châtillon, possèdent une production géothermique très basse énergie avec des pompes à chaleur. Les réseaux de chaleur du Plessis-Robinson sont alimentés à 54% par de la géothermie basse température. Ils produisent 57 GWh/an soit 39,6 GWh/an pour le réseau de chaleur TECNI et les 17,5 GWh/an pour le réseau de chaleur ZIPEC (également appelé Noveos).

En 2016, la géothermie se développe sur la commune de Bagneux grâce à la mise en œuvre du réseau d'énergie « BAGEOPS ». Ce sont près de 12 km de réseaux qui alimentent plus de 10 000 logements en chauffage et en ECS, soit une production de 109 GWh/an.

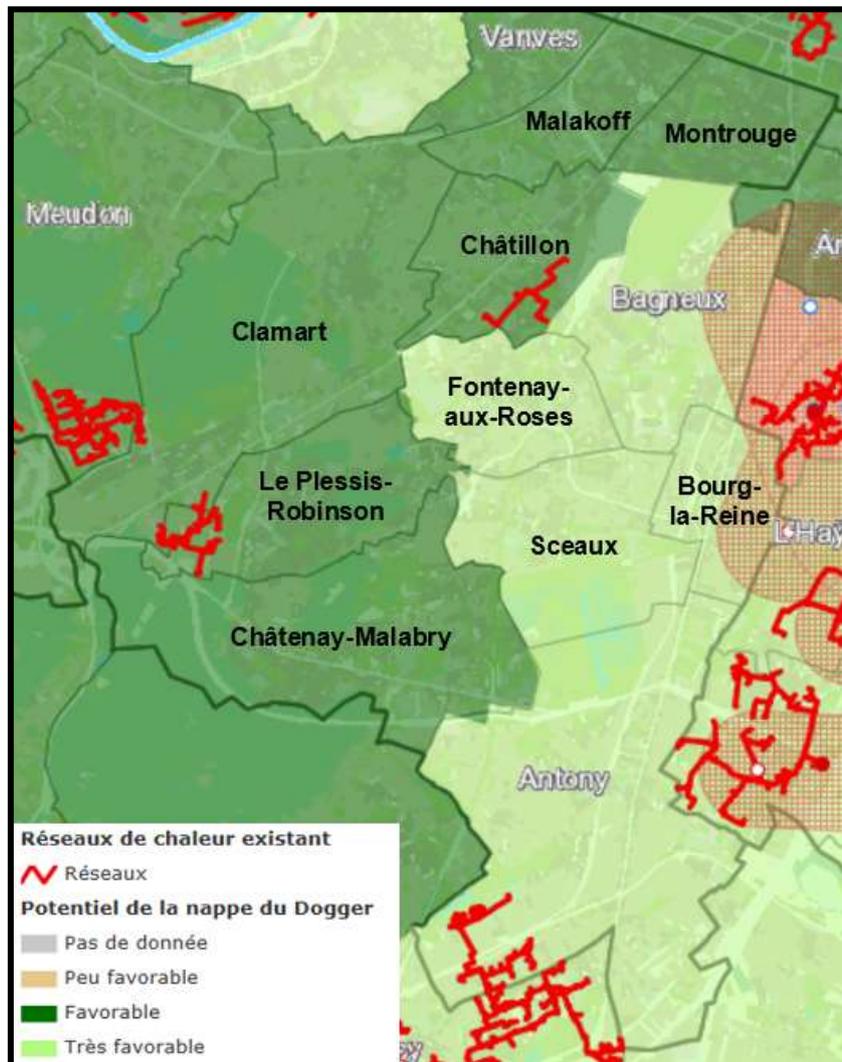
Le tableau ci-dessous présente les installations identifiées par commune :

Commune	Nombre d'installations	Production (GWh/an) estimée
Antony	5 installations très basse énergie : 5 PAC individuels	NC
Bagneux	1 production de géothermie profonde	109
Bourg-la-Reine	/	/
Châtenay-Malabry	3 installations très basse énergie : 2 PAC collectif et 1 PAC individuel	NC
Châtillon	/	/
Clamart	5 installations très basse énergie : 1 PAC collectif et 4 PAC individuels	NC
Fontenay-aux-Roses	1 installation très basse énergie : 2 PAC individuel	NC
Le Plessis-Robinson	1 installation géothermie basse énergie : un doublet 1 production de géothermie profonde 1 installation géothermie très basse énergie : 1 PAC individuel)	39.4 (géothermie profonde)
Malakoff	/	/
Montrouge	1 installation très basse énergie : 1 PAC individuel	NC
Sceaux	2 installations très basse énergie : 2 PAC individuels	NC

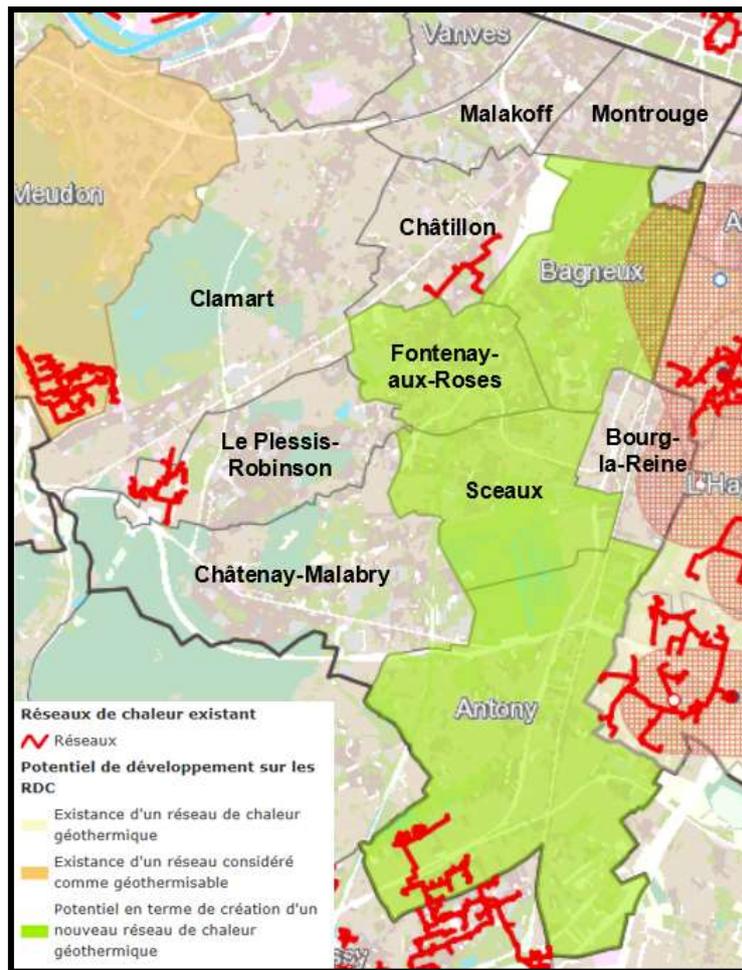
5.1.1.2 Potentiel géothermie

Une grande partie du territoire présente un potentiel de développement de la géothermie favorable. Ce potentiel de développement favorable concerne les communes de Châtenay-Malabry, Le Plessis-Robinson, Clamart, Châtillon, Malakoff et Montrouge ; et est qualifié de

très favorables sur les communes d'Antony, de Sceaux, de Bagneux, de Bourg-la-Reine et de Fontenay-aux-Roses. Le potentiel géothermique sur Vallée Sud - Grand Paris est donc non négligeable afin de développer la production d'ENR&R sur le territoire.



Carte 5 : Potentiel de déploiement de géothermie intermédiaire et profonde, en MWh (Source : ENERGIF, 2014)



Carte 6 : Potentiel de développement de la géothermie intermédiaire et profonde, sur les réseaux de chaleur
(Source : ENERGIF, 2014)

Les communes d'Antony, de Sceaux, de Fontenay-aux-Roses ont un potentiel très favorable pour la géothermie intermédiaire et profonde.

Le Schéma Directeur des réseaux de chaleur du Département des Hauts-de Seine présente une évaluation du potentiel géothermie en fonction des besoins énergétiques des projets à fort et moyen potentiel, communiqués dans le Schéma Directeur des réseaux de chaleur – 92. A titre d'exemple : Sur la ville de Montrouge, il a été identifié la création de réseau (projet à fort potentiel) avec un besoin de 208 GWh dont la ressource d'ENR principale est la géothermie profonde. La part de la géothermie pour ce réseau a été estimé à près de 22% soit 45 GWh.

Ainsi, il est évalué un potentiel de 362.77 GWh/an sur le territoire de Vallée Sud Grand Paris. Il est reparti ainsi par commune :

Commune		Potentiel GWh 2050	Source principale
Antony		5.41	Albien
Bagneux			
Bourg-la-Reine			
Châtenay-Malabry		9.08	Albien
Châtillon	Fort potentiel : 66% géothermie du réseau de chaleur	41.58	Albien
Clamart		7.13	Albien
Fontenay-aux-Roses		27.03	Dogger
Le Plessis-Robinson			
Montrouge	*	45.00	Dogger
Malakoff - Montrouge	*	76.35	Dogger
Malakoff	*	31.36	Albien
Fontenay - Sceaux		45.42	Dogger
Fontenay – Sceaux - BLR		56.02	Dogger
Sceaux		18.39	Dogger
TOTAL		362.77	-

*Projet potentiel fort, ** projet à potentiel moyen

Tableau 6 : Potentiel géothermique (Source : Schéma Directeur des réseaux de chaleur du Département des Hauts-de-Seine)

5.1.2 L'énergie solaire

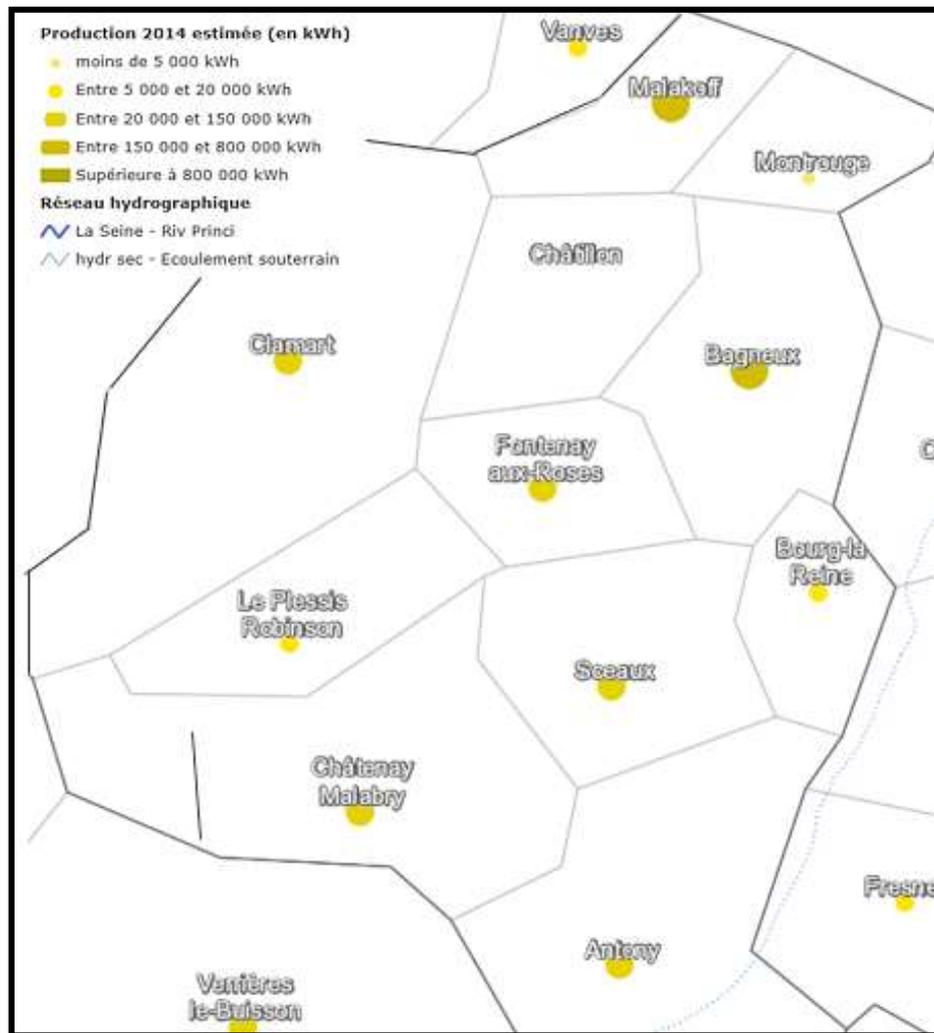


L'énergie solaire renouvelable comprend deux branches à part entière : le **photovoltaïque**, producteur d'électricité, et le **solaire thermique**, producteur de chaleur. La technologie photovoltaïque se présente sous la forme de cellules assemblées sous la forme de « panneau solaire », pouvant être disposé sur des toitures ou au sol.

Plusieurs technologies existent, avec des rendements propres. Afin d'optimiser leur potentiel, il est nécessaire de les installer selon l'exposition maximale possible. Les installations solaires thermiques fonctionnent, elles, avec un circuit fermé de liquide caloporteur (qui transporte la chaleur), exposé au rayonnement solaire. Le circuit est relié à un chauffe-eau ou à un ballon d'eau afin de transmettre la chaleur à l'eau. Il peut également alimenter les systèmes de chauffage, si ceux-ci fonctionnent à l'eau chaude. Plusieurs systèmes et matériaux existent également pour ce type d'installations.

5.1.2.1 Etat des lieux du solaire thermique

Le territoire Vallée Sud - Grand Paris possède plusieurs sites de production de solaire thermique, pour une production totale de près de 0,7 GWh/an. Cette valeur, a priori faible, peut s'expliquer par le fait que le solaire thermique est actuellement majoritairement installé pour produire l'Eau Chaude Sanitaire (ECS) dans des logements individuels.



Carte 7 : Sources de production de solaire thermique (Source : ROSE, 2014)

Le Réseau d'Observation Statistique de l'Energie (ROSE) a estimé, avec plus de détails, la production d'énergie solaire thermique sur le territoire de Vallée Sud - Grand Paris, résumé dans le tableau ci-dessous.

Commune	Nombre d'installations	Production thermique (GWh/an)	solaire estimée
Antony	22	0,08	
Bagneux	2	0,25	
Bourg-la-Reine	3	0,007	
Châtenay-Malabry	9	0,03	
Châtillon	/	/	
Clamart	13	0,03	
Fontenay-aux-Roses	8	0,06	
Le Plessis-Robinson	3	0,006	
Malakoff	4	0,23	
Montrouge	2	0,003	
Sceaux	6	0,05	
TOTAL	72	0,7	

Tableau 7 : Production d'énergie solaire thermique (Source : ROSE, 2014)

Les communes de Bagneux et de Malakoff ont une production solaire thermique importante avec respectivement 0,25 GWh/an et 0,23 GWh/an.

Les autres communes de Vallée Sud - Grand Paris ont une production solaire thermique comprise entre 0,003 GWh/an et 0,08 GWh/an.

5.1.2.2 Etat des lieux du solaire photovoltaïque

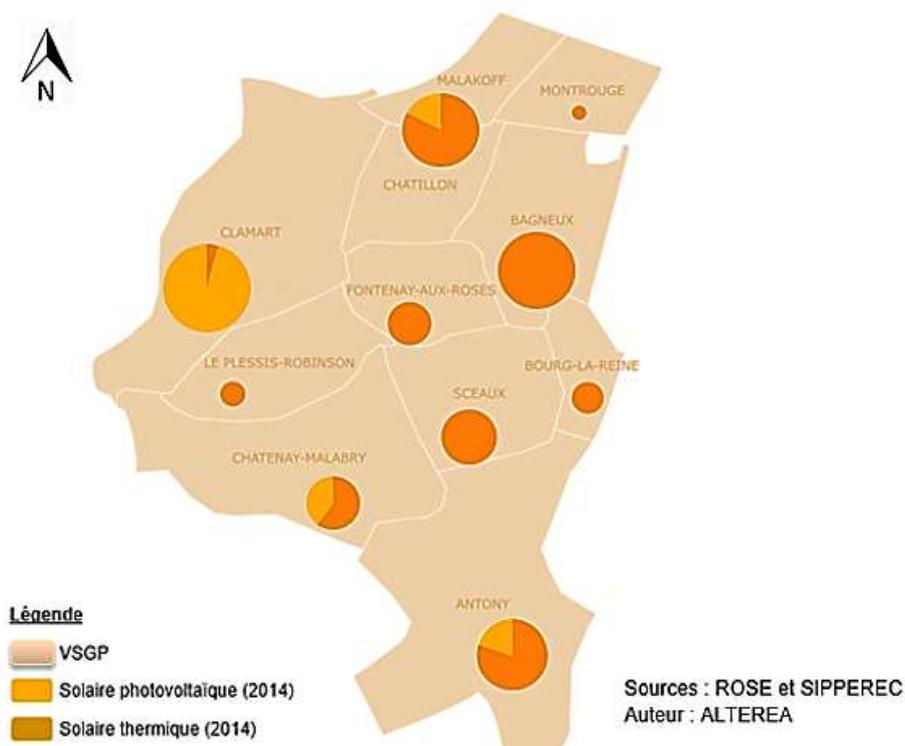
Sur le territoire il existe 245 installations photovoltaïque (PV) dont :

- 241 installations inférieures à 36 kVA, pour une production totale évaluée à 1,95 GWh en 2016
- 4 installations supérieures à 36 kVA pour une production totale de 0,79 GWh en 2016

Commune	Production solaire photovoltaïque estimée (GWh/an)
Antony	0,02
Bagneux	Non disponible
Bourg-la-Reine	Non disponible
Châtenay-Malabry	0,02
Châtillon	Non disponible
Clamart	0,7
Fontenay-aux-Roses	Non disponible
Le Plessis-Robinson	Non disponible
Malakoff	0,05
Montrouge	Non disponible
Sceaux	Non disponible
TOTAL	0,79

Tableau 8 : Production solaire photovoltaïque des installations supérieures à 36 kVA (Source : SIPPEREC, 2016)

La carte ci-dessous, présente la production d'énergie solaire thermique et solaire photovoltaïque sur le territoire de Vallée Sud - Grand Paris (d'après les données du ROSE pour le solaire thermique et le SIPPEREC pour le solaire photovoltaïque) :



Carte 8 : Production solaire sur le territoire de Vallée Sud - Grand Paris (Source : Rose et SIPPEREC, cf. détail dans les tableaux 12 et 13)

La production d'énergie « solaire thermique » est principalement présentée sur les communes de Bagneux et de Malakoff avec 0.48 GWh/an sur les 0,7 GWh/an totales. En ce qui concerne le solaire photovoltaïque, c'est la commune de Clamart qui présente une production d'énergie très importante avec 0,7 GWh/an (installations recensées > 36 kVA).

Le parc solaire photovoltaïque en Île-de-France est de 84 MWc raccordés à fin 2017²⁹. Un objectif de 150 MW en 2020 est fixé par le SRCAE.

En milieu urbain dense, l'intégration des panneaux en toiture est à privilégier.

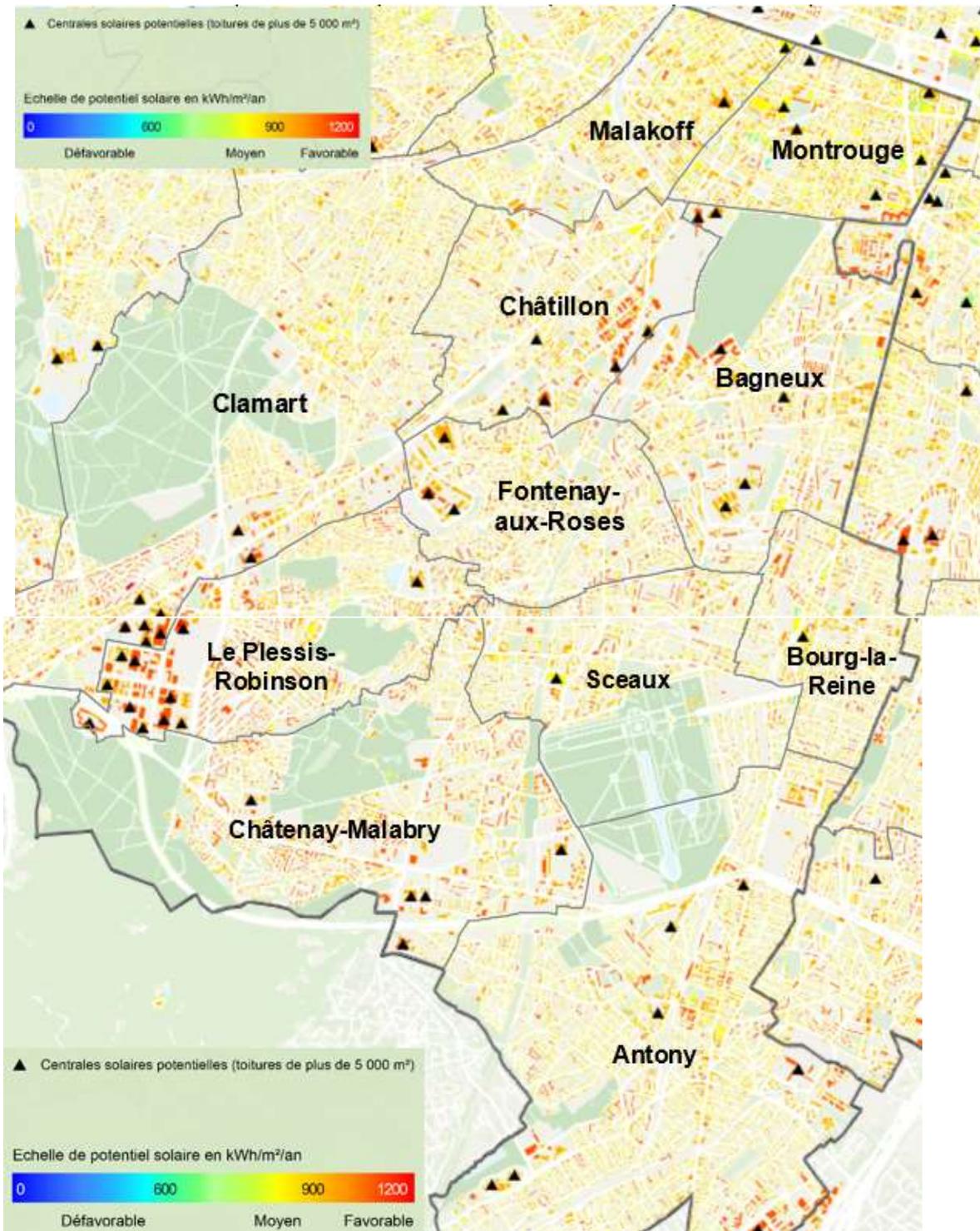
5.1.2.3 Potentiel du solaire thermique et photovoltaïque

Parmi les différentes ENR&R identifiées dans le SRCAE, l'énergie solaire occupe une place de premier plan à l'échelle régionale avec des objectifs de 766 GWh thermique et 517 GWh photovoltaïque à l'horizon 2020 mais surtout des perspectives très ambitieuses à horizon 2050 avec près de 4.5 TWh thermique et 9,5 TWh photovoltaïque.

Une étude de l'Atelier Parisien de l'Urbanisme (APUR), menée sur Paris et la petite couronne, en 2015, démontre le potentiel de l'énergie solaire sur les toitures étudiées.

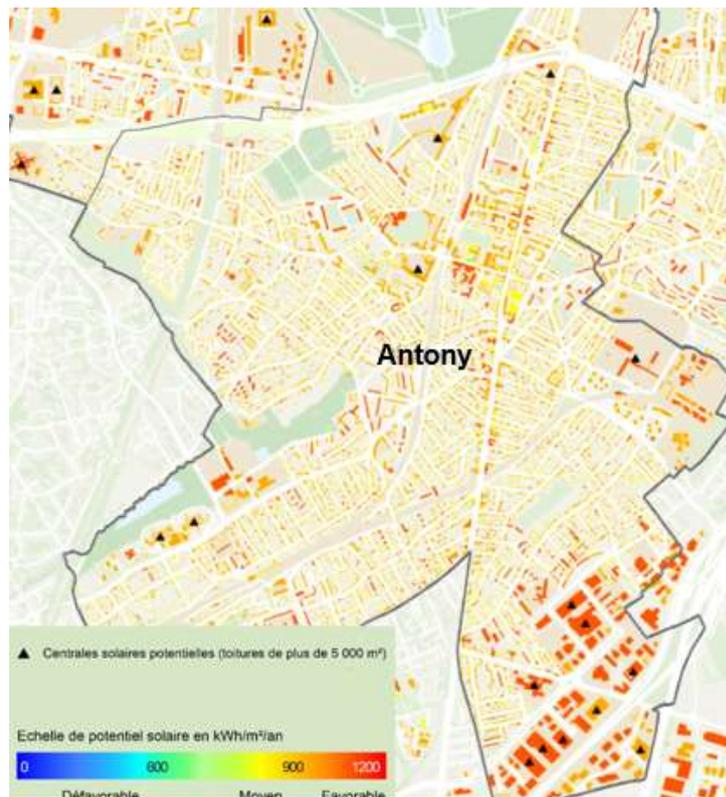
Sur le territoire de Vallée Sud - Grand Paris, l'étude de l'APUR a été réalisée uniquement sur les toitures de plus de 5000 m² et bien exposées (ensoleillement supérieur à 1000 kWh/m²/an). Ainsi, cette évaluation permet de croiser le gisement solaire théorique et les surfaces de toiture des bâtiments, pour déterminer des sites potentiels. Les cartes suivantes présentent le potentiel solaire photovoltaïque et thermique de Vallée Sud - Grand Paris.

²⁹ Source : RTE



Carte 9 : Potentiel en solaire photovoltaïque, et thermique, sur le territoire Vallée Sud - Grand Paris (Source : APUR 2015, étude Paris 2050 Air Energie Climat)

La carte ci-dessous dévoile plus en détails le potentiel non négligeable de la commune d'Antony où de nombreux sites sont identifiés (*triangles noirs*) :



Carte 10 : Potentiel en solaire photovoltaïque, et thermique, sur la commune d'Antony (Source : APUR 2015, étude Paris 2050 Air Energie Climat)

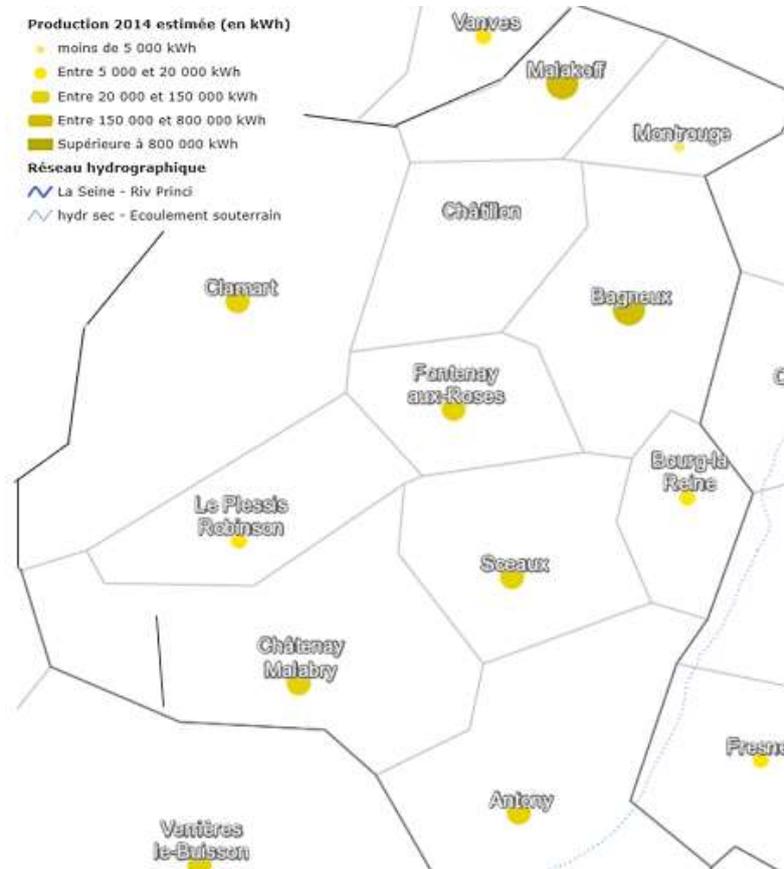
Cette étude propose également un potentiel chiffré, pour estimer le potentiel d'énergie dont chaque ville dispose pour l'énergie solaire thermique et photovoltaïque en toiture.

Commune	Potentiel solaire thermique (GWh/an)	Potentiel solaire photovoltaïque (GWh/an)
Le Plessis-Robinson	19,6	6,3
Clamart	19,2	38,4
Bagneux	13,2	14,1
Malakoff	9,9	10,9
Montrouge	16,9	10,9
Antony	22,2	54,1
Bourg-la-Reine	6,7	10,1
Fontenay-aux-Roses	10,5	16,5
Châtillon	11,3	15,2
Châtenay-Malabry	21,1	1,02
Sceaux	7,3	12,9
TOTAL	158	191

Tableau 9 : Potentiel solaire thermique et photovoltaïque sur le territoire Vallée Sud - Grand Paris sur les toitures de plus de 5 000m² (Source : APUR 2015, étude Paris 2050 Air Energie Climat)

Les communes d'Antony et de Clamart présentent les meilleurs gisements solaires thermiques, avec respectivement 22,2 et 19,2 GWh/an potentiel. **Sur l'ensemble du territoire**

de Vallée Sud - Grand Paris, l'énergie solaire thermique permettrait de fournir 2% des consommations énergétiques actuelles. Ces deux mêmes communes, Antony et Clamart, possède les meilleurs gisements solaires photovoltaïques également avec respectivement 54,1 et 38,4 GWh/an. Le **potentiel solaire photovoltaïque permettrait de couvrir 10% des besoins électriques** actuelles sur le territoire.

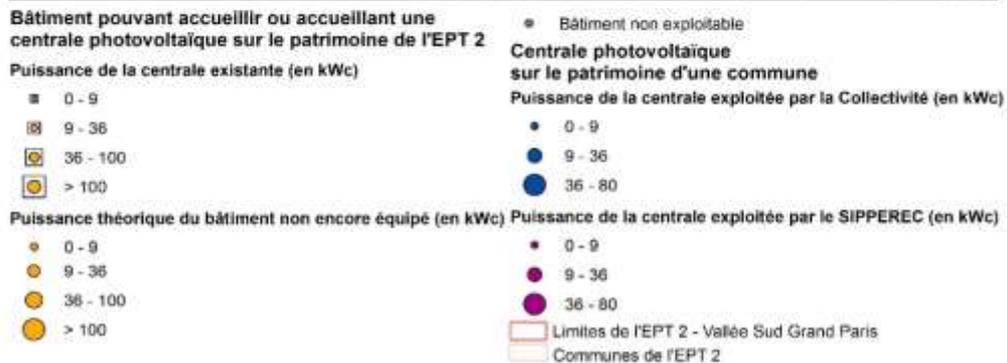
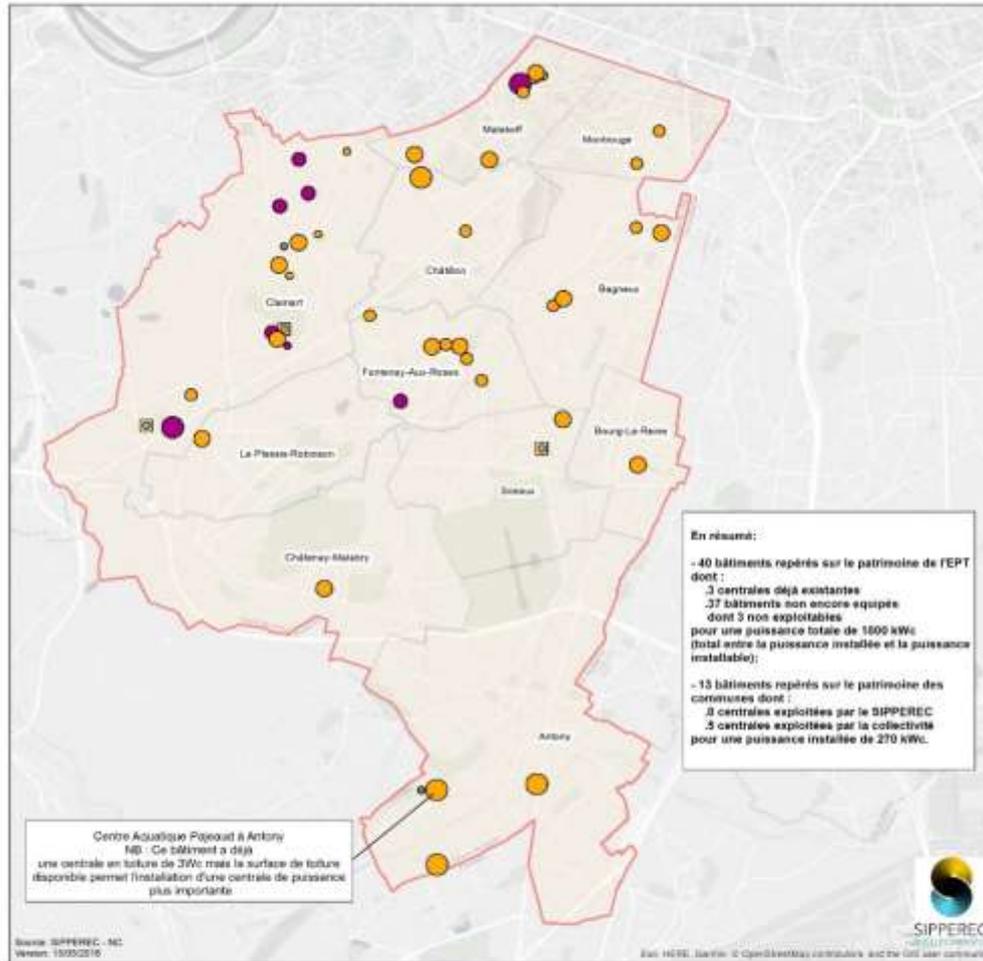


Carte 11 : Potentiel de développement de l'énergie solaire sur le territoire de Vallée Sud - Grand Paris
(Source : APUR, 2015, cf. détails dans le tableau 9)

L'énergie solaire, photovoltaïque (production d'électricité) et thermique (production de chaleur pour le chauffage et/ou l'ECS) constitue un élément clé pour le territoire de Vallée Sud - Grand Paris.

Le solaire photovoltaïque sur le patrimoine de la collectivité. La carte ci-dessous présente les centrales photovoltaïques existantes sur le territoire ainsi que les bâtiments ayant un potentiel d'accueil de futures centrales.

Les centrales photovoltaïques existantes et les bâtiments pouvant accueillir des centrales sur le territoire de l'EPT 2 - Vallée sud Grand Paris



Carte 12 : Puissance des centrales PV existantes sur le territoire et potentiel théorique des bâtiments non encore équipés – version (Source : SIPPAREC-2018).

En page suivante, il est présenté un tableau récapitulatif présentant la surface et puissance (KWc) de chacune des installations.

Le tableau ci-dessous présente le potentiel photovoltaïque du patrimoine de l'EPT :

Etude de potentiel photovoltaïque du patrimoine de l'EPT 2 - Vallée Sud Grand Paris

Adresse	Ville	Nom du bâtiment	Type d'activité du bâtiment	Surface approximative de toiture (m²)	Type de toiture	Matériaux toiture d'après repérage internet	Surface exploitable / exploitée (m²)	Puissance installable / installée (kWc)	Production approximative (MWh/an)	Equivalent foyers/an	Emissions CO ₂ évitées (T/an)	Commentaires
140 Avenue de la division Leclerc	Antony	Conservatoire Darius Milhaud	Enseignement	1 200	toit terrasse + toiture inclinée	Bacs aciers + toitures terrasses végétalisées	700	127	100	36	9,0	Présence d'un parking mitoyen pouvant accueillir 400 m² environ de panneaux en ombrières (-70 kWc)
164 bis avenue du Pdt JF Kennedy	Antony	Centre sportif et culturel Lionel Terray	Sport / Loisirs	3 100	toit terrasse + toiture inclinée	Bacs aciers + toitures terrasses	650	118	102	36	9,2	Toiture principale arrondie : difficulté pour installation panneaux (nécessite surface plane)
100 RUE ADOLPHE PAJEAUD	Antony	CENTRE AQUATIQUE PAJEAUD	Sport / Loisirs	4 500	toit terrasse	Toitures terrasses végétalisées	1500	273	233	83	20,9	12 modules déjà installés (~ 3 kWc) - Toitures végétalisées : voir solution pour cohabitation avec PV
rue Georges Suant	Antony	Espace cirque	Sport / Loisirs	X		X - pas de toiture pérenne	X	0	0	0	0,0	Cirque : pas de toiture pérenne exploitable
4 rue etienne Dolet	Bagneux	Conservatoire de Bagneux (maison de la musique et de la danse)	Enseignement	430	toiture inclinée	Tuiles plates + bac zinc	70	13	9	3	0,8	étude sur toiture Zinc - surfaces en tuiles trop faibles
14 avenue Victor Hugo	Bagneux	Victor Hugo (Théâtre et cinéma)	Culture	1 500	toit terrasse	Complexe d'étanchéité gravillonné	220	40	29	10	2,6	Edifice accueillant différentes structures - difficulté d'identifier la toiture du théâtre
1 avenue Stalingrad	Bagneux	Piscine de Bagneux	Sport / Loisirs	2 400	toit terrasse + toiture inclinée	Complexe d'étanchéité	70	13	10	3	0,9	Toiture principale (700 m² exploitable) orientée Nord donc inexploitable
2 avenue Gabriel Péri	Bagneux	Médiathèque Louis Aragon	Culture	1 200	toit terrasse	Complexe d'étanchéité gravillonné	350	64	55	20	4,9	Toiture déjà sécurisées (avantage)
11 - 13 boulevard Carnot	Bourg-la-Reine	Ecole nationale de musique et de danse Bourg la reine / Sceaux	Enseignement	1 400	toit terrasse	Complexe d'étanchéité	500	91	77	28	7,0	Complexe de la toiture principale à déterminer car si sheds installables augmentation du productible
254 av division Leclerc	Châtenay-Malabry	Théâtre la piscine Firmin gémier/ conservatoire	Culture	3 250	toit terrasse	Complexe d'étanchéité non gravillonné	450	82	72	26	6,5	Toiture déjà sécurisées (avantage)
5 Rue Paul Bert	Châtillon	Conservatoire de Châtillon	Enseignement	530	toit terrasse	Complexe d'étanchéité non gravillonné	60	11	9	3	0,8	Toitures de faibles surface avec éléments de ventilation - non sécurisées
57 rue Jean Bouin	Châtillon	Stade nautique	Sport / Loisirs	2 150	toiture inclinée	Membrane d'étanchéité ou bacs aciers	600	109	99	35	8,9	-
1 RUE HEVIN	CLAMART	STE POSTE HEVIN -SGX - Garage municipal Clamart	Autre	X			X	0	0	0	0,0	Garage municipal de Clamart - bâtiment non étudié
Place Jules Hunebelle	Clamart	Conservatoire de Clamart (Henri Dutilleux)	Enseignement	2 600	toit terrasse + toiture inclinée	Ardoises + toitures terrasses	320	58	50	18	4,5	Occupation de toitures multiples
22 rue Paul Vaillant Couturier	Clamart	Théâtre Jean Arp et cinéma Jeanne Moreau	Culture	4 300	toit terrasse + toiture inclinée	Complexes d'étanchéité végétalisés, gravillonnés et bac zinc	250	45	38	14	3,4	Marché du Trosy au RDC du bâtiment - nécessité d'équiper cette toiture pour installer du PV
37 rue du docteur Roux	Clamart	CENTRE AQUATIQUE DE CLAMART /Piscine Nouvelle	Sport / Loisirs	4 100	toit terrasse	complexes d'étanchéité végétalisés et non végétalisés	680	36	31	11	2,8	Centrale photovoltaïque déjà existante (proposition de reprise en exploitation formulée par le SIPPÉREC)
1 Place ferrari	Clamart	MEDIATHEQUE DE LA BUANDERIE / Anne Capezzuoli	Culture	560	toit terrasse	Bacs zinc	40	7	6	2	0,5	multiples toitures de faibles surface
14 rue Champagne	Clamart	Petite Bibliothèque Ronde "joie par les livres"	Culture	550	toit terrasse	Complexe d'étanchéité gravillonné	70	13	10	4	0,9	multiples toitures de faibles surface
Rue d'Auvergne	Clamart	Médiathèque François Mitterrand	Culture	1 600	toit terrasse	Complexe d'étanchéité gravillonné	150	14	12	4	1,1	Centrale photovoltaïque déjà existante (déjà exploitée par le SIPPÉREC)
216 avenue Jean Jaurès	Clamart	Centre socioculturel La Fourche	Culture	240	toit terrasse	Complexe d'étanchéité gravillonné	40	7	5	2	0,5	Surface de toiture faible et ombragée

Etude de potentiel photovoltaïque du patrimoine de l'EPT 2 - Vallée Sud Grand Paris

Adresse	Ville	Nom du bâtiment	Type d'activité du bâtiment	Surface approximative de toiture (m²)	Type de toiture	Matériaux toiture d'après repérage internet	Surface exploitable / exploitée (m²)	Puissance installable / installée (kWc)	Production approximative (MWh/an)	Équivalent foyer/an	Émissions CO ₂ évitées (T/an)	Commentaires
20 rue du Parc	Clermont	Maison de quartier- jardin parisien	Autre	440	toit terrasse	Complexe d'étanchéité non gravillonné	300	36	30	11	2,7	-
11 - 30 RUE GABRIEL PERI	Clermont	Maison de l'emploi	Autre	210	toiture inclinée	Tuiles	30	3	4	2	0,4	-
10 place du Général de Gaulle	Fontenay-aux-Roses	Nouvelle Maison de la Musique et de la Danse (Château Labrousse)	Enseignement	540	toiture inclinée	Tuiles	70	13	11	4	1,0	Surfaces de toitures faibles et présence de nombreuses lucarnes
8 Avenue Jeanne et Maurice Delvalet	Fontenay-aux-Roses	Théâtre des Sources et cinéma Le Scarron	Culture	850	toit terrasse	Complexe d'étanchéité non gravillonné	300	35	48	17	4,3	Toiture déjà sécurisée (average)
22 rue Jean Jaurès	Fontenay-aux-Roses	Piscine de Fontenay aux Roses	Sport / Loisirs	1 700	toit terrasse	Complexe d'étanchéité non gravillonné	400	75	81	22	5,5	Difficile à délimiter la toiture et nombreux équipements en toiture
8 place du Château Sainte Barbe	Fontenay-aux-Roses	Médiathèque de Fontenay aux Roses	Culture	880	toiture inclinée	bac zinc et ardoises	120	22	17	6	1,5	occupation que des toitures zinc uniquement
23 avenue Lombart	Fontenay-aux-Roses	Maison de l'emploi (Mission locale Archimède)	Autre	300	toiture inclinée	Tuiles et bac zinc	80	15	13	5	1,2	Toitures de faibles surfaces
28 RUE DE LA REDOUTE	Fontenay-aux-Roses	SEGE C A SUD DE SEINE	Administration / Technique	1 250	toit terrasse	Complexe d'étanchéité gravillonné	125	22	18	6	1,6	Nombreux équipements en toiture
5 rue Blaise Pascal	Le Plessis Robinson	Piscine Du Hameau	Sport / Loisirs	2 400	toit terrasse	Complexe d'étanchéité gravillonné	400	73	84	23	5,8	Toitures à décrire mais facilement exploitables
66 - 68 avenue Gabriel Péri	Malakoff	Conservatoire de musique, de danse et d'art dramatique de Malakoff	Enseignement	470	toit terrasse	Complexe d'étanchéité non gravillonné	120	22	19	7	1,7	Multiple toitures de faibles surfaces
2 rue Jules Guesde	Malakoff	Annexe au conservatoire de Malakoff	Enseignement	500	toit terrasse	Complexe d'étanchéité non gravillonné	300	40	30	11	2,7	Bâtiment de la maternelle au Sud créant beaucoup d'ombre
3 place du 11 Novembre	Malakoff	Théâtre J1	Culture	1 100	toit terrasse	Complexes d'étanchéité gravillonné et non gravillonné	400	73	82	22	5,6	-
21 ter boulevard de Stalingrad	Malakoff	La Fabrique des arts	Culture	750	toit terrasse	Complexe d'étanchéité non gravillonné	320	56	51	18	4,6	-
17 rue Bréanger	Malakoff	Cinéma Marcel Pagnol	Culture	340	toit terrasse	Complexe d'étanchéité gravillonné	20	4	3	1	0,3	Nombreux équipements en toiture
24 rue Bréanger	Malakoff	Médiathèque Pablo Neruda	Culture	520	toit terrasse	Complexe d'étanchéité gravillonné	170	31	25	9	2,2	Toitures multiples
2 rue Augustine Vivier	Malakoff	AMRE / Nissen locale	Autre	X			X		0	0	0,0	Etablissement en RDC d'un bâtiment - toiture exploitable
6 Rue Racine	Montrouge	Conservatoire Reoul Pugno	Enseignement	940	toiture inclinée	Tuiles	180	25	25	9	2,2	-
91 Avenue Henri Groux	Montrouge	Aquaparc	Sport / Loisirs	2 400	toit terrasse - toiture inclinée	Toiture zinc - non sécurisée - 2ndaire : bois	100	18	16	6	1,4	Bâtiment difficilement exploitable compte-tenu de sa toiture (seulement sur la partie terrasse?)
49 avenue Georges Clémenceau	Sceaux	Théâtre Les Gémeaux	Culture	1 600	toit terrasse	Complexes d'étanchéité gravillonné et non gravillonné	300	91	80	29	7,2	-
3 rue de l'Yser	Sceaux	Les Wags (gymnase)	Sport / Loisirs	2 300	toit terrasse	Complexe d'étanchéité non gravillonné	180	15	10	4	0,9	Centrale photovoltaïque déjà existante - Panneaux solaires thermiques

5.1.3 Biomasse



La biomasse est définie comme la fraction biodégradable des produits, déchets et résidus provenant de l'agriculture, y compris les substances végétales et animales issues de la terre et de la mer, de la sylviculture et des industries connexes, ainsi que la fraction biodégradable des déchets industriels et ménagers³⁰.

On distingue généralement la biomasse combustible issue des cultures agricoles (production d'agro-pellets) et les combustibles issus du bois (production de bois-bûche, de plaquettes forestières, de granulés bois ou de plaquettes de scieries). Cette biomasse est par la suite valorisée énergétiquement par combustion. La valorisation sous forme de chaleur est nettement plus performante que sous forme électrique (rendement énergétique supérieur) ; en conséquence, les potentiels s'intéressent la plupart du temps à une valorisation sous forme de chaleur.

5.1.3.1 Etat des lieux

Sur le territoire de la Métropole, le bois énergie représente une consommation annuelle d'environ 1,4 TWh. On dénombre une dizaine de chaufferies biomasse sur réseaux de chaleur, en service ou en projet.

Aujourd'hui, le bois utilisé est difficilement traçable. La récolte en bois commercialisée dans la région Ile-de-France (342 000 m³ de bois en 2014) était surtout destinée à l'énergie (58%) devant industrie (28%) et bois d'œuvre (14%).

Pour utiliser l'énergie de la combustion du bois, ou bois énergie, il existe plusieurs types de bois. Le combustible le plus utilisé par les particuliers est le bois bûche : 2 millions de m³ sont consommés chaque année en Ile-de-France ce qui correspondent à près de 800 000 ménages.

Il n'y a pas de site de production de bois bûche sur le territoire de Vallée Sud - Grand Paris, ni de site de fournisseur de bois déchiqueté sur le territoire de Vallée Sud - Grand Paris.

En revanche, il y a la présence d'une chaufferie biomasse sur la commune de Fontenay-aux-Roses ainsi que des chaudières en chauffage individuel.

La chaufferie biomasse de Fontenay-aux-Roses présente une production estimée à 3,7 GWh/an. La puissance installée de cette chaufferie biomasse est de 0,9 MW.

5.1.3.2 Potentiel de développement

Il est difficile d'estimer le potentiel de production d'énergie à partir du bois d'énergie. En effet, le territoire dispose de peu de ressources en bois-énergie (466,75 ha de surface forestière). Il pourrait s'approvisionner en Ile-de-France : d'après les études réalisées dans le cadre du SRCAE, la ressource maximale disponible en Ile-de-France s'élèverait à environ 3100 GWh/an sur la période 2015/2020 et 6100 GWh/an à l'horizon 2030/2050.

Le PCAEM indique que la demande actuelle en chaleur biomasse est modérée. En revanche, elle tend à augmenter du fait de l'enjeu de verdissement des réseaux de chaleur. Il s'agit donc d'une opportunité forte de consolider des filières d'approvisionnement en bois, locales en

³⁰ Article 19 de la loi de programmation relative à la mise en œuvre du Grenelle de l'environnement

priorité, et potentiellement avec d'autres territoires producteurs, si le bilan environnemental des importations s'avère satisfaisant. En effet, le transport du combustible (par camion) sur de longues distances peut affecter l'impact écologique de cette source d'énergie.

Au regard des enjeux de qualité de l'air, le développement de cette ressource via des chaufferies centralisées de taille importante est à privilégier (pour rappel, il n'en existe qu'une pour l'instant sur le territoire, à Fontenay-aux-Roses). Enfin, la gestion durable de la ressource devra prendre en compte les externalités positives des espaces forestiers pour la biodiversité, et le bien être des habitants. On compte près de 100 millions de visites par an recensées dans les forêts publiques d'Île-de-France.

Pour rappel, en 2016, **10,8 GWh³¹** ont été consommés sur le territoire de Vallée Sud - Grand Paris (cf. partie 4 du diagnostic). Le bois-énergie est principalement utilisé pour le secteur résidentiel.

5.1.4 Chaleur fatale

Lors du fonctionnement d'un procédé de production ou de transformation, l'énergie thermique produite grâce à l'énergie apportée n'est pas utilisée en totalité. Une partie de la chaleur est inévitablement rejetée. C'est en raison de ce caractère inéluctable que l'on parle de « chaleur fatale », couramment appelée « chaleur perdue ». Cependant, cette appellation est en partie erronée car la chaleur fatale peut être récupérée. Cette récupération peut être :

- Une valorisation en interne, pour répondre à des besoins propres au bâtiment concerné,
- Une valorisation en externe, pour répondre aux besoins d'autres bâtiments, via un réseau de chaleur.

Actuellement, aucun procédé de chaleur fatale n'est répertorié sur le territoire. D'après le Schéma Directeur des réseaux de chaleur du Département des Hauts-de Seine, le territoire de Vallée Sud - Grand Paris présente un potentiel de valorisation de la chaleur fatale à l'horizon en 2015 de 43.54 GWh/an ainsi :

- Récupération de la chaleur fatale d'origine industrielle : 25.68 GWh/an
- Récupération de la chaleur fatale à partir des réseaux d'assainissement : 17.86 GWh/an

Les sous-chapitres suivants présentent plus en détail ce potentiel.

5.1.4.1 Chaleur fatale d'origine industrielle

La chaleur fatale est la chaleur produite lors d'un procédé de production ou de transformation, mais qui n'en constitue pas l'objet premier, et qui, de fait, n'est pas nécessairement récupérée.

La récupération de cette chaleur via un échangeur mène à une valorisation thermique aussi bien interne qu'externe. La valorisation en externe permet de répondre à des besoins de chaleur d'autres entreprises, ou plus largement, d'un territoire, via un réseau de chaleur.

³¹ Source : WattStrat – données 2016

Actuellement, aucune valorisation énergétique d'origine industrielle n'est présente sur le territoire de Vallée Sud - Grand Paris.

L'ADEME, dans « l'Étude des potentiels de production et de valorisation de chaleur fatale en Île-de-France », a identifié le gisement de chaleur fatale à partir des installations classées ICPE (Installations Classées pour la Protection de l'Environnement) génératrices de chaleur fatale, à partir des inventaires de la DRIEE et des bases de données de la Chambre de Commerce et d'Industrie (CCI).

L'ADEME a identifié deux types de gisement :

- Gisement basse température. Il est issu des procédés industriels tels que les groupes froids, les compresseurs à air, et les tours aéroréfrigérantes. Il correspond typiquement à l'industrie agro-alimentaire, papier-carton et chimique.
- Gisement haute température. Il est issu des procédés industriels de combustion (four, étuve...). Il correspond typiquement à l'industrie des métaux, du verre, du ciment, des tuiles et des briques.

Le tableau ci-dessous présente le potentiel par communes identifié par l'ADEME :

Commune	Gisement (GWh/an) (basse température)
Antony	0.194
Bagneux	2.633
Bourg-la-Reine	/
Châtenay-Malabry	/
Châtillon	/
Clamart	/
Fontenay-aux-Roses	/
Le Plessis-Robinson	22.858
Malakoff	/
Montrouge	/
Sceaux	/
Total	25.68

Tableau 10 : Potentiel de récupération d'énergie de la chaleur industrielle en 2015 (Source : Schéma Directeur des réseaux de chaleur du Département des Hauts-de-Seine, Décembre 2017)

L'évolution du gisement de chaleur fatale à l'horizon 2030 dépend de l'évolution des activités industrielles dans le territoire, mais aussi des projets de récupération d'énergie qui capteront vraisemblablement une partie de la chaleur fatale valorisable à ce jour.

L'étude de l'ADEME estime qu'à l'horizon 2030, le gisement de chaleur fatale industrielle basse température connaîtra une baisse de 15% soit 21.832 GWh en 2030.

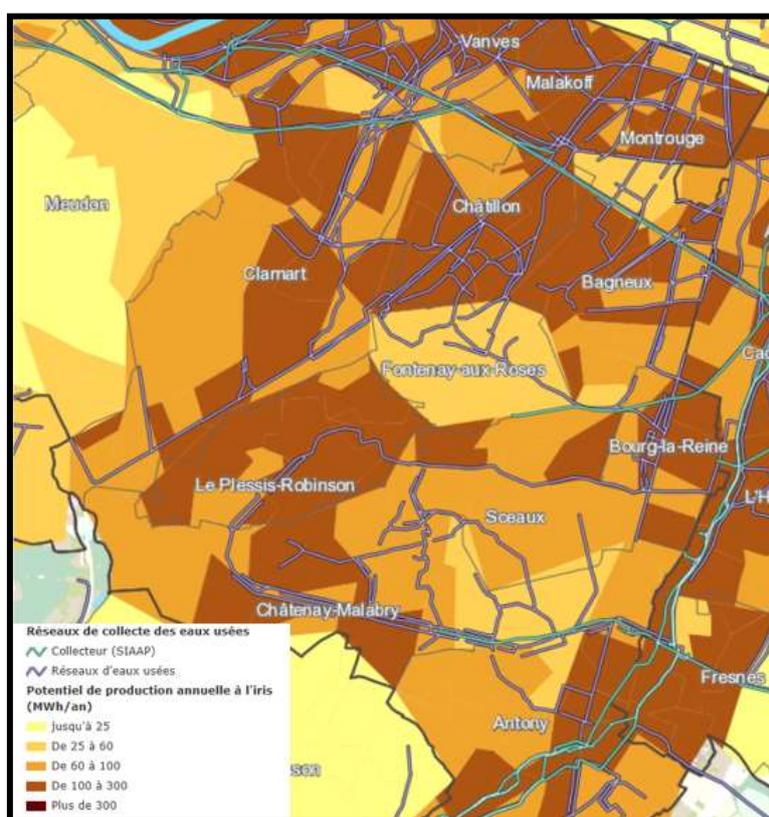
5.1.4.2 Chaleur fatale issues des réseaux d'assainissement

La chaleur contenue dans les eaux usées est une énergie de récupération gratuite. Les émissions de gaz à effet de serre sont liées au fonctionnement des pompes à chaleur, des pompes de circulation.

Les eaux usées circulant dans les égouts sont à une température de 10 à 18 °C en fonction du point du réseau et de la saison. Les eaux usées peuvent ainsi représenter un gisement thermique important, et peuvent être valorisées. Pour pouvoir utiliser cette chaleur, on associe cette récupération d'énergie à une pompe à chaleur, pour élever la température au niveau souhaité, selon l'objectif (chauffage, ECS...).

Actuellement, aucune valorisation énergétique d'un réseau d'assainissement n'est présente sur le territoire de Vallée Sud - Grand Paris.

La carte en page suivante présente le potentiel valorisable d'après les gisements des collecteurs d'assainissement en 2030.



Carte 13 : Potentiel valorisable d'après les gisements des collecteurs d'assainissement 2030 (Source : ENERGIF, 2014)

Toutes les communes du territoire sont concernées par un fort potentiel pour la récupération des eaux usées. Les communes de Châtillon et Châtenay-Malabry notamment présentent les plus hauts gisements, avec un potentiel de plus de 0.2 GWh/an.

L'ADEME a estimé le potentiel d'énergie récupérable sur les eaux usées, dans le cadre de son étude sur la chaleur fatale³², le gisement identifié est reparti ainsi par commune :

Commune	Gisement (GWh/an)
Antony	2,838
Bagneux	1,812
Bourg-la-Reine	0,956
Châtenay-Malabry	1,463
Châtillon	1,597
Clamart	2,510
Fontenay-aux-Roses	0,559
Le Plessis-Robinson	1,359
Malakoff	1,488
Montrouge	2,338
Sceaux	0,946
Total	17,866

Tableau 11 : Potentiel de récupération d'énergie sur les réseaux d'eaux usées du territoire en 2015 (Source : Schéma Directeur des réseaux de chaleur du Département des Hauts-de-Seine, Décembre 2017)

L'étude de l'ADEME confirme donc les bons potentiels de Châtillon et de Châtenay-Malabry, avec des gisements de respectivement 1,6 et 1,5 GWh/an. On observe également des gisements dans les communes d'Antony (2,8 GWh/an), Clamart (2,5 GWh/an) et Montrouge (2,3 GWh/an).

L'étude de l'ADEME « Étude des potentiels de production et de valorisation de chaleur fatale en Île-de-France » (Septembre 2015), prévoit une baisse de 5% de l'énergie récupérable. Cette diminution est induite par la diminution de la consommation en eau qui s'avère être plus importante que la croissance démographique estimée. En 2030, le potentiel de la chaleur fatale issue des réseaux d'eaux usées est de 16.97 GWh.

5.1.4.3 Data centers

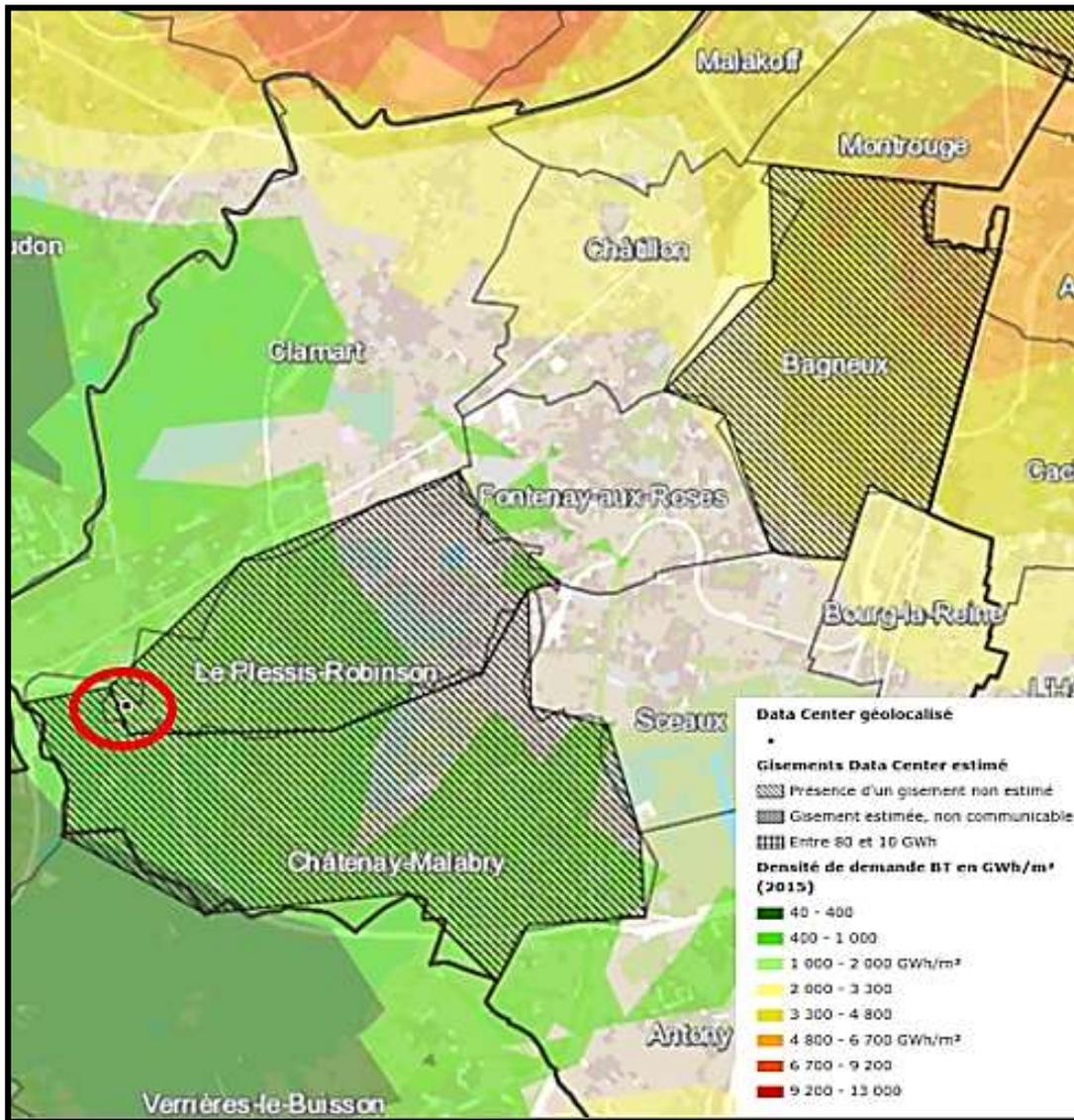
Les Data Centers sont des sites physiques qui hébergent les systèmes nécessaires au fonctionnement d'applications informatiques. Ils permettent de stocker et de traiter des données et sont constitués de composants informatiques (comme les serveurs et les éléments de stockage) et d'éléments non informatiques (comme les systèmes de refroidissement aussi appelés groupes froid). Abritant ainsi une forte densité d'équipements informatiques, leur demande est constituée à la fois d'électricité, mais surtout d'évacuation de la chaleur.

³² ADEME, Étude des potentiels de production et de valorisation de chaleur fatale en Île-de-France, synthèse externe, septembre 2015

A l'échelle nationale, c'est l'Ile-de-France qui concentre le plus grand nombre de data centers.

Sur la Grand Métropole du Grand Paris, la localisation des Data Centers est concentrée sur le cœur de la métropole et particulièrement sur sa partie nord : Paris intra-muros, le secteur de la Défense, ses communes limitrophes et, le territoire de Plaine Commune, première concentration européenne en data centers.

Sur le département des Hauts de Seine, on recense environ 10 Data Centers³³.



Carte 14 : Recensement des Data Centers sur le territoire de Vallée Sud - Grand Paris et de la demande en basse température (Source : ROSE, 2015)

³³ Source : Schéma Directeur des réseaux de chaleur du Département des Hauts-de-Seine, décembre 2017, SIPP/REC/Conseil départemental 92/Région Ile-de-France/DRIEE/ADEME

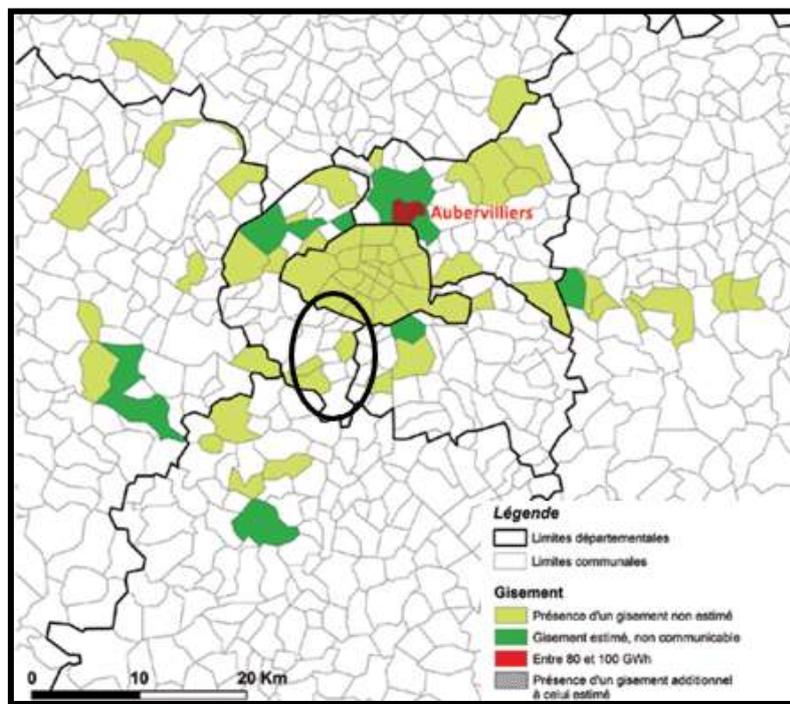
Un Data Center est géolocalisé au sud de la commune du Plessis-Robinson. En revanche, le gisement est non estimé et ne fait pas d'objet d'une valorisation énergétique.

Le potentiel de récupération de chaleur sur les installations de Data Center est évalué en 2015, à 490 GWh/an de chaleur en Ile-de-France³⁴.

A titre d'exemple, le projet de Data Center Val d'Europe (Seine et Marne) alimentera le réseau de chauffage urbain à hauteur de 600 000 m² de bureaux et d'évitera l'émission de 5 400 tonnes de CO_{2eq} par an.

La chaleur fatale d'un Data Center est généralement dégagée par les équipements de production de froid³⁵. La température attendue est de l'ordre de 40-50°C, soit une ressource dite "basse température". La température sera ensuite relevée grâce à des pompes à chaleur (jusqu'à 65°C).

Vallée Sud - Grand Paris possède des gisements non estimés sur les communes du Plessis-Robinson, de Châtenay-Malabry et de Bagneux.



Carte 15 : Potentiel de récupération d'énergie sur les data centers de Vallée Sud - Grand Paris (Source : ADEME, Étude des potentiels de production et de valorisation de chaleur fatale en Île-de-France, 2015)

³⁴ Etude des potentiels de production et de valorisation de chaleur fatale, Synthèse, Ademe, Mai 2017

³⁵ Source : Schéma Directeur des réseaux de chaleur du Département des Hauts-de-Seine, décembre 2017, SIPP/REC/Conseil départemental 92/Région Ile-de-France/DRIEE/ADEME

5.1.5 Autres

5.1.5.1 Valorisation énergétique des déchets

En 2017, 99 995 tonnes de déchets ménagers et assimilés provenant de Vallée Sud - Grand Paris, ont été incinérées et ont été valorisés énergétiquement. Ce tonnage comprend les déchets collectés dans les différents bacs.

La combustion des déchets est réalisée pour une partie (Bagneux, Châtillon, Clamart, Fontenay-aux-Roses, Malakoff) dans l'usine d'incinération des déchets ISSEANE à Issy-les-Moulineaux, qui permet d'alimenter en partie le réseau de chauffage urbain de la Compagnie Parisienne de Chauffage Urbain (CPCU). Cette usine d'incinération récupère les déchets ménagers des communes adhérentes au SYCTOM et pas seulement ceux du territoire de Vallée Sud - Grand Paris.

Les déchets des communes d'Antony, de Bourg-la-Reine, de Châtenay-Malabry, du Plessis-Robinson et de Sceaux sont incinérés à l'usine d'incinération des déchets de la zone industrielle de la Bonde à Massy et permettent ainsi d'alimenter le réseau de chaleur ENORIS présent sur les communes de Massy et d'Antony. L'usine d'incinération de Massy récupère les déchets d'une partie des communes de Vallée Sud - Grand Paris mais également ceux d'une partie de Paris-Saclay.

Le réseau d'ENORIS alimente près de 23 000 logements pour une production d'énergie par an de 205 GWh, son bouquet énergétique, composé jusqu'à présent de chaleur majoritairement produite à partir de :

- La valorisation énergétique des déchets ménagers, qui représente 47% des énergies utilisées contre 41% jusqu'alors, avec 87 000 tonnes de déchets traitées annuellement.
- La valorisation du bois « fin de vie » à hauteur de 21%

Cependant, aucune valorisation énergétique des déchets est réalisée directement sur le territoire de Vallée Sud - Grand Paris.

A ce jour, il n'existe pas de valorisation énergétique des biodéchets sur le territoire de Vallée Sud - Grand Paris (la valorisation énergétique des ordures ménagères se fait hors du territoire, cf. partie 3 du diagnostic). **D'après l'étude réalisée par l'ADEME et GRDF, le méthane pouvant être valorisé dans un réseau de chaleur grâce aux déchets des habitants des communes du territoire de Vallée Sud - Grand Paris est estimé à 49.94 GWh/an**

5.1.5.2 Valorisation des déchets végétaux et compostage

En 2017, 9 300 tonnes de déchets verts ont été compostés dans l'ensemble des communes de Vallée Sud - Grand Paris.

En 2019, 5739 composteurs et 905 lombricomposteurs ont été distribués aux habitants du territoire (soit respectivement **16 % des logements individuels et 0,4% des logements collectifs**), permettant de détourner de la collecte des ordures ménagères 838 tonnes par an de déchets. Les particuliers valorisent ainsi leurs biodéchets en compost pour une utilisation dans leurs jardins, jardinières, ... tant au niveau des maisons individuelles que des logements collectifs avec le compostage en pied d'immeuble.

Les autres déchets végétaux (tontes, feuilles, ...) amenés en déchetterie par les habitants sont compostés sur une plateforme de compostage.

5.2 Bilan de la production et du potentiel des énergies renouvelables

Le tableau ci-dessous présente l'état actuel et le potentiel des énergies renouvelables identifié :

Filières	Etat actuel (GWh/an)	Potentiel (GWh/an)
Solaire PV	0.79	191
Cogénération électricité	15	/
Géothermie (réseau de chaleur)	148.4	362.8
Solaire thermique	0.7	158
Biomasse	1.9	/
Chaleur fatale	/	43.54
Valorisation des déchets (chaleur)	/	49.94
TOTAL	166.79	805.28

Le potentiel des énergies renouvelables identifié permettrait de couvrir 10.6% de la consommation actuelle du territoire.

CONCLUSION

Sur le territoire de Vallée Sud – Grand Paris, 167 GWh d'énergie renouvelable ont été générés en 2014 ce qui représente environ 2.2% des consommations.

La production d'énergie renouvelable pour les besoins en électricité et chaleur constitue un élément clé pour le territoire de Vallée Sud – Grand Paris. Cette énergie permet, à ce jour, de fournir 0,8% des consommations énergétiques.

En 2016, il existe sur le territoire :

- 245 installations photovoltaïques situées principalement sur la commune de Clamart dont 4 supérieures à 36 kVA.
- 72 installations solaire-thermique situées principalement sur les communes d'Antony et de Clamart
- 1 chaufferie biomasse à Fontenay-aux-Roses
- 3 installations de cogénération
- 2 installations de géothermie basse énergie au Plessis-Robinson (TECNI et ZIPEC)
- 1 installation de géothermie basse énergie à Bagneux « réseau BAGEOPS ».
- 1 réseau de chaleur « ENORIS » situé entre les communes de Massy et Antony alimenté à partir de la valorisation des déchets ménagers et de la combustion de plaquettes forestières.

Toutes les communes du territoire possèdent des sources de production renouvelable (solaire photovoltaïque et/ou thermique et géothermie). En particulier, la géothermie, la chaleur fatale et le photovoltaïque sont des leviers clés pour développer les énergies renouvelables sur le territoire.

Une grande partie du territoire présente un potentiel favorable pour le développement de la géothermie, notamment sur les communes d'Antony, Sceaux, Fontenay-aux-Roses et Bagneux

Sur le territoire, le gisement solaire, notamment en toiture, pourrait assurer une production locale d'électricité et de chaleur du 349 GWh, soit 191 GWh/an pour le solaire photovoltaïque, et 158 GWh/an pour le solaire thermique.

Le potentiel bois énergie est important sur le territoire mais il doit prendre en compte l'aspect transport de matières premières pour conserver ses vertus écologiques.

La valorisation de l'énergie dans les réseaux d'assainissement est un potentiel existant mais pas exploité à l'heure actuelle.

5.3 Bilan des consommations et de production d'énergie

La figure ci-dessous représente le bilan de la production d'énergie renouvelable et de récupération (sous forme électrique, et de chaleur) et de la consommation d'énergie totale de Vallée Sud - Grand Paris.



Figure 51: Balance énergétique du territoire de Vallée Sud - Grand Paris – (Source Alterea)

Sur le territoire de Vallée Sud - Grand Paris, 98% de l'énergie consommée est importée contre 2.2% produite localement.

La production d'énergie est principalement réalisée sur les communes de Bagneux et Plessis-Robinson. En effet, leurs installations géothermiques fournissent 148,4 GWh/an. La production d'énergie grâce à la géothermie correspond à 88% de la production totale d'énergie renouvelable et de récupération du territoire de Vallée Sud - Grand Paris.

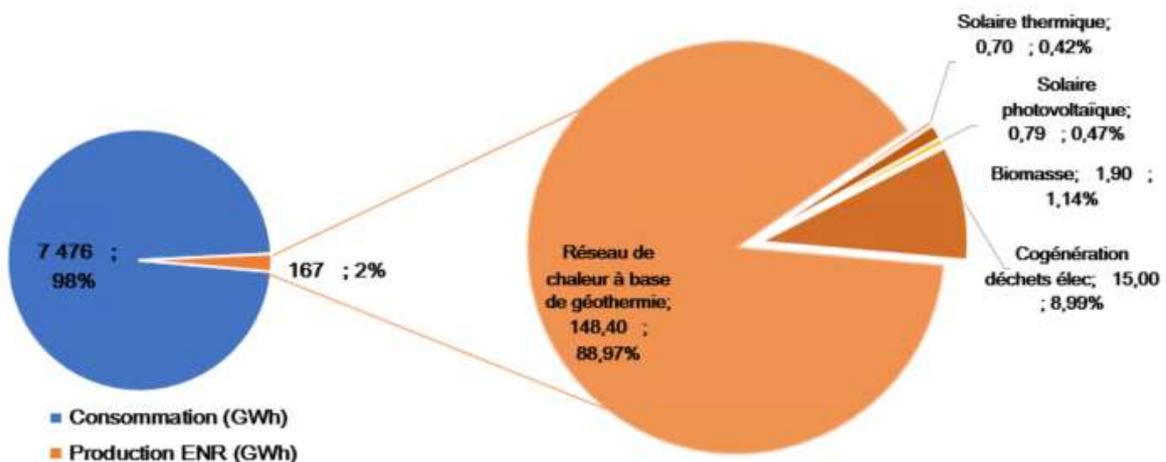


Figure 52 : Consommation et production d'énergie sur le territoire de Vallée Sud - Grand Paris (2014-2015)

5.4 La facture énergétique du territoire de Vallée Sud - Grand Paris

La facture énergétique constitue un outil clé de réflexion permettant d'évaluer les flux financiers liés à la consommation d'énergie, principalement importée sur un territoire, et à la production d'énergie renouvelable (solaire, géothermie, bois-énergie, etc.) locale. Cette double comptabilisation permet de faire une « balance économique énergétique » qui a comme objectif d'estimer la facture énergétique nette du territoire.

La **facture énergétique nette du territoire**, c'est-à-dire la **différence entre sa consommation d'énergie et sa production propre en énergies renouvelables**, s'élève à **990 millions d'euros par an**.

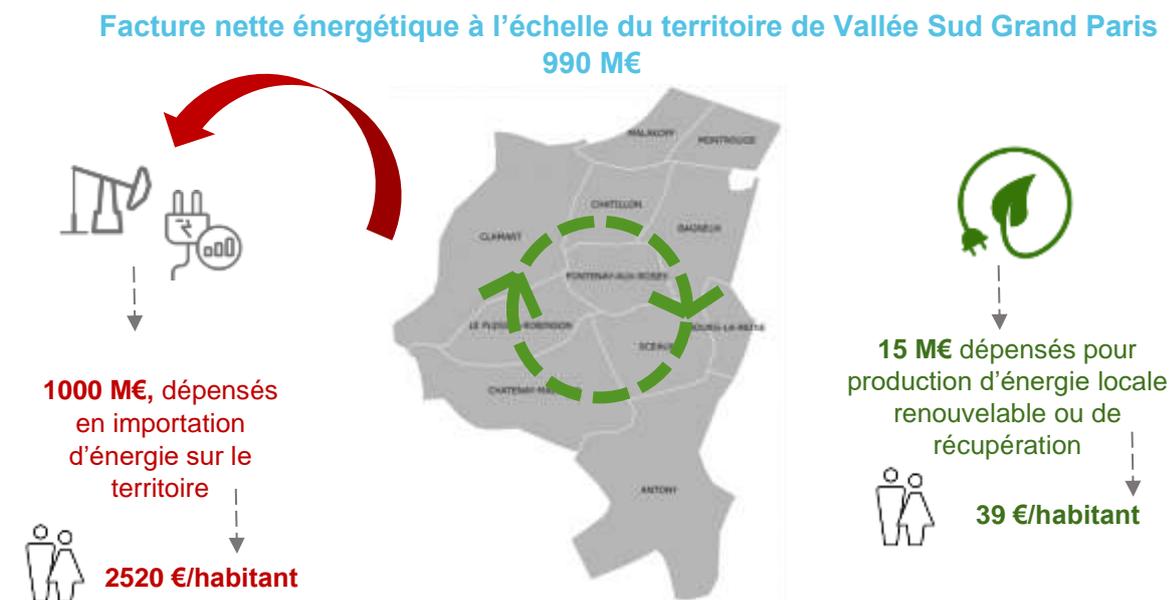


Figure 53 : Facture énergétique du territoire de Vallée Sud - Grand Paris

Les dépenses associées à la consommation d'énergie s'élèvent donc à 1 000 millions d'euros par an. Rapportée au nombre d'habitants, la facture énergétique nette de Vallée Sud - Grand Paris est de 1 852 €/habitant. La production locale d'énergie renouvelable permet d'éviter de dépenser 15 millions d'euros par an en énergie importée soit 39 € par an et par habitant du territoire.

CONCLUSION

Le montant global de la facture énergétique sur le territoire de Vallée Sud – Grand Paris s'élève à **990M€** en 2016.

98% de l'énergie consommée sur le territoire est importée, ce sont donc au total 1 000 M€ qui sortent du territoire chaque année (consommations énergétiques en 2015). Rapportée au nombre d'habitants, la facture énergétique nette est de 2 520 €/an.

2.2% de l'énergie consommée sur le territoire est produite localement (énergie renouvelable ou de récupération), ce qui permet de « conserver » sur le territoire 15 M€ chaque année (production d'énergie en 2016). La production d'énergie apporte un gain par habitant de 39 €/an.

La dépendance du territoire au coût des énergies fossiles, notamment pour le transport aura un impact économique très important avec l'évolution du prix de l'énergie. C'est un élément important à prendre en compte dans la définition de la stratégie future du territoire.

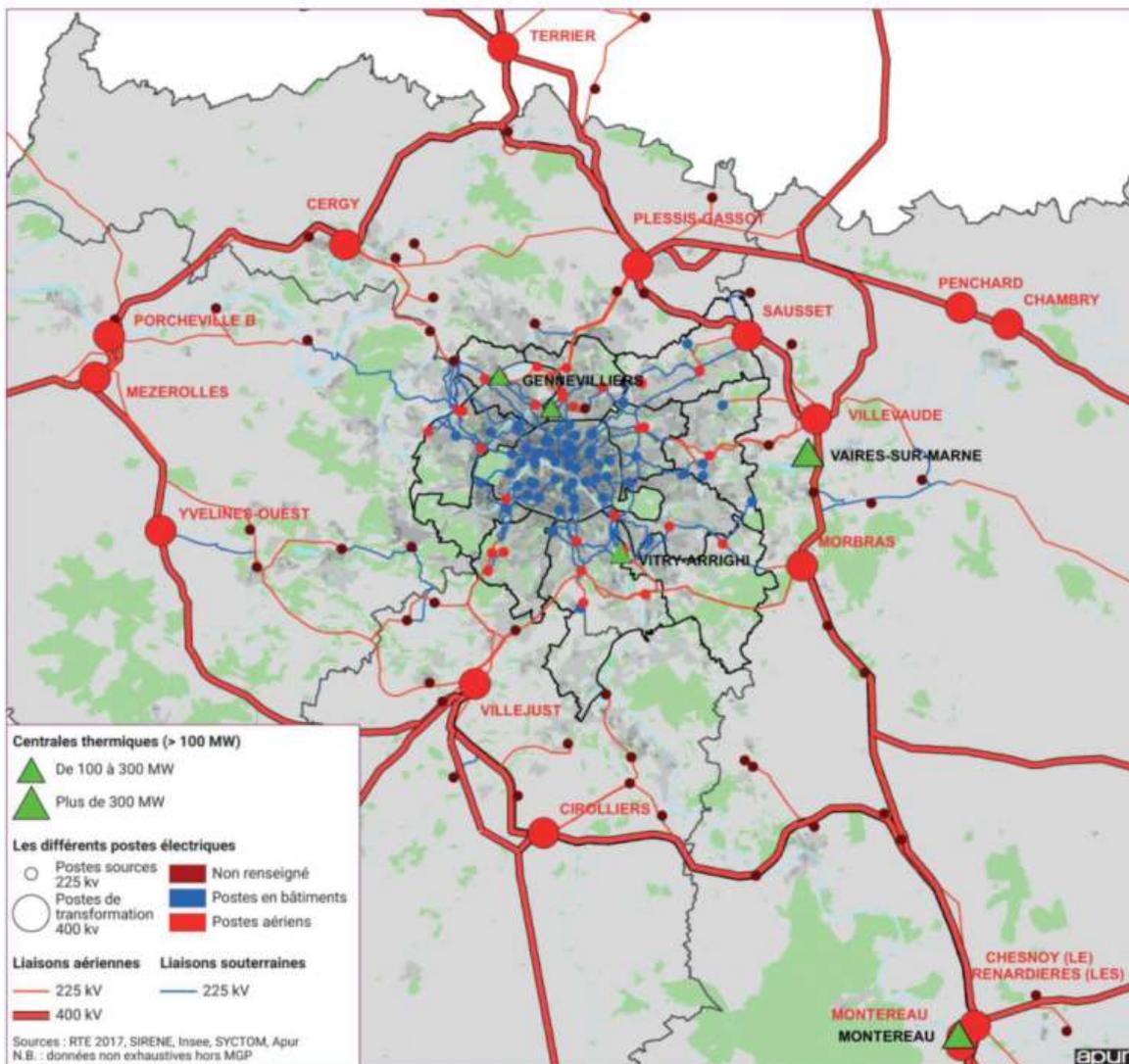
La prise en compte des enjeux économiques liés à la problématique énergie et effet de serre est donc nécessaire dans les décisions futures de l'EPT Vallée Sud – Grand Paris afin d'assurer un fonctionnement optimal du territoire.

6 PRESENTATION DES RESEAUX DE DISTRIBUTION ET DE TRANSPORT D'ELECTRICITE, DE GAZ ET DE CHALEUR

D'après l'arrêté du 4 août 2016 sur les PCAET, le diagnostic PCAET comprend la présentation des réseaux de distribution et de transport d'électricité, de gaz et de chaleur, des enjeux de la distribution d'énergie sur les territoires qu'ils desservent et une analyse des options de développement de ces réseaux

6.1 Etat des lieux des réseaux

6.1.1 Réseau électrique



Carte 16 : Présentation des réseaux électriques sur le territoire de la MGP (Source : Diagnostic du PCAEM – APUR)

L'électricité consommée par la Métropole du Grand Paris est à plus de 80 % d'origine nucléaire : elle provient principalement de six centrales qui alimentent le territoire métropolitain selon un découpage nord-ouest (Paluel et Penly), est (Nogent, Dampierre et Paluel) et sud-ouest (Belleville, Dampierre et St-Laurent).

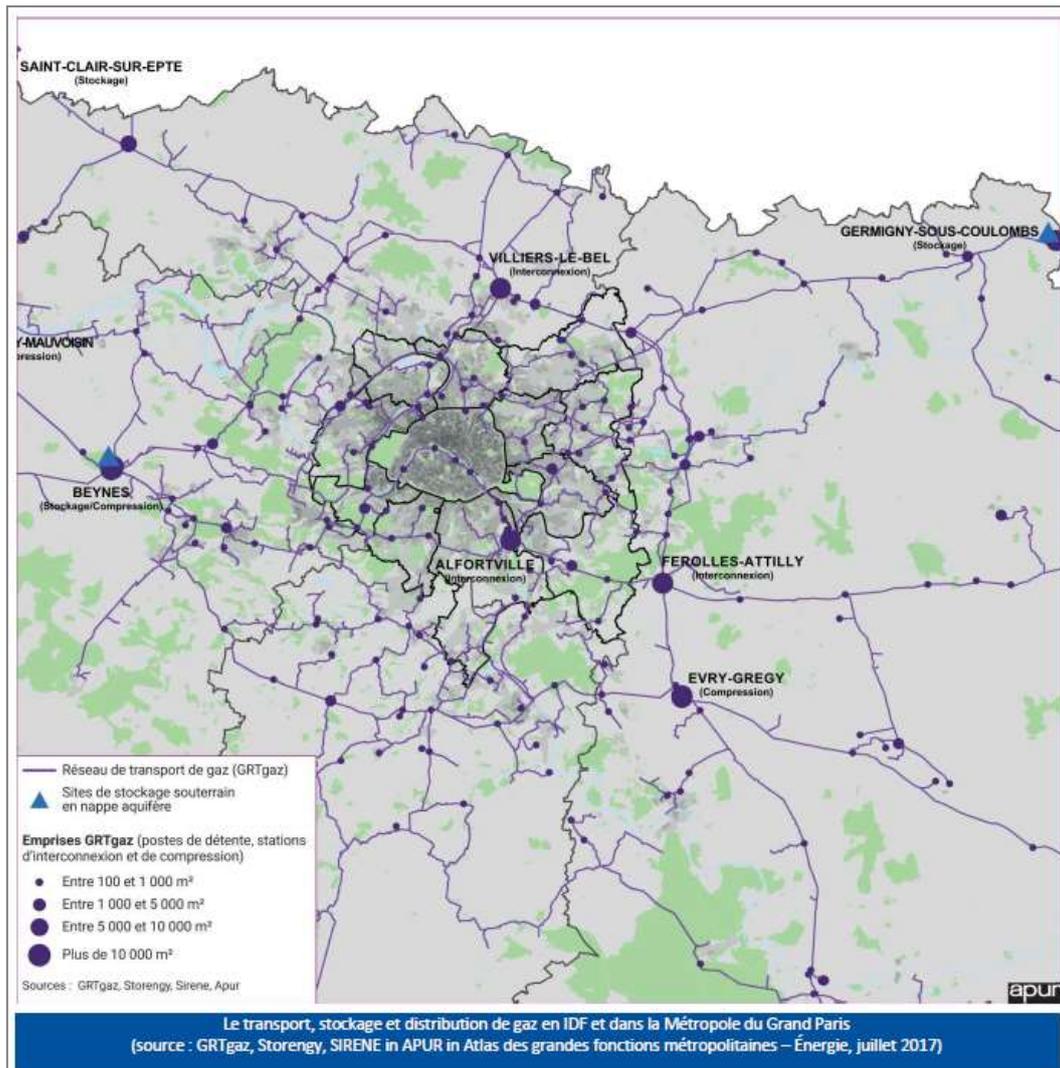
Le réseau de transport électrique, géré par Réseau de Transport d'Électricité (RTE), est composé d'un ensemble de lignes à très haute tension aériennes ou souterraines (225 kV et 400 kV). Ce réseau est essentiel au regard de la forte dépendance électrique de la Métropole vis-à-vis des régions voisines (plus de 95% de l'électricité produite en dehors du territoire métropolitain).

Les enjeux identifiés par la MGP concernant les réseaux électriques sont les suivants :

- Une forte dépendance énergétique du territoire métropolitain avec 95% de l'électricité importée.
- De nouveaux usages de l'électricité pour la mobilité, les data centers, les besoins en refroidissement croissant (en lien avec l'évolution des températures et l'effet d'îlot de chaleur urbain) et de nouveaux besoins (500 secteurs de projets d'aménagement sur la Métropole).
- L'intégration des énergies renouvelables et de récupération.

L'Ile-de-France affiche un taux de disponibilité de l'électricité distribuée de 99,9%, parmi les meilleurs au monde pour les agglomérations comparables. Dans la configuration actuelle, la structure robuste du réseau et les renforcements effectués permettent d'assurer la sécurité d'approvisionnement du territoire. Toutefois, la demande en électricité est en croissance régulière de +2% par an, à un rythme plus rapide que dans les autres régions. Chaque année, la puissance appelée augmente de 300 MW en moyenne, à l'échelle régionale. (Source : diagnostic du PCAEM).

6.1.2 Réseau de gaz



Carte 17 : Présentation du réseau de transport et de stockage de gaz naturel sur la Région Ile-de-France
 (Source : Diagnostic du PCAEM 2017)

Sur le territoire francilien, l'infrastructure gazière se compose³⁶ :

- D'un réseau de transport haute pression (GRTgaz), qui achemine le gaz depuis les terminaux méthaniers et les interconnexions terrestres avec les pays adjacents,
- Du réseau de distribution basse pression, géré par Gaz Réseau Distribution France (GRDF),
- De quatre sites de stockage (Storengy), qui représentent une capacité de stockage de près de 40 TWh, soit près de 55% de la consommation annuelle de gaz de la Région ou encore la totalité de la consommation de la Métropole.

Les enjeux identifiés par la MGP concernant les réseaux de gaz sont les suivants :

- D'importantes réserves de capacité (possibilité de stockage, production d'électricité).

³⁶ Source : Diagnostic PCAEM

- Verdissement important annoncé à l'horizon 2050 : méthanisation des bio-déchets (ménages, restauration, déchets verts, commerces et marchés), valorisation des boues d'épuration.
- Essor de la mobilité gaz.

6.1.3 Réseau de chaleur

A l'échelle du Département de Hauts-de-Seine, il existe en 2017, 19 réseaux de chaleur et 5 réseaux de froid. Le territoire de Vallée Sud - Grand Paris, seul, possède 4 réseaux de chaleur mais ne possède aucun réseau de froid³⁷. Au 1er janvier 2017, les énergies renouvelables et de récupération (EnR&R) représentent environ 30% des livraisons de chaleur assurées par les réseaux de chauffage urbain des Hauts-de-Seine.

Les réseaux de chaleur présents sont :

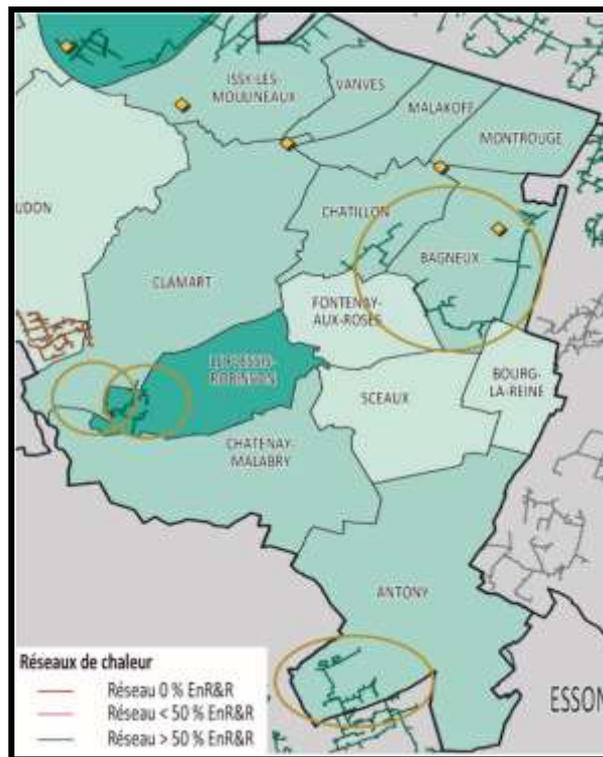
- TECNI – Le Plessis-Robinson (logements sociaux)
- ZIPEC – Le Plessis-Robinson (zone d'activités Noveos)
- BAGEOPS – Bagneux et Châtillon
- ENORIS – Antony

Les réseaux de permettent de mobiliser massivement certaines ressources locales d'énergies renouvelables et de récupération (EnR&R) comme la géothermie profonde, la biomasse ou encore la chaleur fatale issue de la valorisation énergétique des déchets.

Les réseaux de chaleur de Vallée Sud - Grand Paris ont tous un taux d'EnR&R de plus de 50%.

La carte ci-contre présente les réseaux de chaleur de Vallée Sud - Grand Paris et le pourcentage approximatif d'ENR de chaque réseau.

³⁷ Schéma Directeur des réseaux de chaleur du Département des Hauts-de-Seine, décembre 2017, SIPPAREC/Conseil départemental 92/Région Ile-de-France/DRIEE/ADEME



Carte 18 : Récapitulatif des réseaux de chaleur de Vallée Sud - Grand Paris alimentés par sources renouvelables (Source : Association des Maires de Hauts-de-Seine)

L'ancien réseau de chauffage urbain au gaz (Cocharec) de la commune de Châtillon a été remplacé, en 2015, par 3 kilomètres de réseau entre Châtillon et Bagneux ; afin de raccorder près de 1 300 équivalents logement au réseau de chaleur BAGEOPS.

Le réseau de chaleur BAGEOPS, permettant de raccorder les communes de Bagneux et de Châtillon, il est alimenté à 66% par de la géothermie basse température (évitant l'émission de plus de 15 000 tonnes de CO₂ chaque année), les deux pompes à chaleur apportent chauffage et ECS aux logements de la zone. Cela représente environ 11 000 équivalents logements raccordés au réseau. Le réseau de chaleur de Bagneux incorpore donc parfaitement les ressources locales disponibles, notamment grâce à la géothermie. Ce réseau représente ainsi un taux d'énergie renouvelable de plus de 60%.

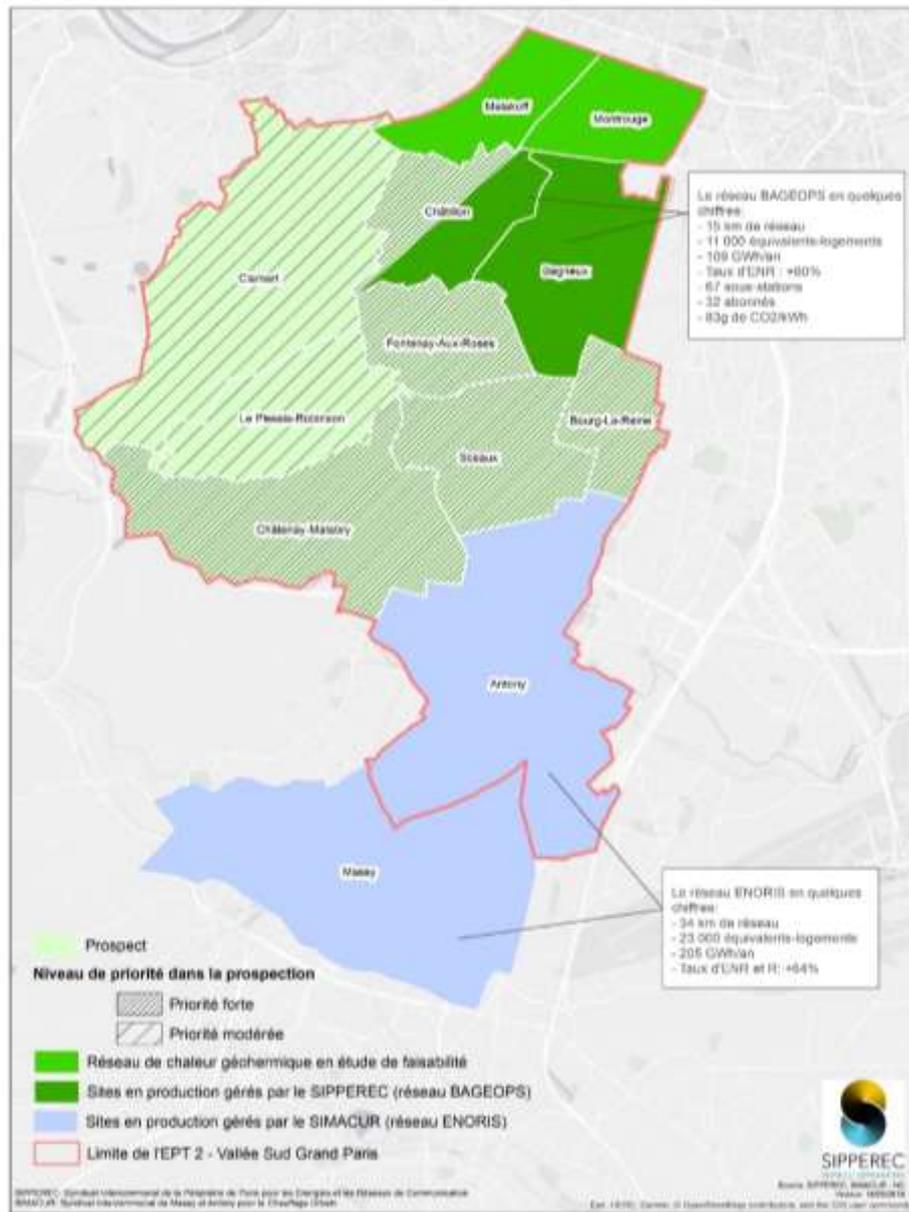
Les réseaux de chaleur du Plessis-Robinson sont alimentés à 54% par de la géothermie basse température. Les 39,6 GWh/an (Tecni) et les 17,5 GWh/an (Zipec/Noveos, exploité par ENGIE) vendus des deux réseaux de chaleur sont répartis entre chauffage et ECS. Le réseau de chaleur Tecni permet de raccorder au réseau environ 3 500 équivalents logements et permet d'éviter les émissions de 6 000 tonnes de CO₂.

Le réseau de chaleur d'ENORIS alimenté grâce à des énergies locales, renouvelables et de récupération (valorisations des déchets et du bois usé), long de 34 km, est un des plus grands réseaux nationaux de France. Il a une production de 205 GWh/an.

Hors le réseau ENORIS (distribué essentiellement sur Massy), la production de chaleur sur le territoire est de 166 GWh, dont la majorité est produite à partir de la géothermie.

La carte ci-contre présente l'état d'avancement des projets de géothermie sur le territoire de Vallée Sud - Grand Paris.

Etat d'avancement des projets de géothermie dans l'EPT 2 - Vallée Sud Grand Paris



Carte 19 : Etat d'avancement des projets de géothermie sur le territoire de Vallée Sud - Grand Paris (Source : SIPPAREC, 2016)

CONCLUSION

Le territoire de Vallée Sud – Grand Paris possède 4 réseaux de chaleur.

Les réseaux de chaleur de Bagneux (Bagéops) et du Plessis-Robinson possèdent un mix composé respectivement de 60%, et 54% des énergies renouvelables, grâce à l'énergie apportée par la géothermie.

Les réseaux de chaleur ont des atouts importants dans la faculté de mobiliser massivement certaines ressources locales d'énergies renouvelables et de récupération (EnR&R) comme la géothermie profonde, la biomasse ou encore la chaleur fatale issue de la valorisation énergétique des déchets, ou d'autres processus industriels.

Le développement des réseaux de chaleur est en effet le seul moyen de mobiliser massivement d'importants gisements d'énergies renouvelables. La Métropole du Grand Paris entend d'ici 2050, assurer à 100% l'alimentation des réseaux chaleur par des énergies renouvelables et de récupération.

Le développement des nouvelles technologies offre donc des opportunités d'optimisation à l'échelle locale, comme le montre un certain nombre d'initiatives : (développement des réseaux de chaleur sur des écoquartiers, par exemple).

6.2 Potentiel de développement des réseaux

6.2.1 Réseau électrique et gaz

Pour les réseaux électriques, RTE affiche sur son site d'internet les potentiels de raccordement définis comme la puissance supplémentaire maximale acceptable par le réseau sans nécessité de développement d'ouvrages, mais étant entendu que des effacements de production peuvent s'avérer nécessaires dans certaines circonstances.

D'après, le schéma régional de raccordement au réseau des énergies renouvelables (S3REnR), les postes RTE sur le territoire ont encore des potentiels de raccordement assez importants :

Commune	Tension (kV)	Potentiel de raccordement sur le poste (MW)
Châtillon (ERDF)	225	494
Plessis-Robinson (ERDF)	225	330

Tableau 12 : Potentiel de raccordement par commune du territoire de Vallée Sud - Grand Paris (Source : RTE, Schéma régional de raccordement au réseau des énergies renouvelables de la région Ile-De-France)

Le PCAEM annonce un verdissement du réseau national de gaz naturel. En effet, le scénario énergie-climat de l'ADEME à 2030-2050 prévoit différents scénarios d'évolution de la part renouvelable du réseau gazier (25 à 40% d'EnR dans le réseau gaz à 2050), notamment grâce à la gazéification de la biomasse, et à l'injection du biogaz issu de la méthanisation des bio-déchets ainsi que de l'hydrogène résultant de la transformation de la surproduction d'électricité renouvelable.

Par ailleurs, le réseau de distribution de gaz de la Métropole du Grand Paris dispose d'importantes réserves de capacité, réserves qui pourraient augmenter avec la diminution des besoins de chauffage liée à la rénovation thermique des bâtiments.

Le réseau gazier métropolitain, pourrait donc évoluer pour devenir un système de stockage et de distribution des énergies renouvelables produites localement ou à l'échelle nationale.

6.2.2 Réseau de chaleur

Le développement du chauffage urbain constitue un des objectifs prioritaires et stratégiques du SRCAE, car il permettrait de valoriser à grande échelle les énergies renouvelables et de récupération sur les territoires. En effet, compte tenu de la forte densité de population en Île-de-France, les réseaux de chaleur ont un rôle fondamental à jouer dans le développement des énergies renouvelables au niveau local.

L'objectif de la Loi de Transition écologique pour la Croissance Verte (LTECV) d'août 2015, concernant les réseaux de chaleur, est de multiplier par cinq la quantité de chaleur et de froid renouvelables et de récupération livrée par les réseaux de chaleur et de froid à l'horizon 2030.

Le SRCAE a fixé les objectifs à atteindre pour les réseaux de chaleur dans l'optique d'atteindre les objectifs du « 3x20 » à l'horizon 2020 et du « facteur 4 » à l'horizon 2050. Afin de dessiner les objectifs déclinés pour le Département des Hauts-de-Seine, les principaux objectifs régionaux suivants sont à retenir :

- Nombre de raccordements aux réseaux de chaleur × 1,4
- Part des EnR&R en 2020 : 51%
- Part des EnR&R en 2050 : 91%

L'APUR a estimé le potentiel de développement des réseaux de chaleur. Cette étude s'intéresse au nombre équivalent logements qui pourrait être raccordé.

Trois cas sont étudiés : la densification, l'extension, et la création des réseaux. La densification concerne le raccordement des logements situés à moins de 200 m d'un réseau de chaleur.

L'extension consiste à raccorder des logements compris entre 200 et 1000 m du réseau existant. Quant à la création, elle est pertinente dans des zones présentant une forte consommation d'énergie situées à plus de 1000 m d'un réseau existant.

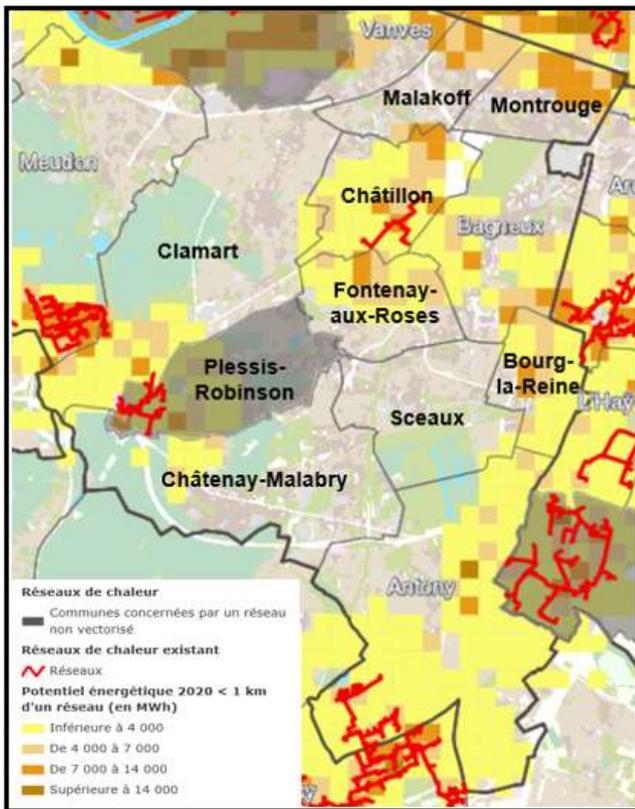
Commune	Nombre équivalents logements raccordés en 2010 (estimation)	Potentiel de développement (nb équivalents logements)		
		Densification	Extension	Création
Antony	2 926	720	2 708	2 687
Bagneux	2 193	1 108	4 843	1 236
Bourg-la-Reine	187	623	2 170	0
Châtenay-Malabry	1 377	144	1 077	3 810
Châtillon	1 264	1 996	2 620	0
Clamart	1 861	1 496	2 421	1 777
Fontenay-aux-Roses	980	1 508	2 243	2 078
Le Plessis-Robinson	2 009	366	959	682
Malakoff	2 017	0	2 126	1 739
Montrouge	1 158	0	4 377	2 892
Sceaux	444	0	1 244	2 359
Total	16 416	7 961	26 788	19 260

Tableau 13 : Potentiel de raccordement des réseaux de chaleur sur le territoire de Vallée Sud - Grand Paris
 (Source : APUR, étude Paris 2050 Air Energie Climat)

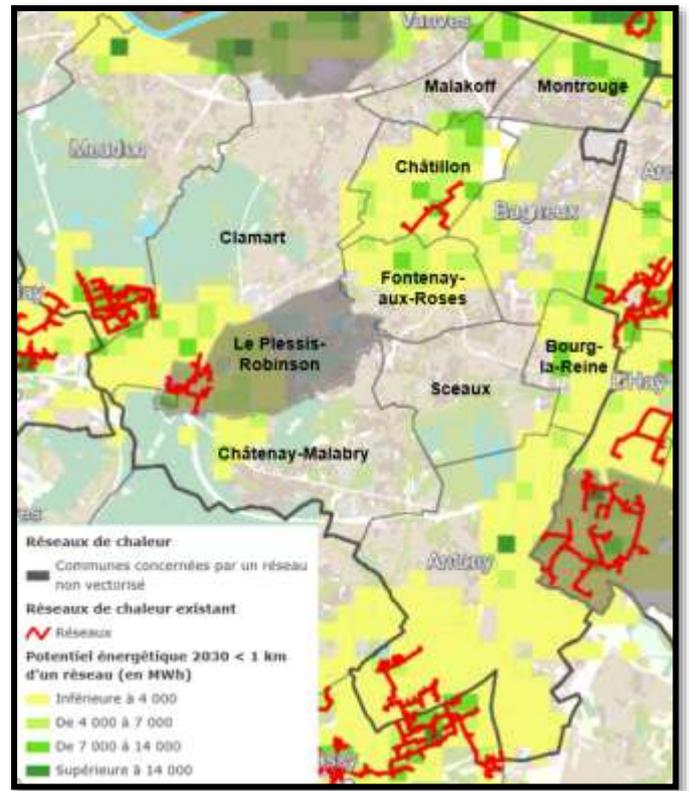
Les deux cartes présentées en page suivante, présentent les potentiels de développement des réseaux de chaleur aux horizons 2020 et 2030.

Elles permettent de visualiser les secteurs proches des réseaux (à moins de 1 km) dans lesquels les consommations de chauffage peuvent être satisfaites par un réseau de chaleur. Les consommations prises en compte sont celles correspondant au chauffage collectif, hors électricité.

Note : les cartes fournies par ENERGIF ne présentent pas le réseau de chaleur de BAGEOPS



Carte 20 : Potentiel énergétique à 2020 pour le développement des réseaux de chaleur – zones situées à moins d'1 km d'un réseau de chaleur (Source : ENERGIF, 2014)



Carte 21 : Potentiel énergétique à 2030 pour le développement des réseaux de chaleur – zones situées à moins d'1 km d'un réseau de chaleur (Source : ENERGIF, 2014)

Comme évoqué précédemment, ces deux cartes démontrent que le territoire Vallée Sud - Grand Paris possède non seulement des réseaux de chaleur déjà bien en place, mais également un fort potentiel de développement pour alimenter d'autres quartiers alentours.

Les communes d'Antony et de Montrouge sont notamment concernées par des potentiels énergétiques pouvant être supérieurs à 14 GWh/an. Dans de moindres mesures, certaines zones de Châtillon, de Fontenay-aux-Roses, de Bourg-la-Reine, de Malakoff ou de Clamart ont également un potentiel énergétiquement important. Il reste, cependant, nécessaire de réaliser des études de faisabilité technique et économique afin d'évaluer la possibilité réelle d'étendre ces réseaux.

CONCLUSION

Le développement des réseaux est un objectif prioritaire pour la région, notamment dans l'optique d'exploiter pleinement les sources d'énergies renouvelables locales.

Les réseaux de chaleur existants ont un fort potentiel de développement, et profitent d'un contexte de densité de population (et donc énergétique) favorable.

Les communes d'Antony et de Montrouge sont notamment concernées par des zones ayant des potentiels énergétiques pouvant être supérieurs à 14 000 MWh.

Les collectivités locales détiennent la compétence et peuvent piloter la création, l'extension ou la densification d'un réseau de chaleur afin de créer un « patrimoine énergétique basé sur les énergies locales » du territoire. La solution « réseaux de chaleur alimentés par des énergies renouvelables et de récupération » peut faire partie des solutions étudiées par Vallée Sud – Grand Paris et ses communes.

Sur le plan environnemental, les réseaux de chaleur alimentés majoritairement par des énergies renouvelables permettent d'atteindre des niveaux d'émissions de CO₂ très faibles (50 à 100 gCO₂/kWh pour un réseau biomasse) comparativement à des réseaux alimentés par des énergies fossiles (supérieure à 200 gCO₂/kWh) (ADEME).

Pour la géothermie, les rejets en CO₂ sont 10 fois moins élevés que ceux d'une centrale au gaz naturel, par exemple.

Sur le plan économique, les réseaux alimentés par des énergies renouvelables offrent un service de livraison de chaleur compétitif et surtout stable sur le long terme.

7 LA QUALITE DE L'AIR SUR LE TERRITOIRE

La Loi de Transition Energétique pour la Croissance Verte du 17 août 2015 a introduit la qualité de l'air dans le plan climat. Ainsi, le plan d'actions doit inclure la lutte contre la pollution atmosphérique si le territoire est concerné par un Plan de Protection de l'Atmosphère (PPA). La Région Ile-de-France est concernée par un PPA, révisé en 2013, et à nouveau en cours de révision (PPA 2017-2020).

7.1 Bilan des émissions des polluants atmosphériques

La qualité de l'air est un enjeu particulièrement important pour les territoires urbains comme celui de Vallée Sud - Grand Paris.

7.1.1 Définitions

On appelle pollution atmosphérique la présence dans l'air ambiant de substances émises par les activités humaines (par exemple le trafic routier) ou issues de phénomènes naturels (par exemple les éruptions volcaniques) pouvant avoir des effets sur la santé humaine ou, plus généralement, sur l'environnement.

Il existe deux types de polluants atmosphériques :

- Les polluants primaires, directement issus des sources de pollution.
- Les polluants secondaires, issus de la transformation chimique des polluants primaires dans l'air.

Les effets des polluants sur la santé humaine sont variables en fonction :

- De leur taille : plus leur diamètre est faible plus ils pénètrent dans l'appareil respiratoire.
- De leur composition chimique.
- De la dose inhalée.
- De l'exposition spatiale et temporelle.
- De l'âge, de l'état de santé, du sexe et des habitudes des individus

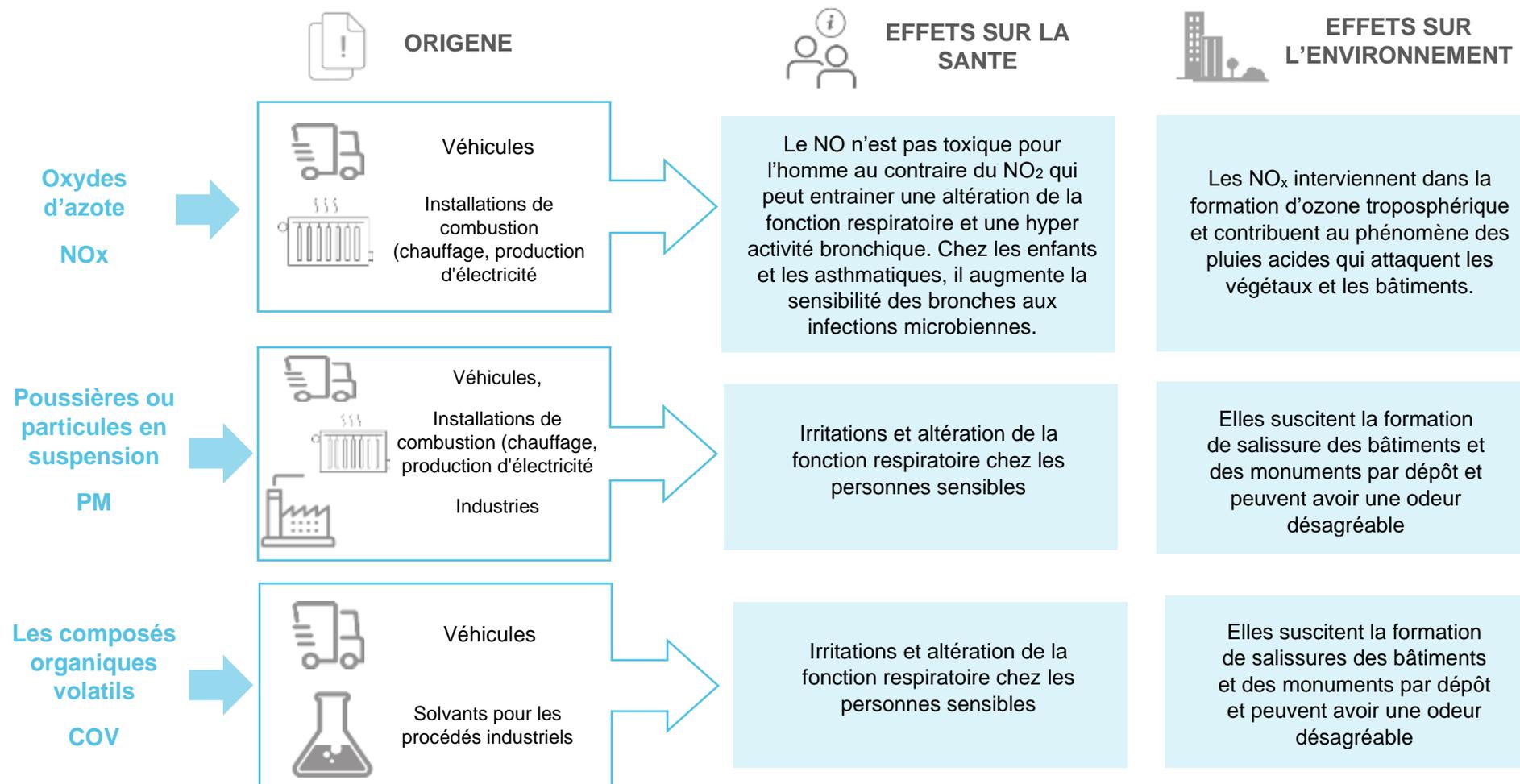
On distingue les effets immédiats (manifestations cliniques, fonctionnelles ou biologiques), et les effets à long terme (surmortalité, baisse de l'espérance de vie).

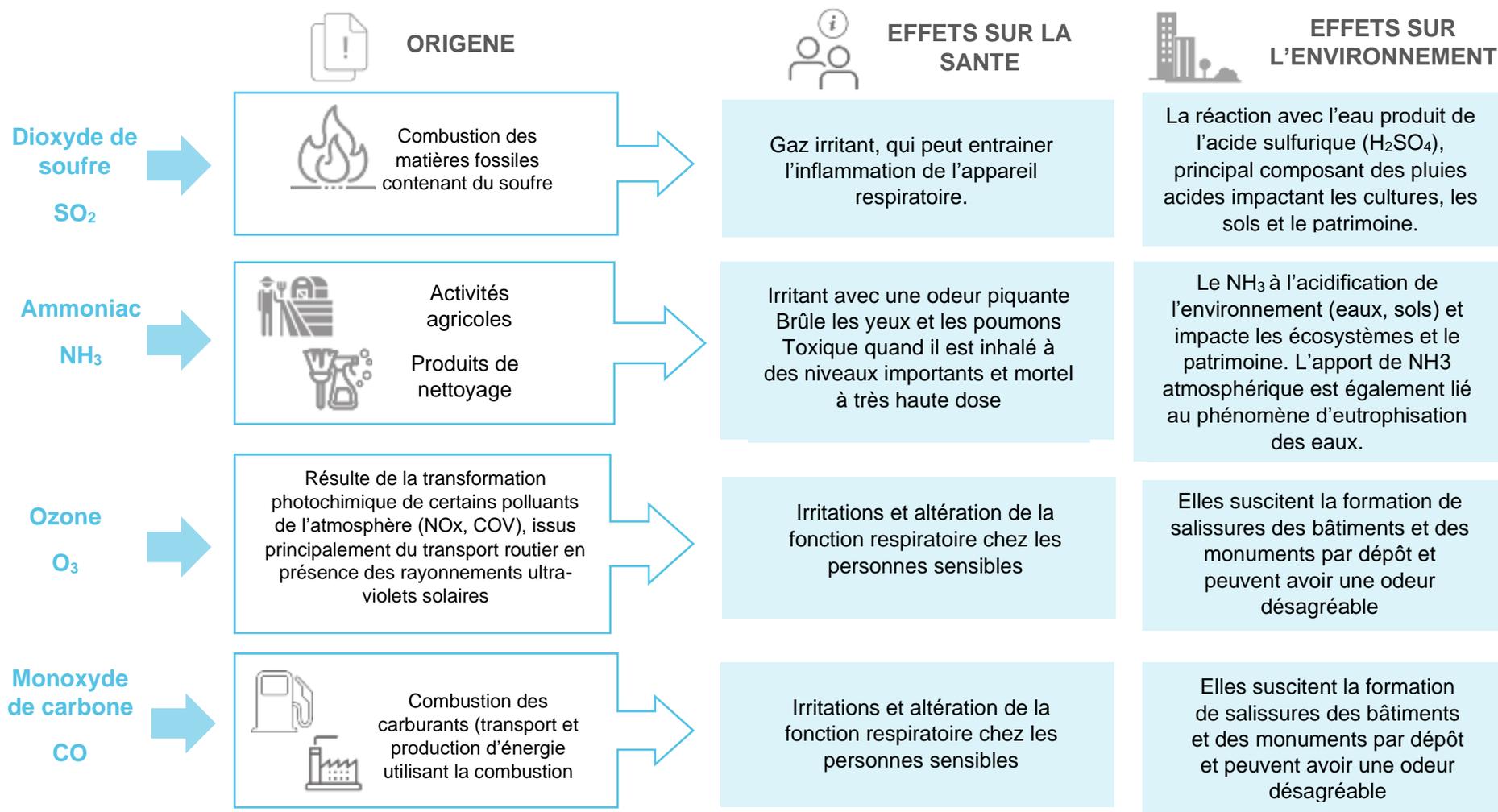
Selon une étude de Santé Publique France, 48 000 décès prématurés par an en France sont imputables à l'exposition des populations aux particules fines et aux dépassements des valeurs limites. La qualité de l'air, qui constitue donc une problématique majeure en termes de santé publique, est particulièrement impactée par les émissions de gaz et de poussières liées aux transports.

Les polluants atmosphériques ont également des effets néfastes sur l'environnement : environnement bâti (salissures par les particules), écosystèmes et cultures (acidification de l'air, contamination des sols).

Le tableau, en page suivant, présente les effets des polluants sur la santé et l'environnement :

▪ Synthèse des principaux polluants atmosphériques, leurs sources et leurs effets sur la santé, l'environnement et le patrimoine





Sources : ADEME, Organisation Mondiale de la Santé, Agence Européenne pour l'Environnement, AirParif.

7.1.2 Les émissions de polluants sur le territoire

Le tableau suivant présente les mesures de polluants du territoire de Vallée Sud - Grand Paris par commune en 2018.

Commune	NOx - t/an	SO ₂ - t/an	COVNM t/an	NH ₃ t/an	PM _{2.5} - t/an	PM ₁₀ - t/an	Total (Commune)
Antony	213,6	8,6	212,2	5,8	32	41,2	513,4
Bourg-la-Reine	41,3	2,8	55	1,3	7,5	10,4	118,3
Bagneux	82,6	16	107,1	2,4	11,6	16,6	236,3
Chatenay-Malabry	111,2	3	95,8	3	11,3	15,6	239,9
Chatillon	86,4	4,3	111,8	2,2	11,6	15,9	232,2
Clamart	150,3	36,6	200,8	4,8	24,4	31	447,9
Malakoff	72,6	3,5	89,1	1,8	10,8	15,6	193,4
Montrouge	84,1	5,9	165,5	1,6	9,7	14,2	281
Fontenay-aux-Roses	58,5	4,4	59,5	2,8	9,7	12,4	147,3
Le plessis-robinson	61,7	2,4	88,2	1,9	8,4	11,4	174
Sceaux	41,5	3,2	60,7	1,2	7	9,4	123
Total (Vallée Sud - Grand Paris)	1003,8	90,7	1245,7	28,8	144	193,7	

Tableau 14 : Emissions de polluants atmosphériques par secteur (Source AirParif – données 2018)

A l'échelle du territoire de Vallée Sud - Grand Paris, les principaux polluants sont les composés organiques volatils non méthaniques **l'oxyde d'azote** (45%) – COVNM (46%), suivis de l'oxyde d'azote (37%). Les particules (PM_{2.5} et PM₁₀) représentent 5% et 7% respectivement.

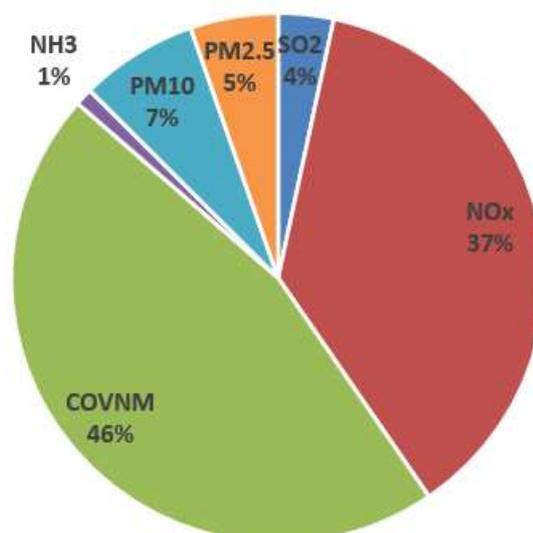


Figure 54 : Emissions de polluants du territoire de VALLÉE SUD - GRAND PARIS (AirParif : 2018)

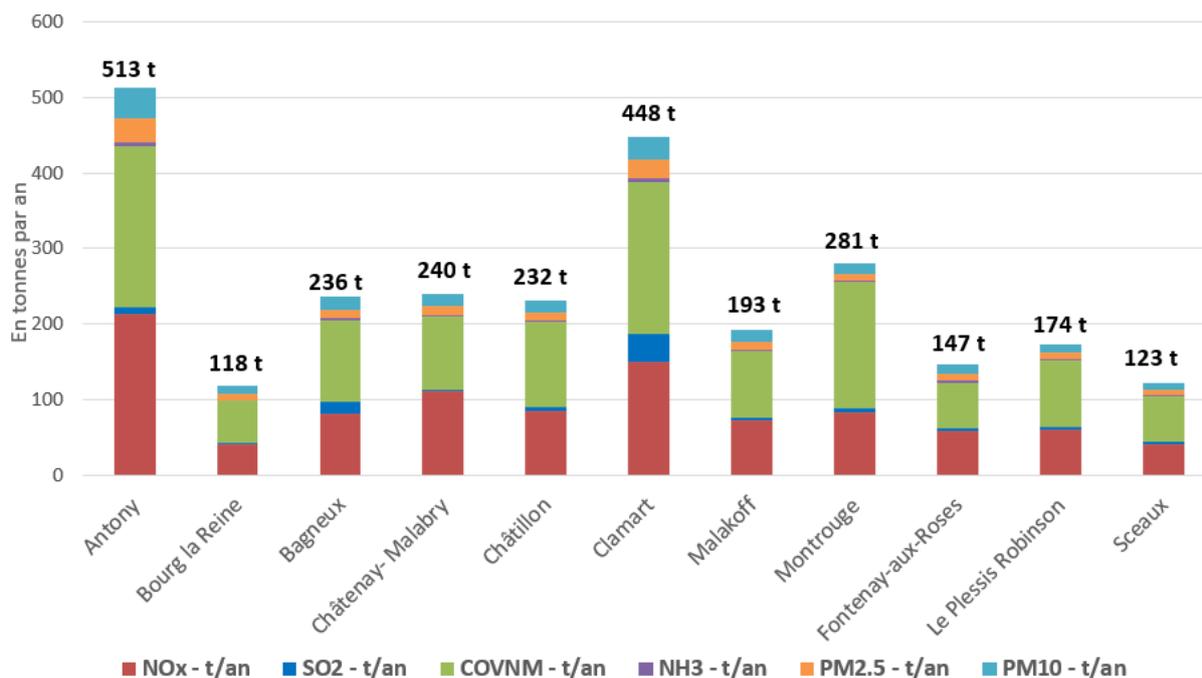


Figure 55 : Emissions de polluants par commune du territoire de Vallée Sud - Grand Paris en t/ans (AirParif : 2018)

Le graphique met en évidence qu'Antony est la commune présentant la majorité des émissions d'azote (213 t/an), cela est due notamment au trafic routier (près 70% des émissions de NOx).

➔ La contribution en % des différents secteurs d'activités aux émissions de polluants du territoire de Vallée Sud - Grand Paris est présentée ci-dessous :

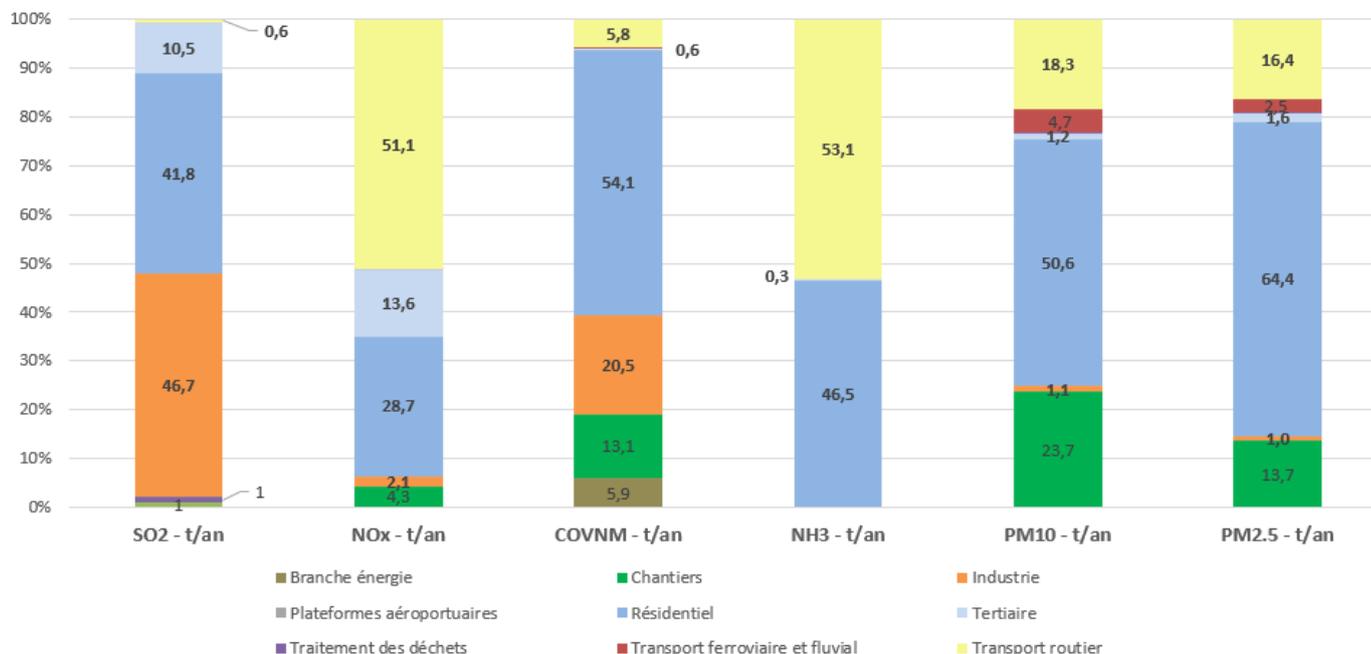


Figure 56 : Emissions de polluants par secteur d'activité (AirParif 2018)

Les émissions de polluants sont fortement liées aux activités développées sur le territoire (habitat, transport, industrie, construction, etc.). Ainsi, le NOx est lié principalement au trafic routier (plus de 50%). Les bâtiments, notamment par le choix de chauffage, contribuent

fortement aux émissions de SO₂ (plus 50%) et aux CONVNM (plus de 50%). Les chantiers contribuent aux émissions des particules (environ 25% pour le PM₁₀ et 15% pour le PM_{2.5}). Le secteur résidentiel et tertiaire contribue également de manière notable aux émissions de ces particules fines (plus de 50% et 60%).

A l'échelle d'Île-de-France, les principaux émetteurs d'oxydes d'azote sont le trafic routier, qui contribue à hauteur de 53% aux émissions franciliennes, le secteur résidentiel et tertiaire pour 17%. Concernant les particules (PM_{2.5} et PM₁₀), les trois secteurs qui contribuent le plus sont le secteur résidentiel (44%), le trafic routier (18%), et les chantiers (14%). Les principaux secteurs émetteurs d'hydrocarbures (COVNM) à l'échelle régionale sont le secteur résidentiel (34%) et l'industrie (21%). Le principal secteur contribuant aux émissions de dioxyde de soufre (SO₂) en Île-de-France est le secteur de la production d'énergie (centrales de production d'électricité, raffinerie et installations d'extraction de pétrole) avec 46% des émissions franciliennes. Le secteur résidentiel contribue également de manière notable aux émissions de ce composé (20%) via l'utilisation de fioul domestique³⁸.

7.1.3 Comparatif au niveau de la MGP

D'après la MGP, les concentrations de dioxyde d'azote (NO₂) les plus élevées se génèrent au cœur de l'agglomération (Paris et les zones limitrophes) et à proximité des principaux axes routiers, là où les émissions sont aussi les plus denses. La valeur limite annuelle (fixée à 40 ug/m³) est respectée en situation de fond, mais dépassée à proximité des grands axes de circulation ou à Paris intra-muros.

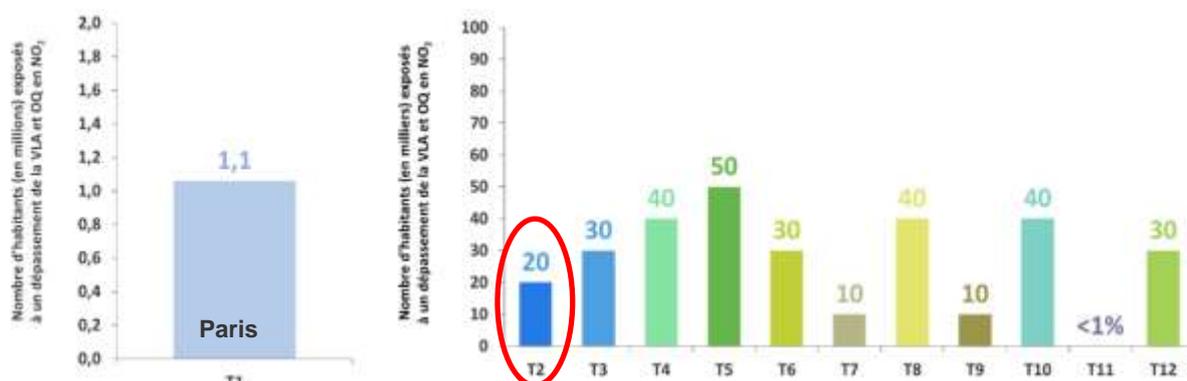


Figure 57 : Nombre d'habitants concernés par un potentiel dépassement de la Valeur Limite Annuelle en dioxyde d'azote en 2015 (Source : diagnostic PCAEM, données AirParif - juillet 2017)

En 2016, environ 1,4 million de personnes étaient potentiellement exposées à un dépassement de la valeur limite annuelle en NO₂, soit environ 20% des habitants de la Métropole du Grand Paris.

Sur le territoire de Vallée Sud - Grand Paris, 200 000 personnes ont été exposées au dépassement de la valeur limite annuelle en NO₂.

³⁸ Données Airparif, 2018

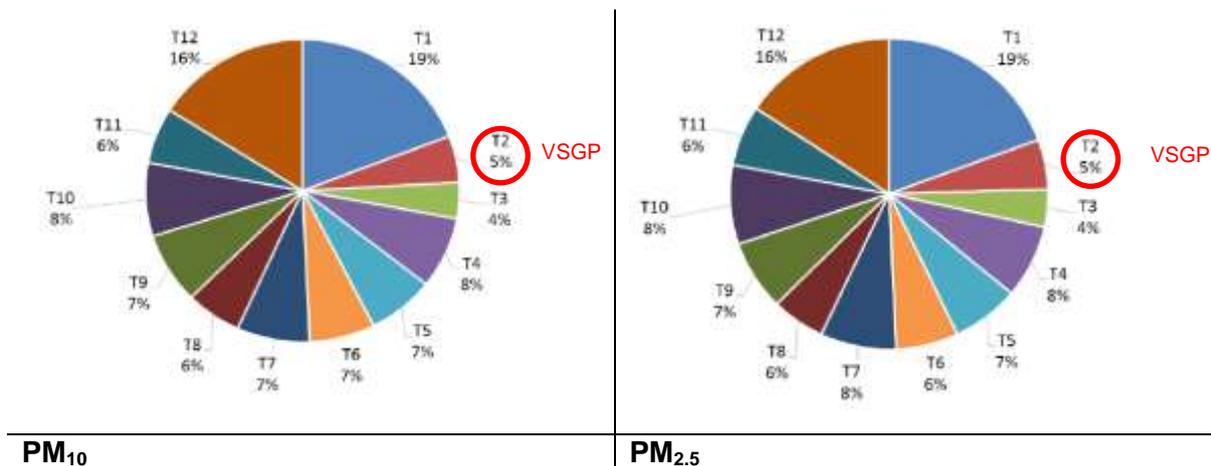


Figure 58 : Emissions de PM10 par EPT – Métropole du Grand Paris. AIRPARIF – 2012 (Source : diagnostic PCAEM, données AirParif - juillet 2017)

Les concentrations de PM₁₀ et PM_{2.5} les plus élevées sont relevées dans le cœur dense de l'agglomération parisienne (T1), au voisinage des grands axes routiers (T12, autoroute A6).

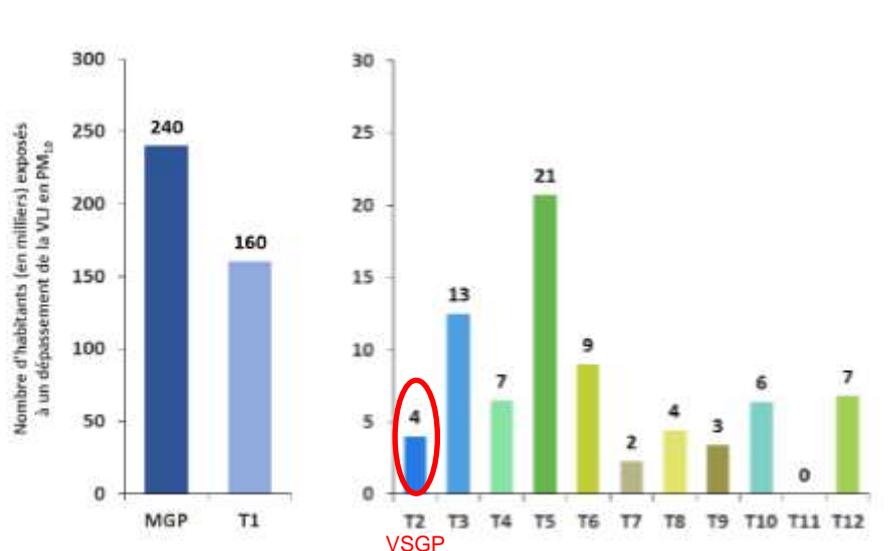


Figure 59 : Nombre d'habitants concernés par un potentiel dépassement de la Valeur Limite Journalière en PM10 en 2016, Bilan de la qualité de l'air dans la Métropole du Grand Paris – Année 2016, AIRPARI

En 2016, environ 240 000 personnes sont exposées à un dépassement de la valeur limite journalière du PM₁₀, soit environ 3% des habitants de la Métropole du Grand Paris.

Sur le territoire de Vallée Sud - Grand Paris, 4 000 personnes sont potentiellement exposées à un dépassement de la valeur limite journalière en PM₁₀, soit 4% des habitants du territoire.

En ce qui concerne le PM_{2.5}, en 2016, moins de 1% des habitants de la Métropole du Grand Paris (soit environ 40 000 habitants) sont exposés à un dépassement de la valeur limite journalière de particules de diamètre inférieur à 2,5 micromètres.

7.1.4 Le potentiel de réduction des émissions de polluants

La lutte contre la pollution de l'air est un enjeu fort pour les habitants et les acteurs du territoire. Un des premiers leviers est l'évolution des pratiques de déplacements (réduction des déplacements motorisés et des distances parcourues, mais aussi changement de motorisation, notamment en faveur de l'électrique, non émetteur de polluants).

Plusieurs pistes d'actions peuvent concourir à l'objectif de réduire les émissions de polluants atmosphériques. Le secteur des transports routiers, premier émetteur de NOx (environ 70,7% des émissions) est une cible d'action à privilégier pour la réduction de ces dernières. Par exemple, le remplacement de déplacements effectués avec des véhicules essence par des véhicules électrique ou des mobilités actives permet de supprimer les émissions de NOx. En effet, les mobilités actives ne sont émettrices d'aucun polluant atmosphérique et l'électricité n'émet que 0,03tNOx/GWh (lié à la production de l'électricité et non lors de l'usage). De même, les effets sur les émissions de particules fines (PM₁₀ et PM_{2,5}) sont assez importants.

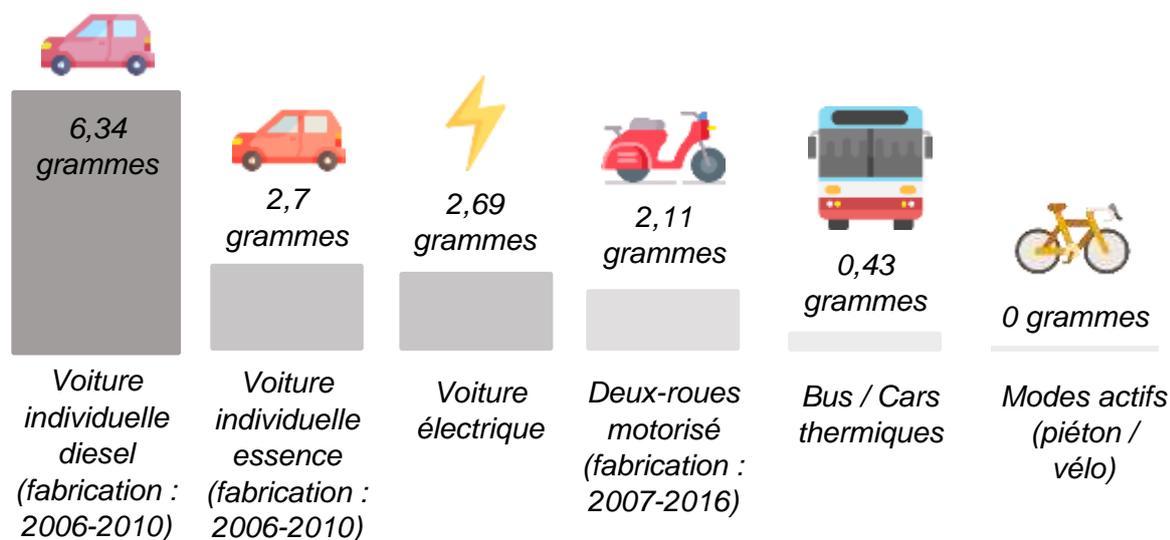


Figure 60 : Émissions de PM₁₀ pour 100 km parcourus, selon le mode de déplacement utilisé et la date de fabrication.

(Source : CITEPA, AirParif, ALTEREA)

Par ailleurs, la réduction de l'utilisation d'engrais minéraux, comme la substitution des chauffages au fioul fortement émetteurs de polluants, permettrait de réduire la pollution globale de l'air sur le territoire.

Plusieurs actions dont le but premier est la baisse de la consommation énergétique ou des émissions de GES auraient également des effets subsidiaires sur la qualité de l'air (globalement, toutes les actions limitant les émissions de GES permettent également de réduire les émissions de polluants).

Enfin, le développement du couvert végétal du territoire pourrait permettre de limiter les effets de la pollution (pouvoir « filtrant » de certains types de végétaux).

En dépit de la connaissance de ces impacts positifs, il est difficile d'estimer un potentiel précis de réduction des niveaux d'émissions de polluants, ces émissions dépendant de nombreux paramètres non définis par le seul PCAET ni par le territoire (une partie des polluants dégradant la qualité de l'air locale sont « apportés » par les masses d'air, mais ne sont pas nécessairement émis sur le territoire), et dépendant des modalités de mise en œuvre des actions (type d'équipement de chauffage utilisé, modèles de véhicules achetés et repris, capacité d'absorption des végétaux, etc.).

CONCLUSION

Par son caractère urbain, ce sont les émissions de polluants atmosphériques des secteurs du transport et des bâtiments qui sont prépondérantes sur le territoire de Vallée Sud – Grand Paris.

- La principale source d'émission de polluants du territoire est le transport routier soit : 54% des émissions d'oxydes d'azote (NOx), 29% des émissions des PM₁₀ et 31% des émissions de PM_{2,5}.
- Les bâtiments résidentiels et tertiaires sont responsables de 41% des émissions de dioxyde de soufre, 91% des émissions d'oxydes d'azote, 39% des PM₁₀ et 49% des PM_{2,5}. Les émissions sont liées principalement aux modes de chauffage du parc bâti.
- L'industrie manufacturière est principalement responsable des émissions de COVNM (18%) et de SO₂ (8%).
- Les chantiers de bâtiments et travaux publics entraînent 37% du total des particules PM émises.

8 ESTIMATION DE LA SEQUESTRATION NETTE DE CO₂

La séquestration naturelle du CO₂ est l'ensemble des mécanismes naturels qui conduisent à la fixation du CO₂ de l'atmosphère ou de l'eau dans les écosystèmes (sols et forêts) et dans les produits issus du bois. La séquestration peut être positive (puits de carbones) ou bien négative (émetteurs de CO₂).

8.1 L'Etat de la séquestration carbone sur le territoire

Dans le cadre de cette étude, ont été estimés la **quantité de CO₂ stockée en 2017 sur le territoire de Vallée Sud Grand Paris**, liée aux espaces naturels et forestiers ainsi qu'aux espaces ouverts artificialisés. Les changements d'affectation des sols entre 2012 et 2017 ont été analysés pour estimer d'éventuelles **émissions annuelles de CO₂** associées au changement d'affectation des sols.

L'estimation territoriale de la séquestration carbone a été réalisée selon la base de l'inventaire numérique du mode d'occupation des sols d'Île-de-France (MOS) qui répertorie les espaces naturels et forestiers, les espaces ouverts artificialisés et les espaces construits artificialisés. L'estimation de la séquestration nette de CO₂ et des émissions de carbone a été réalisée selon la méthode simplifiée de l'ADEME.

8.1.1 L'état du territoire de Vallée Sud - Grand Paris

Entre 2012 et 2017, l'occupation du sol est relativement stable pour les trois grandes catégories suivantes :

- Les espaces naturels et forestiers (10.62% du total), englobant les bois ou forêts, les milieux semi-naturels, les espaces agricoles et les étendues d'eau.
- Les espaces ouverts artificialisés (16.85%) correspondant :
 - o **Aux espaces verts urbains** regroupant : les parcs ou jardins, les jardins familiaux et les jardins de l'habitat.
 - o **Aux espaces ouverts à vocation de sport** qui correspondent aux terrains de sport de plein air.
- Les espaces construits artificialisés (72.54%), qui regroupent les zones d'habitats collectifs et individuels, les zones d'activités, les transports etc.

Ainsi, la structure reste globalement similaire à 2012 : le poste le plus important est toujours l'habitat individuel, qui recule néanmoins de 0.81%. De même, les chantiers, carrières et décharges ont diminué de 40 à 32 hectares, et la place des espaces réservés aux activités diminue de 7 ha pour atteindre un total de 328 ha à l'échelle de Vallée Sud – Grand Paris.

Ces diminutions se font notamment au profit de l'habitat collectif (19 hectares supplémentaires), second poste en termes de surface, et à celui des espaces ouverts artificialisés (+3 hectares).

A noter aussi un léger recul des bois et forêts, où 1 hectare d'espaces naturels a disparu par rapport au MOS de 2012.

Le tableau ci-dessous présente les superficies de chaque typologie d'occupation des sols entre 2012 et 2017 :

		2012		2017			
		Ha	%	Ha	%		
Espaces naturels et forestiers	Bois ou Forêt	467	9,86%	10,64%	466	9,84%	10,62%
	Milieux semi-naturels	9	0,19%		9	0,19%	
	Espaces agricoles	7	0,15%		7	0,15%	
	Eau	21	0,44%		21	0,44%	
Espaces ouverts artificialisés	Espaces ouverts artificialisés	795	16,79%	16,79%	798	16,85%	16,85%
Espaces construits artificialisés	Habitat individuel	1 347	28,45%	72,61%	1 336	28,22%	72,54%
	Habitat collectif	973	20,55%		992	20,95%	
	Activités	335	7,07%		328	6,93%	
	Equipements	344	7,27%		345	7,29%	
	Transports	399	8,43%		402	8,49%	
	Carrières, décharges, chantiers	40	0,84%		32	0,68%	
Total		4 735	100%		4 735	100%	

Tableau 15 : Occupation des sols à l'échelle du territoire de Vallée Sud - Grand Paris (2012 et 2017)
(Source : Mode d'occupation des sols (MOS))

8.1.2 Le bilan de la séquestration carbone

Le stockage du carbone dans les sols et les végétaux contribue à la fois à l'atténuation du changement climatique et à l'adaptation des territoires à celui-ci. Ainsi les sols et les végétaux captent des gaz à effet (GES) de serre dans l'atmosphère et les stockent, constituant ainsi des puits de carbone. C'est ce que l'on appelle la séquestration du carbone. Ce processus est lié à la photosynthèse pour les végétaux et à la décomposition de matière organique pour les sols.

Ceci constitue un argument en faveur à la fois de la préservation des espaces naturels, agricoles et forestiers et du développement de la nature en ville (jardins, parcs...). De plus, une gestion durable de ces espaces est propice au développement de ressources renouvelables (matériaux biosourcés, bois-énergie), qui contribue, entre autres, à la nécessaire adaptation aux effets du changement climatique. Pour ces raisons, la séquestration du carbone constitue un axe majeur de mise en œuvre de l'objectif de neutralité carbone à horizon 2050.

Le tableau suivant récapitule les résultats de l'évaluation de la séquestration de CO₂ sur le territoire de Vallée Sud - Grand Paris ³⁹ :

³⁹ La séquestration de carbone calculée par multiplication de chaque type de surfaces avec les coefficients de stockage de carbone par hectare, donnés par la base carbone de l'ADEME.

	Surface (ha)	Stockage de carbone (tCO ₂ e/an)	Total (tCO ₂ e/an)
Espaces naturels et forestiers ⁴⁰	482	2313.6	2337.54
Espaces ouverts artificialisés	798	23.94	

Tableau 16: Séquestration carbone en 2017 à l'échelle du territoire de Vallée Sud - Grand Paris

(Source : Mode d'occupation des sols (MOS 2017) et base carbone Ademe)

Ainsi, les espaces naturels et forestiers (482 ha hors catégorie eau – Source – MOS) et les espaces ouverts végétalisés (798 ha – Source – MOS), permettent d'absorber **2 337,54 tCO₂e par an soit 0.11% du total des émissions de GES du territoire.**

Les stocks de carbone dans les sols vivants n'ont pas pu être quantifiés, par manque de données sur leur surface sur le territoire de Vallée sud – Grand Paris et sur la capacité de stockage des sols urbains. A titre indicatif, il est estimé que les sols français stockent en moyenne 2 à 3 tCO₂e/an par ha (et 4,8 pour les forêts).

Les changements d'usage du sol et de pratiques agricoles influent sur l'évolution du stock de CO₂ des sols. Il peut en résulter soit une émission de carbone, soit une captation de celui-ci. Par exemple, la conversion des cultures en prairies ou en forêts favorise le stockage. Au contraire, la mise en culture des prairies ou des forêts entraîne une diminution du stock de carbone. Le territoire n'ayant pas connu de transformation significative d'occupation des sols entre 2012 et 2017, il n'y a pas de déstockage carbone à recenser sur le territoire en 2017.

8.2 Les leviers d'action : séquestration carbone

Les sols et les forêts sont sources des stocks de carbone deux à trois fois supérieures à ceux de l'atmosphère, d'où l'intérêt d'optimiser leur capacité de captage et de s'en servir comme des alliés pour la réduction des émissions de gaz à effet de serre. Pour développer la capacité de stockage, plusieurs pistes d'actions existent :

- Introduire des dispositions pour préserver la capacité de séquestration carbone du territoire dans les différents documents d'urbanisme (PLUi, SCoT, PLU) ;
- Développer les surfaces permettant de stocker le carbone (à titre d'exemple, 1 hectare de forêt permet de séquestrer environ 4,8 tonnes de CO₂ par an) ;
- Limiter l'artificialisation des terres (étalement urbain, infrastructures et équipements...) et respecter le principe de zéro artificialisation nette ;
- Favoriser l'utilisation des produits biosourcés (bois, paille, laine de chanvre, etc.) dans les futurs aménagements car ceux-ci prolongent le stockage du carbone et permettent d'éviter des émissions de GES ;
- Développer le recours aux énergies biosourcées (bois-énergie par exemple) pour substituer des énergies fossiles, permettant ainsi de soutenir les filières de gestion durable de la ressource naturelle et de réduire les émissions liées à l'usage de l'énergie.

En 2017, les acteurs de filière bois, l'Association des Régions de France, et l'ADEME se sont engagés pour promouvoir l'utilisation du bois dans la construction grâce à l'Alliance Nationale Bois Construction Rénovation. Cette initiative contribue aux engagements pris par la France en matière de lutte contre le changement climatique lors de la COP21. La filière Forêt-Bois

⁴⁰ Hors catégorie eau du MOS

permet de compenser environ 20% des émissions françaises de CO₂. Ces compensations sont la conséquence d'une part, de stockage de carbone en forêt et dans les produits bois d'autre part de la substitution de bois aux énergies fossiles et aux matériaux plus énergivores⁴¹.

CONCLUSION

Sur le territoire de Vallée Sud – Grand Paris, le stockage carbone s'élève à près de 2 337,54 tCO₂e/an dont les espaces naturels et forestiers qui permettent de stocker 2 313,6 tCO₂e/an et les espaces ouverts artificialisés 23,94 tCO₂e/an.

Les sols non imperméabilisés et les arbres isolés et arbustes (petits jardins, voirie...) contribuent également à stocker du carbone, même si ce stockage n'a pu être quantifié à l'échelle du territoire.

Les changements d'affectation des sols modifient les stocks de carbone contenus sur les sols. Il peut en résulter soit une émission de CO₂, soit une captation de CO₂. Ainsi, 503 tCO₂e sont émises par an à cause de l'artificialisation des sols en 2012 sur le territoire. Elles correspondent notamment à l'extension des surfaces résidentielles ainsi qu'au développement de nouvelles zones d'activités et/ou commerces.

Les forêts constituent des puits de carbone importants, leur protection est donc un enjeu clé pour les territoires.

Les produits bois favorisent le stockage (effet de substitution de matériaux). L'utilisation accrue des produits bois (en allongeant leur durée de vie) permettra d'accroître ce stock de carbone. Par ailleurs, l'utilisation de produits bois évite d'avoir recours à d'autres matériaux énergivores comme le PVC, l'aluminium, le béton ou l'acier et permet ainsi d'éviter des émissions de CO₂.

L'effet de substitution de matériaux permet, en moyenne, d'éviter 1,1 tCO₂ par m³ de bois contenu dans les produits finis. L'utilisation de bois pour produire de l'énergie (effet de substitution énergétique) permet également d'éviter des émissions issues de la combustion d'énergies fossiles : 1m³ de bois utilisé pour la production de chaleur dans l'industrie et le secteur collectif en substitution d'énergies fossiles permet d'éviter environ 0,5 tCO₂ (ADEME).

Ces leviers pourront être traités en partie dans le programme d'actions afin de faire du PCAET un document de planification ambitieux sur ces questions et dans le but de les retranscrire par la suite dans le PLUi.

⁴¹ Alliance Nationale Bois Construction Rénovation : stratégie bas carbone et développement de la Filière Bois Construction & Rénovation pour la transition énergétique et pour la croissance verte

9 ANALYSE DE LA VULNERABILITE DU TERRITOIRE AUX EFFETS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE

Selon les experts, « le réchauffement du système climatique est sans équivoque et, depuis les années 1950, beaucoup de changements observés sont sans précédent depuis des décennies voire des millénaires. L'atmosphère et l'océan se sont réchauffés, la couverture de neige et de glace a diminué, le niveau des mers s'est élevé et les concentrations des gaz à effet de serre ont augmenté. »⁴²

Le concept d'adaptation est défini par le Troisième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat (GIEC) comme « l'ajustement des systèmes naturels ou humains en réponse à des stimuli climatiques ou à leurs effets, afin d'atténuer les effets néfastes ou d'exploiter des opportunités bénéfiques. »

Quelles que soient les actions développées pour atténuer les émissions de gaz à effet de serre, le changement climatique aura des effets sur les territoires. Des actions complémentaires en faveur de l'adaptation au changement climatique tant préventives (isolation contre la chaleur, robustesse des constructions, révision des systèmes agricoles...) que curatives (lutte contre les incendies, les inondations, gestion des perturbations des transports, interruptions de centrales...) devront être définies.

La vulnérabilité au changement climatique résulte de 3 composantes :

- **L'exposition** du territoire aux effets du changement climatique : nature, ampleur et rythme d'évolution des paramètres climatiques (températures, précipitations, etc.).
- **La sensibilité** du territoire à ces effets, qui dépend de la géographie physique (relief, végétation, etc.) et humaine (démographie, activités économiques, etc.) du territoire.

La capacité d'adaptation du territoire : actions déjà mises en œuvre susceptibles de réduire la sensibilité du territoire.

Exemple : Pour deux territoires limitrophes exposés aux mêmes aléas climatiques, leur vulnérabilité diffèrera selon l'occupation des sols, la qualité du bâti, les activités économiques locales, la part d'habitants âgés, etc., et selon les actions déjà en place pour pallier ces aléas (alerte canicule, actions de prévention, ...) c'est-à-dire selon leur sensibilité respective.

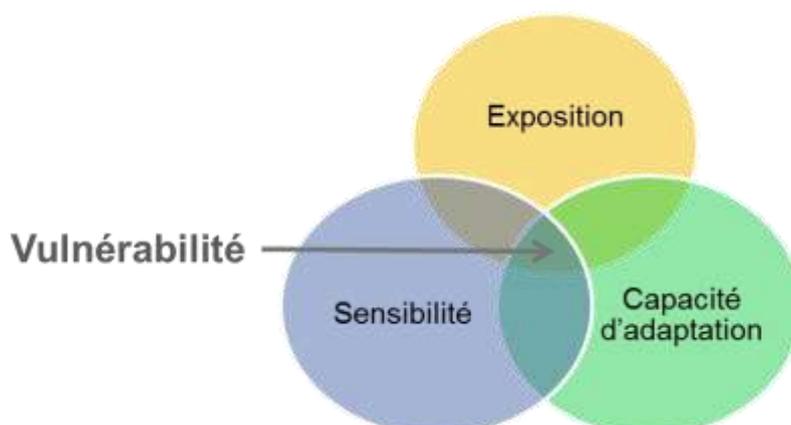


Figure 61 : Schéma des composantes de la vulnérabilité (Source : ALTEREA)

⁴² Extrait du Résumé à l'intention des décideurs du volume 1 du 5^e rapport d'évaluation du GIEC - 2013.

L'adaptation au changement climatique vise quatre finalités afin de réduire la vulnérabilité du territoire :

- Protéger les personnes et les biens en agissant pour la sécurité et la santé publique,
- Tenir compte des aspects sociaux et éviter les inégalités devant les risques,
- Limiter les coûts et tirer parti des avantages,
- Préserver et développer le patrimoine naturel.

9.1 Les projections climatiques sur le territoire de Vallée Sud - Grand Paris

Par le passé, le territoire de Vallée Sud - Grand Paris a été confronté à des aléas climatiques, principalement au risque des mouvements de terrain en lien avec les périodes de pluies et à la configuration géographique du territoire.

A titre d'exemple, en juin de 1961, dans le quartier des Monts, à la limite entre la commune de Clamart et Issy-les-Moulineaux, des pluies exceptionnelles provoquèrent un affaissement généralisé de 6 hectares de carrière de craie sur une hauteur de 2 à 4 mètres.

Des inondations et coulées de boue ont été également déjà ressenties sur le territoire de Vallée Sud Grand Paris. Des arrêtés de catastrophes naturelles ont été identifiées entre 1990 et 2008 dans les différentes villes du territoire de Vallée Sud - Grand Paris : Clamart (6), Châtillon (5), Fontenay-aux-Roses (3), Bagneux (3), Montrouge (2), Malakoff (4) et Sceaux (5).



Vue de Clamart lors de la catastrophe de 1961
(source mairie de Clamart)

Source : DDTM Hauts-de-Seine

En Région Île-de-France, les évolutions possibles d'ici à la fin du XXI^e siècle sont :

- Augmentation des températures moyennes annuelles :
 - De +1,1°C à + 1,4°C à l'horizon 2030,
 - De + 1,2°C à +2°C à l'horizon 2050,
 - De + 1,9°C à +3,4°C à l'horizon 2080,
 - Avec des augmentations plus marquées en période estivale.
- Réduction des précipitations moyennes annuelles jusqu'à 14%, principalement en été.
- Augmentation des périodes de fortes chaleurs et des épisodes caniculaires.
- Augmentation des épisodes de sécheresse.
- Concernant les indicateurs de froid, quel que soit le scénario, le SRCAE précise les tendances suivantes :
 - Réduction du nombre de jours de gel annuel passant de 28 jours aujourd'hui à 25 à 28 jours à la fin du XXI^e siècle.
 - Poursuite de la réduction du nombre d'alertes « froid ».

- Réduction du nombre annuel moyen de jours de neige avec une forte variabilité interannuelle dans la première moitié du siècle et une réduction très marquée à la fin du siècle.

9.2 Les impacts des changements climatiques sur le territoire

Le changement climatique est aujourd'hui une réalité au niveau international comme à celui des territoires locaux. S'adapter au changement climatique nécessite de disposer au préalable d'une analyse de l'impact potentiel qu'aura le changement climatique sur le territoire.

Par la suite, il est présenté les principaux risques naturels, de santé et technologiques associés aux effets du changement climatique.

9.2.1 Risques naturels

Un certain nombre de risques sont directement liés aux conditions climatiques : canicules et îlots de chaleurs urbains, tempêtes, sécheresses, feux de forêts, inondations...

→ Les canicules et l'effet de chaleur urbain

L'augmentation de la température sur le territoire de la MGP est également un autre impact du changement climatique. Depuis 1980, la MGP connaît des élévations des températures annuelles significatives (+0.4°C par décennie entre 1959 et 2009 en période d'été et +0.2°C en hiver)

Avec l'augmentation des températures, conséquence du changement climatique, les **vagues de chaleur** seront à la hausse. Ces vagues de chaleur font partie des extrêmes climatiques les plus préoccupants au regard de la vulnérabilité de nos sociétés.

Sur la base du recensement des vagues de chaleur apparues en France depuis 1947, il apparaît clairement que la fréquence et l'intensité de ces événements ont augmenté au cours des trente dernières années. Les épisodes entre 1982 et 2016 ont été sensiblement plus nombreux que ceux de la période 1947-1980, de durée équivalente.⁴³

Par ailleurs, les **épisodes de canicules** seront plus fréquents et plus intenses. En France, la canicule d'août 2003 a été l'événement le plus connu depuis 1947. Lors de la canicule de 2003, la surmortalité a été particulièrement importante dans l'agglomération parisienne, et les Hauts-de-Seine a été le second département le plus touché d'Ile-de-France avec une surmortalité de +161% (le premier département touché était le Val de Marne avec +171%).⁴⁴ Les périodes de canicules pourront également causer une augmentation de l'effet îlot de chaleur urbain (ICU).

D'autres épisodes ont également été particulièrement marquants : les canicules de juillet 2006, juillet 2015 et juin 2017.

Le caractère urbain de l'agglomération impliquant la minéralisation des espaces expose le territoire à une vulnérabilité forte aux épisodes caniculaires au même qu'au phénomène d'îlot de chaleur urbain (ICU)⁴⁵.

⁴³ Source : Météo France : Changement climatique et vagues de chaleur

⁴⁴ (NSERM, estimation de la surmortalité et principales caractéristiques épidémiologiques - D. Hémon, E. Jouglu, 2003

⁴⁵ Un îlot de chaleur urbain correspond à une élévation locale de la température de l'air et des surfaces (moyennes et extrêmes) en secteur urbain par rapport à la périphérie rurale. Un îlot de chaleur urbain né d'une conjonction de facteurs relevant à la fois des caractéristiques de la ville (orientation des rues, imperméabilisation des surfaces, albédo moyen...) et de ses activités (sources de chaleur supplémentaires comme les transports, les activités industrielles etc.). <http://observatoire.pcet-ademe.fr/action/fiche/69>

→ L'effet de l'îlot de chaleur urbain - ICU

Un îlot de chaleur urbain correspond à une élévation locale de la température de l'air et des surfaces (moyennes et extrêmes) en secteur urbain par rapport à la périphérie rurale. Un îlot de chaleur urbain naît d'une conjonction de facteurs relevant à la fois des caractéristiques de la ville (orientation des rues, imperméabilisation des surfaces, albédo moyen...) et de ses activités (sources de chaleur supplémentaires comme les transports, les activités industrielles etc.).⁴⁶

Les trois facteurs favorisant l'apparition des ICU sont :

- Le mode d'occupation des sols, autrement dit la présence et la répartition des surfaces minéralisées et des surfaces végétalisées,
- Les propriétés radiatives et thermiques des matériaux, dont leur albédo (capacité à réfléchir le rayonnement solaire),
- La morphologie de la ville : tailles et hauteurs des bâtiments dans les rues, orientation et exposition au rayonnement solaire et orientation et exposition aux couloirs de vent.

D'autres facteurs peuvent avoir une influence sur les intensités et les structures des ICU tels que la chaleur liée aux activités humaines, les déperditions énergétiques des bâtiments liées au chauffage (en hiver), les rejets d'air chaud liés à la climatisation, les activités industrielles, les transports, la faible présence d'eau et l'environnement régional.

Agir contre ces facteurs permettra donc de lutter contre l'apparition des îlots de chaleur urbains.

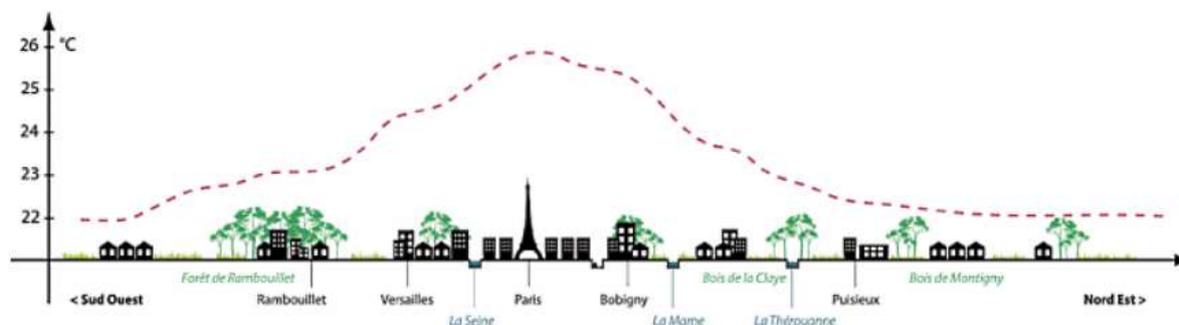
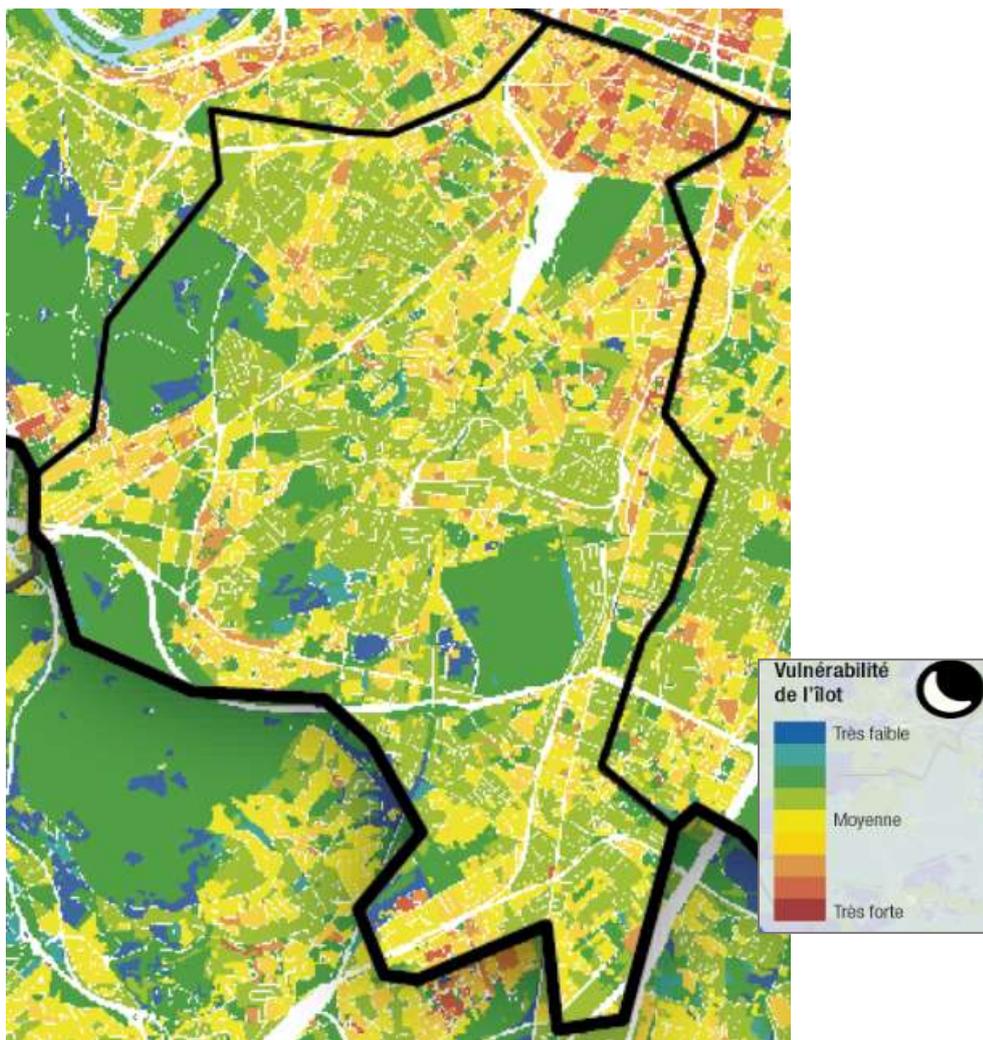


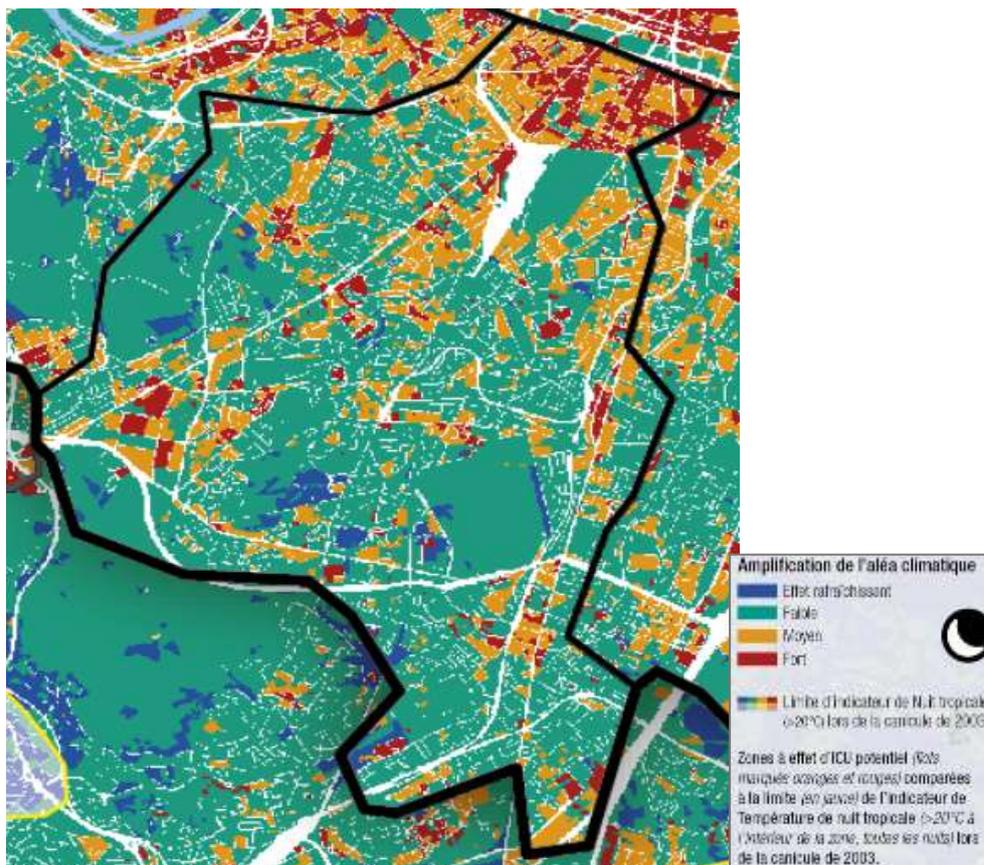
Figure 62 : Schéma de l'îlot de chaleur de l'agglomération parisienne (Source : Météo-France, 2009)

Les figures ci-dessous présentent la vulnérabilité à l'effet de chaleur urbain sur le territoire de Vallée Sud - Grand Paris. **Les communes de Montrouge, Malakoff, Bourg-la-Reine et Chatillon sont les communes ayant une sensibilité plus forte à l'effet ICU.** Cela est très liée à leur forte densité de population.

⁴⁶ Source : <http://observatoire.pcet-ademe.fr/action/fiche/69>



Carte 22: Vulnérabilité des îlots à la chaleur urbaine la nuit. Source : Diagnostic PCAEM



Carte 23 : Zones à effet de l'îlot de chaleur urbain la nuit et limite (jaune), en 2003. Source : Diagnostic PCAEM

L'effet d'îlot de chaleur urbain a un impact fort sur l'environnement et la santé, notamment en période estivale. Les hautes températures favorisent la formation de polluants atmosphériques (notamment l'ozone à l'origine du smog) responsables de diverses maladies respiratoires et cérébrovasculaires. Pour atténuer ces effets d'îlots de chaleur urbain il sera nécessaire d'apporter de la végétation en cœur d'îlots.

→ Les inondations

Le territoire de la MGP est très exposé aux **risques d'inondation**. Trois types de risques sont identifiés : l'inondation par ruissellement, par débordement et par remontées de nappes.

L'inondation par ruissellement, suite à la pluie, est un enjeu complexe pour la MGP (125 communes sur 148 ont connu au moins 3 arrêtés de catastrophe naturelle depuis 1982). Les réseaux ne sont parfois plus en capacité de canaliser les volumes importants d'eaux de ruissellement, cela peut entraîner des difficultés de traitement des eaux, des déversements d'eaux polluées dans les cours d'eaux et des débordements localisés.

L'inondation par ruissellement urbain est en lien avec l'imperméabilisation des sols. Ces événements se produisent majoritairement en période estivale, où les températures sont élevées et les sols plus secs.

L'inondation par débordement, ou crue, est le premier risque naturel auquel est exposé le territoire de la MGP. Une crue peut affecter près de 10% de la population. Elle a également des impacts sur le parc bâti, l'économie et les réseaux (électricité, transports, eau, etc.).

Le territoire de Vallée Sud Grand Paris a un risque d'inondations par débordement et par ruissellements dus à de fortes pluies. Depuis 1982, **61 arrêtés naturelles concernant aux**

inondations ont été répertoriées dues à des remontées de nappe : Antony (8), Bourg-la Reine (10), Chatenay-Malabry (5), Châtillon (6), Bagneux (4), Clamart (7), Fontenay-aux-Roses (4), Le Plessis-Robinson (3), Malakoff (3), Montrouge (3) et Sceaux (6). Les communes de Vallée Sud - Grand Paris sont sensibles au risque d'inondation.

	Inondations et coulées de boue	Date
Antony	8	Entre 1989 et 2008
Bagneux	4	Entre 1992 et 2008
Bourg-la-Reine	10	Entre 1994 et 2008
Châtenay-Malabry	5	Entre 1997 et 2008
Châtillon	6	Entre 1992 et 2001
Clamart	7	Entre 1992 et 2008
Fontenay-aux-Roses	4	Entre 1997 et 2002
Malakoff	5	Entre 1983 et 1999
Montrouge	3	Entre 1983 et 1999
Le Plessis-Robinson	3	Entre 1997 et 2008
Sceaux	6	Entre 1995 et 2009
TOTAL	61	

Tableau 17 : Nombre d'arrêtés des catastrophes naturelles des communes de Vallée Sud - Grand Paris
(Source : communes.com)

Le département Hauts-de-Seine a élaboré un Plan de Prévention des Risques d'inondation (PPRI), approuvé en 2004 sur 18 communes concernées. Cependant, aucune commune du territoire de Vallée Sud Grand Paris n'est concernée.

Inondations par remontées de nappes :

Malgré tout, un risque d'inondation par remontée de nappe demeure fortement présent sur le territoire, notamment sur les communes de Bourg-la-Reine, d'Antony, de Malakoff, de Sceaux et de Fontenay-aux-Roses, et Châtenay-Malabry. Les problématiques liées au manque d'étanchéité des nouvelles constructions et aux mal façons engendrent l'interruption de certains chantiers et retards de livraison. Ces projets sont soumis à des travaux de pompages de la nappe (Châtenay-Malabry, Bourg-la-Reine...).

Ces problématiques soulèvent l'enjeu d'une meilleure connaissance de cet aléa à l'échelle de l'intercommunalité, afin d'améliorer la connaissance des sous-sols et ainsi mieux anticiper ce phénomène à l'image de l'étude lancée localement par la ville de Clamart en 2018, qui conclut à des recommandations dans le cadre de la mise en œuvre des chantiers et la mise en place d'une veille des remontées de nappes via un suivi piézométrique. Le Territoire souhaitant acquérir de nouvelles connaissances sur le sous-sol afin d'être en mesure de gérer de manière durable son territoire, en cohérence avec les phénomènes géologiques et hydrogéologiques, une étude hydrogéologique menée par le Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) a été lancée par Vallée Sud – Grand Paris.

→ Les sécheresses

L'augmentation de la température entrainera un **accroissement des épisodes de sécheresse plus fréquentes**, affectant ainsi les débits d'eau et les nappes. Le manque d'eau est la principale cause de la sécheresse. Lorsque l'hiver ou le printemps n'ont pas été suffisamment pluvieux, les réserves d'eau ne sont pas assez remplies.

Le manque d'eau accompagné de températures élevées va accentuer le phénomène de sécheresse car il y aura davantage d'évaporation et de transpiration des plantes (évapotranspiration) ce qui assèche les sols.

Selon Météo France « l'humidité moyenne du sol en fin de siècle pourrait correspondre aux situations sèches extrêmes d'aujourd'hui ». La sécheresse touchera également les cours d'eau avec une baisse des débits de l'ordre de 10% à 30% de moyenne annuelle à l'horizon 2070-2100. Les eaux souterraines seraient également touchées avec une baisse de la recharge des nappes estimée à environ 30% de la recharge annuelle à la fin du XXI^e siècle.⁴⁷

Par ailleurs, l'augmentation des épisodes de sécheresse et l'amplification des pluies fortes se traduira par des conséquences sur les **risques d'inondation ou la stabilité des sols (phénomène de retrait-gonflement des argiles)**.

De plus, l'alternance d'épisodes pluvieux et de sécheresse entraîne localement des mouvements de terrain lents, non uniformes. Lorsque les sols sont argileux, ces derniers sont à l'origine de dégâts plus ou moins sérieux sur les bâtiments selon les techniques de construction utilisées.

→ Le phénomène de retrait-gonflement des argiles

Le **phénomène de retrait-gonflement des argiles** consiste en une variation de la consistance des sols argileux en fonction de leur teneur en eau. Ainsi, lors de périodes sèches, les argiles se déshydratent et se rétractent, entraînant des mouvements de terrain.

Cela a des conséquences structurelles en causant des dommages aux bâtiments, voiries et réseaux, des conséquences sociales, ainsi que des conséquences économiques pour l'indemnisation des sinistres (environ 4 milliards d'euros sur la période 1989-2003) et la réalisation des travaux (environ 15 000 €/maison).

Le département des Hauts-de-Seine est classé en 17^{ème} position nationale eu égard au coût cumulé des sinistres retrait-gonflement indemnisés entre 1991 et 2002, et fait donc partie des départements français les plus touchés par le phénomène.

Le territoire de Vallée Sud - Grand Paris est très sensible au phénomène du retrait et au gonflement des argiles :

- Les communes d'Antony, Sceaux, Bagneux sont classées en alea fort.
- En risque moyen, se trouvent les communes du Plessis-Robinson, Chatenay-Malabry, Clamart, Chatillon et Fontenay-aux-Roses
- Les communes de Montrouge, Malakoff sont pourtant considérées en alea faible.

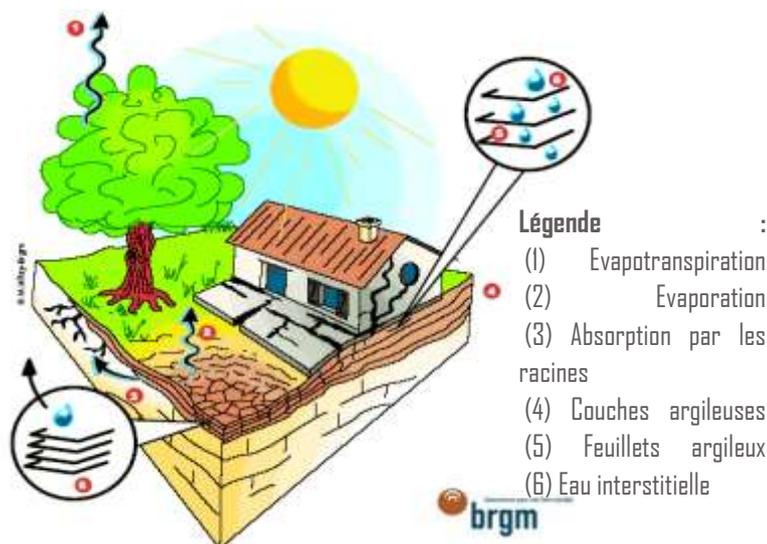
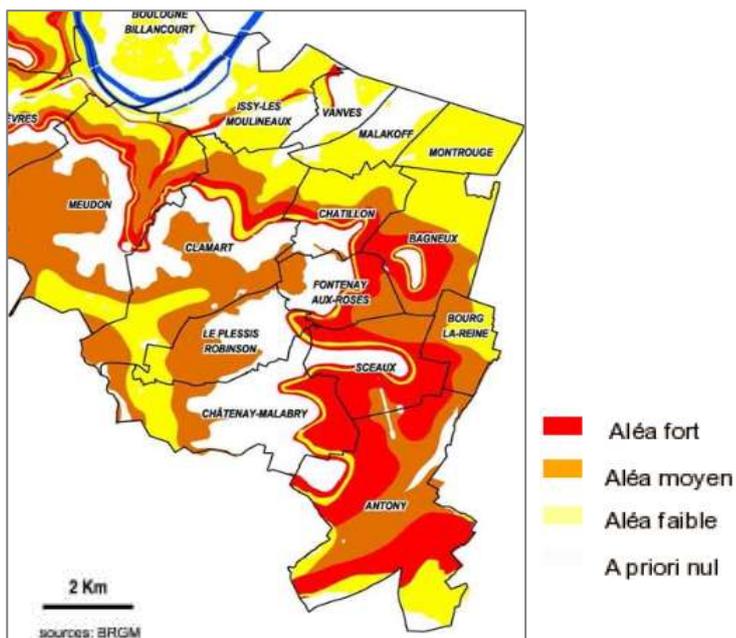


Figure 63 : Schéma du phénomène de retrait-gonflement des argiles (Source BRGM)

⁴⁷ Source : diagnostic PCAEM



Carte 24 : Communes exposées au phénomène du retrait-gonflement des argiles (Source : DDRM des Hauts-de-Seine Risques Naturels – Le risque Mouvements de terrain)

Entre 1982 et 2008, 41 arrêtés naturels concernant les mouvements de terrain ont été répertoriés : Antony (11), Bourg-la Reine (4), Châtenay-Malabry (1), Chatillon (4), Bagneux (6), Clamart (5), Fontenay-aux-Roses (4), Le Plessis-Robinson (1), Malakoff (3), Montrouge (0) et Sceaux (5).

	Mouvements de terrain	Dates
Antony	11	Entre 1991 et 2008
Bagneux	6	Entre 1996 et 2002
Bourg-la-Reine	4	Entre 1992 et 2008
Châtenay-Malabry	1	2005
Châtillon	4	Entre 1998 et 2008
Clamart	5	Entre 1991 et 2004
Fontenay-aux-Roses	4	Entre 1992 et 2004
Malakoff	-	-
Montrouge	-	-
Le Plessis-Robinson	1	2006
Sceaux	5	Entre 1992 et 2008
TOTAL	41	

Tableau 18 : Nombre d'arrêtés des catastrophes naturelles des communes de Vallée Sud - Grand Paris (Source : communes.com)

→ **Risque de feux de forêt**

Par la présence de nombreuses forêts, le territoire présente également un risque d'incendie. Cependant, il est faible, du fait de latitudes relativement élevées, d'un taux de boisement relativement faible⁴⁸.

Cependant, l'augmentation des températures et donc des périodes de sécheresse pourrait accroître ce risque. Par ailleurs, la proximité d'espaces forestiers avec des zones urbaines renforcerait la vulnérabilité à l'échelle locale.

⁴⁸ Source : Diagnostic MGP

9.2.2 Risques pour la santé

→ Surmortalité des personnes sensibles aux fortes chaleurs

L'augmentation du nombre de jours de fortes chaleurs, pouvant aller jusqu'à plus de 120 jours par an, présente un risque de surmortalité pour les personnes sensibles, principalement les personnes âgées et les jeunes enfants.

Les épisodes caniculaires pourraient atteindre plus fréquemment des degrés d'intensité similaires à la canicule connue en août 2003. Cette canicule avait entraîné en Ile-de-France une surmortalité de 130%, en touchant plus fortement les personnes de plus de 55 ans, et plus particulièrement les personnes de plus de 75 ans.

Accompagner les acteurs du territoire (communes, bailleurs, propriétaires) dans la prévention et l'information, et l'amélioration de l'isolation des logements pour le confort d'été permettrait de limiter la vulnérabilité face à l'augmentation des épisodes de fortes chaleurs.

→ Pollens et changement climatique

Le changement climatique et l'augmentation des températures moyennes peut entraîner un changement d'aires de répartition de certaines espèces végétales, et ainsi favoriser l'implantation d'espèces allergisantes en milieu urbain. De plus, la période de pollinisation de certaines espèces allergisantes peut être augmentée. Cela aura donc un effet sur les populations allergiques.

L'allergie est un problème de santé publique qui touche une partie importante de la population. En France 10 à 20% de la population est allergique au pollen. Les allergies respiratoires sont au premier rang des maladies chroniques de l'enfant. Près de 2 000 décès sont enregistrés chaque année à cause de l'asthme⁴⁹.

Limiter les espèces allergisantes dans les espaces urbains et sensibiliser la population aux espèces pouvant être plantées sur le territoire permettrait de limiter la vulnérabilité face à l'accroissement des espèces allergisantes et d'améliorer la qualité de vie des habitants.

9.2.3 Risques technologiques

Dans le cadre du diagnostic des territoires concernés (2012) pour la création de la ligne de tramway Antony-Clamart, il a été identifié les risques associés au projet (risques industriels et risques liés au transport de matières dangereuses (TMD) pour les villes de : Antony, Châtenay-Malabry, Le Plessis-Robinson et Clamart.

Le risque industriel correspond à tout accident industriel susceptible de se produire, entraînant des conséquences immédiates graves pour le personnel, les populations avoisinantes, les biens et/ou l'environnement.⁵⁰ La directive Seveso⁵¹ différencie les établissements classés Seveso en « Seveso seuil bas » et Seveso seuil haut ». Les entreprises Seveso seuil haut sont les sites industriels qui présentent les risques les plus importants.

⁴⁹ Source : <http://www.vegetation-en-ville.org/> (RNSA)

⁵⁰ Source : Ministère de la transition écologique et solidaire

⁵¹ Les sites classés Seveso sont des installations industrielles dangereuses répertoriées selon le degré des risques qu'elles peuvent entraîner.

Dans les communes concernées, le seul site à risque est l'établissement Galion (traitement de surface) à Antony. Il est classé Seveso seuil bas pour les risques de pollution et d'émanations toxiques.

L'état initial de l'environnement de l'étude d'impact de 2008 mentionne également la présence d'Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE). Dans le cadre du PCET de l'ancienne Communauté d'agglomération Sud de Seine, 186 installations classées ICPE dans les Hauts-de-Seine ont été identifiées :

- 3 à Malakoff, non SEVESO : ELF, MEIE MBCPFP, TOTAL Raffinage Marketing ;
- 2 à Clamart, non SEVESO : COCA COLA ENTREPRISE, TOTAL FRANCE ;
- 4 à Bagneux, non SEVESO : Aalyah Recyclage, Faceo France, SNCF dépôt Montrouge, Société Dépannage Remorquage Automobile ;
- 1 à Fontenay-aux Roses, non SEVESO : Certas Energy France.

Plusieurs types de risques en découlent, notamment les risques liés aux canalisations de transport de matières dangereuses (gaz) pour Bagneux, Clamart et Fontenay-aux-Roses. Les communes ne sont cependant soumises à aucun Plans de Prévention des Risques Technologiques (PPRT).

9.3 Evaluation de la sensibilité du territoire

Le tableau suivant présente les notations de sensibilité face à l'augmentation des températures ; le risque de canicule ; la sécheresse ; l'évolution des précipitations ; le risque d'inondation, les tempêtes/vents violents, l'évolution de l'enneigement et le changement dans le cycle de gelées. Il a été établi au regard de l'habitat et logement, la voirie, les réseaux d'énergie, les déchets, la santé, la biodiversité.

Sensibilité à :	Impact et/ou conséquences
<p>Augmentation des températures</p>	<p>Risque d'inconfort d'été dans les bâtiments peu isolés. Par conséquent, les besoins en rafraîchissement pourraient augmenter et avec une augmentation en parallèle des consommations d'électricité pour le rafraîchissement des bâtiments.</p> <p>Les revêtements de voirie sont sensibles à la chaleur, ainsi l'augmentation des températures peut dégrader l'asphalte et détériorer les fondations routières (liés à la réduction de l'humidité du sol).⁵² Les revêtements routiers pourront donc être altérés de manière plus importante et plus rapide en cas d'augmentation des températures, notamment en période estivale comme cela est probable sur le territoire.</p> <p>L'augmentation des températures pourra impacter les réserves en eau potable du fait de la raréfaction de la ressource en eau. De plus, la demande en eau potable sera probablement plus importante en période estivale du fait du stress hydrique de la population et du besoin de rafraîchissement accru</p> <p>Les fortes chaleurs pourront occasionner : un risque d'augmentation des allergies aux pollens, un risque d'augmentation des pics de pollution (notamment à l'ozone + autres polluants d'origine photochimique), un risque de développement de maladies infectieuses.</p> <p>Les populations les plus sensibles pourront être plus vulnérables face aux fortes chaleurs (personnes âgées, enfants en bas âge, femmes enceintes).</p> <p>Les milieux naturels pourront être modifiés.</p> <p>Les cycles de reproduction des espèces pourront changer, des évolutions physiologiques pourront également se produire.</p> <p>Le risque de prolifération d'espèces invasives pourra augmenter.</p>
<p>Canicule</p>	<p>L'augmentation des périodes de canicules pourra entraîner un inconfort thermique dans les locaux avec une augmentation des besoins en rafraichissement. Les consommations d'électricité pour le rafraîchissement des locaux pourraient ainsi augmenter.</p> <p>Un risque d'augmentation de fréquentation des équipements publics tels que les piscines ou les lieux climatisés pourra se présenter avec une possible augmentation des consommations énergétiques et d'eau.</p>

⁵² Infrastructures de transport en France : vulnérabilité au changement climatique et possibilités d'adaptation – Caisse de dépôts, Etude Climat n°18 – Mission Climat.

Sensibilité à :	Impact et/ou conséquences
	<p>Les fortes chaleurs pourront occasionner et amplifier : un risque d'augmentation des allergies aux pollens, un risque d'augmentation des pics de pollution (notamment à l'ozone + autres polluants d'origine photochimique), un risque de développement de maladies infectieuses.</p> <p>Les populations les plus sensibles pourront être plus vulnérables face aux canicules (personnes âgées, enfants en bas âge, femmes enceintes).</p> <p>Les périodes caniculaires pourront entraîner une altération des revêtements de la voirie par la chaleur et leur dégradation plus rapide.</p> <p>Impact sur les réserves en eau potable : raréfaction de la ressource en eau. Augmentation de la demande en eau potable.</p> <p>Tout comme l'augmentation des températures, les périodes de canicules pourront entraîner : des déplacements de populations et des changements d'aires de répartition ; des modifications de milieux naturels ; des changements de cycles de reproduction des espèces ; des évolutions physiologiques des espèces ; l'augmentation du risque de prolifération d'espèces invasives.</p>
Sécheresse	<p>Impact sur les réserves en eau potable : raréfaction de la ressource en eau, réduction du volume d'eau et augmentation des concentrations de polluants.</p> <p>Les sécheresses pourront occasionner : une dégradation des espaces verts ainsi qu'une disparition d'espèces,</p>
Evolution des précipitations	<p>Possibilité de saturation des écoulements d'eaux pluviales en cas de fortes précipitations, pouvant entraîner des pollutions de la ressource en eau.</p> <p>Risque de prolifération d'espèces invasives.</p>
Inondations	<p>Dommages aux bâtiments situés en zone inondable.</p> <p>Mise hors service de la voirie pendant les inondations et à la suite pour les travaux de réfection.</p> <p>Les inondations pourront causer des dégradations de la qualité de l'eau et des pollutions.</p> <p>En cas de débordement des réseaux, les ressources en eau potable pourront être affectées.</p> <p>Les inondations pourront causer d'éventuelles coupures d'électricité.</p>

Sensibilité à :	Impact et/ou conséquences
Tempêtes/vents violents	<p>Les tempêtes pourront causer des dégâts sur le patrimoine arboré (arbres remarquables à préserver).</p> <p>Inaccessibilité des équipements publics suite aux dégâts.</p> <p>Mise hors service de la voirie pendant les inondations et à la suite pour les travaux de réfection.</p> <p>Atteinte physique des réseaux possible par les phénomènes climatiques : rupture de lignes électriques.</p>
Evolution de l'enneigement	<p>Augmentation des consommations pour le chauffage des bâtiments les moins isolés.</p> <p>Consommations de sels de déneigement et dégâts sur le revêtement des routes lors du dégel.</p> <p>Conditions de circulation difficiles : risque de rupture d'approvisionnement</p> <p>Les interventions de maintenance des réseaux de distribution d'eau potable et d'assainissement pourraient être rendues difficiles en cas d'enneigement.</p> <p>L'enneigement pourra causer d'éventuelles coupures d'électricité.</p> <p>Difficultés de collecte des déchets en cas d'enneigement.</p>
Changement dans le cycle de gelées	<p>Augmentation des consommations pour le chauffage des bâtiments les moins isolés.</p> <p>Consommations de sels de déneigement et dégâts sur le revêtement des routes lors du dégel.</p> <p>Les interventions de maintenance des réseaux de distribution d'eau potable et d'assainissement pourraient être rendues difficiles en cas de verglas.</p> <p>Difficultés de collecte des déchets en cas de verglas.</p>

Tableau 19 : Impacts potentiels du changement climatique sur le territoire

9.4 Synthèse de la vulnérabilité du territoire face au changement climatique

Une analyse de la vulnérabilité a été réalisée pour chacun des effets du changement climatique identifiés sur le territoire de Vallée Sud - Grand Paris, les impacts potentiels ont été listés et évalués en termes d'exposition et de sensibilité du territoire afin d'attribuer une note de vulnérabilité.

A l'échelle du territoire, les impacts seraient :

- **Le phénomène de retrait/gonflement des argiles sera accru dans le contexte du changement climatique**, notamment dans les communes d'Antony, Sceaux et Bagneux.
- Une **tendance à la hausse des fortes chaleurs** : avec le changement climatique, la fréquence annuelle des vagues de chaleur va fortement augmenter. Par ailleurs, la vulnérabilité aux vagues de chaleur devrait augmenter à cause d'une augmentation de la population.
- **L'augmentation de l'effet ICU** entraînant l'élévation des températures des zones urbanisées. L'effet d'îlot de chaleur urbain intervient comme un facteur aggravant de la canicule, et contribue à faire grimper davantage les températures par rapport à d'autres zones pourtant soumises aux mêmes conditions météorologiques. Les communes de Montrouge, Malakoff, Bourg-la-Reine, et Châtillon sont particulièrement concernées.
- Une forte **hausse du nombre d'épisodes caniculaires** qui peut décliner sur une surmortalité de la population sensible aux fortes chaleurs.
Sur le territoire, plusieurs épisodes caniculaires se sont présentés au cours de 15 dernières années (août 2003, juillet 2006 – 2016 et juin 2017). Lors ces épisodes, les températures ont dépassé largement les 35°C pendant plusieurs jours.
- Une **augmentation de la fréquence des épisodes de sécheresse** générant une baisse de la disponibilité des ressources en eau.
- Une **élévation du risque d'incendie** des espaces forestiers
- Une **dégradation de la qualité de l'air**, lors des vagues de chaleur très fortes : les températures au-delà de 30°C sont notamment favorables à la formation d'ozone au sol et d'autres polluants atmosphériques.
- La **quantité et la qualité de la ressource en eau pourra être altérée** suite à l'augmentation des températures avec des conséquences sur la santé humaine. La préservation de la ressource en eau est donc à privilégier sur le territoire.

La résilience du territoire de Vallée Sud - Grand Paris au changement climatique dépendra notamment des actions mises en œuvre :

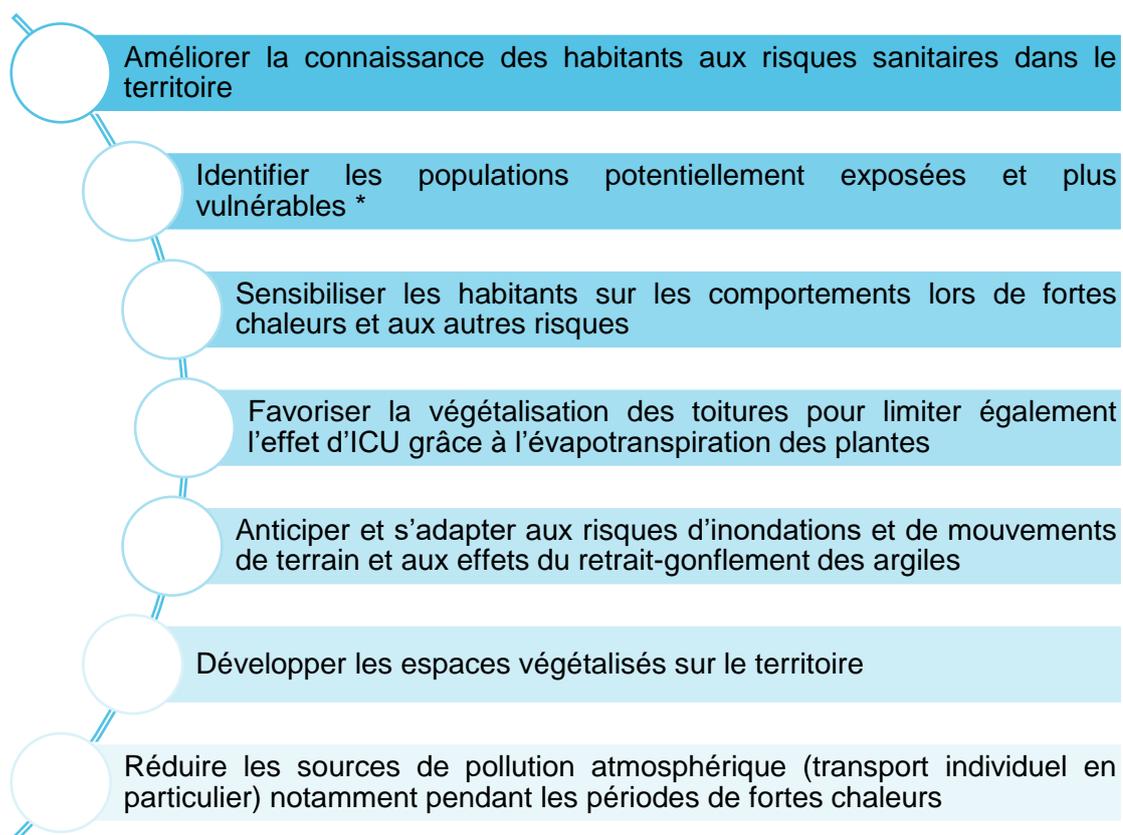
Les infrastructures d'approvisionnement et de transport devront être résistantes aux phénomènes climatiques. Afin de garantir la continuité des services essentiels et des services publics, les transports de personnes et de marchandises, les infrastructures de transport et de distribution de l'énergie, les captages stratégiques en eau potable, la gestion des stations d'épuration ainsi que celle des déchets devront intégrer les risques d'événements météorologiques extrêmes.

Les écosystèmes fournissent de nombreux services environnementaux tels que la régulation du climat local, la fourniture d'eau, de matériaux, le stockage du carbone, l'amélioration de la qualité de l'air, la pollinisation, la biodiversité, la production de biomasse etc. Le maintien de

leur fonctionnement est essentiel à la capacité d'adaptation du territoire. Ainsi, les corridors écologiques sont nécessaires pour lutter contre l'érosion de la biodiversité.

Les espaces ouverts présentent un rôle bénéfique, faible pour l'atténuation (fixation du carbone par la forêt/les sols, phénomène de puits de carbone), important pour l'adaptation (épuration de la pollution, évapotranspiration – rafraîchissement, réserve en eau du sol, régulation du climat au niveau local, production de masse végétale, alimentation). Dans un contexte d'adaptation, la question des continuités écologiques est également essentielle à l'évolution des peuplements végétaux et animaux.

La figure ci-dessous présente un exemple d'actions à réaliser afin de s'adapter aux effets du changement climatique :



* la sensibilité des personnes dépend notamment de leur fragilité sociodémographique (âge, conditions de santé, densité de population, etc.) et des caractéristiques de leur habitat (sur-occupation des logements, date de construction des logements, mauvaise isolation et/ou ventilation des logements...).

CONCLUSION

A l'échelle du territoire, les impacts seraient :

- Le territoire de Vallée Sud – Grand Paris semble particulièrement vulnérable à **l'augmentation des températures**, en entraînant une demande énergétique accrue en période estivale avec une augmentation des besoins de rafraîchissement pour le parc bâti. Il est important de favoriser l'isolation du bâtiment et de diffuser les consignes pour réduire ces besoins en rafraîchissement. De plus, la création d'îlots de fraîcheur dans le territoire sera essentielle.
- **L'augmentation de l'effet ICU** entraînant l'élévation des températures des zones urbanisées. L'effet d'îlot de chaleur urbain intervient comme un facteur aggravant de la canicule, et contribue à faire grimper davantage les températures par rapport à d'autres zones pourtant soumises aux mêmes conditions météorologiques.
- Une forte **hausse du nombre d'épisodes caniculaires** qui peut décliner sur une surmortalité de la population sensible aux fortes chaleurs.

La santé publique sera au cœur des problématiques liées à l'augmentation des températures (et des périodes caniculaires). Les populations les plus vulnérables, telles que les personnes âgées, les enfants et les femmes enceintes devront être protégées de ces effets.

- Une **augmentation de la fréquence des épisodes de sécheresse** générant une baisse de la disponibilité des ressources en eau.

Les actions nécessaires pour s'adapter au changement climatique sont :

- Adapter l'urbanisme pour éviter les îlots de chaleurs urbains (conceptions climatiques, végétalisation, ...)
- Sensibiliser les habitants sur les comportements lors des phases de chaleurs / inondations
- Réduire les sources de pollution atmosphérique (transport individuel en particulier) notamment pendant les périodes de fortes chaleurs

10 SYNTHÈSE DU DIAGNOSTIC ET IDENTIFICATION DES ENJEUX DU PCAET POUR LE TERRITOIRE

Si l'engagement dans la transition écologique est aujourd'hui nécessaire, il ne doit pas se concrétiser de manière déconnectée du territoire. C'est pourquoi, le diagnostic climat-air-énergie du territoire de Vallée Sud - Grand Paris doit se conclure avec l'identification des principaux enjeux et leviers d'action pour le territoire. Sur la base de ce double regard, les enjeux du Plan Climat ont été identifiés :

- **Réduire les consommations d'énergie**, principalement pour le secteur résidentiel. La réduction des consommations permet, d'un côté, de réduire les émissions directes de GES associées aux besoins énergétiques du parc bâti, et de l'autre côté de lutter contre la précarité énergétique des ménages du territoire.

Aujourd'hui, le secteur résidentiel est en forte évolution sur le territoire de Vallée Sud - Grand Paris, il est concerné par une augmentation importante du nombre de logements (+ 30 000 logements sont actuellement en cours de construction ou prévus dans les prochaines années). Cette hausse peut entraîner des consommations d'énergie et des émissions de gaz à effet de serre significatives.

- **Poursuivre l'optimisation des déplacements des résidents.** La voiture est fortement utilisée pour les déplacements des personnes. Cette dépendance à l'automobile conduit à de fortes émissions de GES, mais accentue également la pollution atmosphérique. Il s'agit donc de pouvoir accompagner les ménages à l'utilisation d'autres modes de transports moins polluants.
- **Favoriser la diversification du mix énergétique du territoire.** Le territoire compte un potentiel important des énergies renouvelables (solaire et géothermie, principalement). Le développement des sources énergétiques est la clé pour limiter les émissions de GES mais également pour réduire la dépendance énergétique du territoire et favoriser la création d'emplois.
- **S'adapter contre le changement climatique.** Le territoire est particulièrement vulnérable aux risques de retrait et gonflement des argiles, à l'effet d'îlots de chaleur urbains et aux inondations. Développer des stratégies pour s'adapter aux impacts du climat par la protection des biens et des personnes (plan canicule, plan inondation, lutte contre la précarité énergétique...) est essentiel. Les leviers relatifs à la sensibilisation des habitants au changement climatique, aux choix d'architectures bioclimatiques pour la conception des bâtiments et le développement de la végétalisation et des espaces verts auront également un grand rôle à jouer pour favoriser cette adaptation.
- **Améliorer la qualité de l'air** du territoire est un enjeu fort. Agir en faveur d'une qualité atmosphérique saine permettra de réduire les risques sanitaires et les coûts économiques associés.
- **Promouvoir les modes de production et la consommation responsable** grâce à la valorisation des produits locaux ainsi qu'à la mise en place d'une politique en faveur de la gestion et de la réduction des déchets, à la mise en œuvre des stratégies liées au développement de l'économie circulaire sur le territoire de Vallée Sud - Grand Paris.
- **Promouvoir la transition vers une alimentation à faible impact climatique** grâce aux actions de sensibilisation en lien avec les villes, au développement de l'agriculture urbaine et au travail avec les partenaires de restauration collective présents sur le territoire.

- **Développer la capacité du territoire à séquestrer du carbone** permettra de tendre vers la neutralité carbone. Dans ce cadre, développer les espaces végétalisés et limiter l’artificialisation des terres en application le principe de zéro artificialisation nette sera primordial pour stocker le carbone, permettre l’adaptation du changement climatique et participer à la continuité de la trame verte et bleue.
- **Être exemplaire.** L’exemplarité des collectivités est indispensable pour œuvrer à la transition énergétique. De réels leviers existent pour réduire la dépendance énergétique des collectivités et d’accompagner les acteurs économiques dans la mise en place des projets locaux. Les collectivités sont et seront de plus en plus un maillon indispensable au bon déploiement des énergies renouvelables, pour le respect des objectifs de la Stratégie nationale bas carbone.



REDUIRE LES EMISSIONS DE GES DIRECTES

- Ensemble, les secteurs résidentiel et tertiaire représentent 44% et 19% des consommations d'énergie (hors transport) et respectivement 25% et 10% des émissions de GES.
- Le mix énergétique du parc bâti est fortement dominé par les énergies fossiles.
- Un parc de logements ancien et peu performant énergétiquement.
- Une majorité du transport est effectué avec des énergies fossiles (90%). L'utilisation de gaz naturel ou de l'électricité reste faible

- Sensibiliser les habitants à la maîtrise de l'énergie
- Réduire les consommations d'énergie grâce à la rénovation du parc bâti.
- Encourager l'utilisation des EnR pour le chauffage et l'ECS
- Agir sur la mobilité quotidienne des personnes
- Privilégier l'usage des transports en commun



AMELIORER LA QUALITE DE L'AIR

- La principale source d'émission de polluants du territoire est le transport routier soit : 54% des émissions d'oxydes d'azote (NOx), 29% des émissions des PM₁₀ et 31% des émissions de PM_{2,5}
- Les émissions de polluants pour le parc bâti sont principalement dues au mode de chauffage.
- Les émissions des polluants ont un impact très fort sur la santé des habitants.
- Une dégradation de la qualité de l'air, lors de très fortes vagues de chaleur.

- Continuer à encourager auprès des habitants l'utilisation des modes de transport alternatifs



REDUIRE LES EMISSIONS DE GES INDIRECTS

- La consommation de biens représente 22% des émissions de GES.
- Le compostage des déchets verts a permis d'éviter des émissions de GES de 211 tCO_{2e}.
- Le recyclage du verre a limité des émissions de GES de l'ordre de 3 165 tCO_{2e}.

- Encourager un comportement plus responsable des habitants : consommer "local" pour réduire le transport des marchandises et favoriser la transition alimentaire du territoire vers une alimentation moins carbonée
- Améliorer la gestion des déchets auprès des habitants
- Favoriser le développement d'actions d'économie



DIMINUER LA DEPENDANCE ENERGETIQUE

- Une forte dépendance énergétique du territoire aux sources fossiles : 98% de l'énergie consommée sur le territoire (hors transports) est importée, ce sont donc au total 990 M€ qui sortent du territoire chaque année.
- Une grande partie du territoire présente un potentiel de développement de la géothermie favorable, notamment sur les communes d'Antony, Sceaux, Fontenay-aux-Roses et Bagneux
- La valorisation de l'énergie dans les réseaux d'assainissement est un potentiel existant mais pas exploité à l'heure actuelle.

- Remplacer progressivement des énergies fossiles riches en carbone par des énergies renouvelables
- D'une manière générale, le recours aux énergies renouvelables (géothermie, énergie solaire) constitue une réponse efficace à la problématique de l'effet de serre
- Accompagner les acteurs locaux dans des projets de production d'EnR.



S'ADAPTER AU CHANGEMENT CLIMATIQUE

- Les périodes de sécheresses sont amenées à augmenter
- Un territoire très sensible au phénomène du retrait et au gonflement des argiles.
- Une exposition forte aux risques de canicule et à l'effet d'îlot de chaleur urbain (ICU) du fait de sa densité urbaine

- Choisir une architecture bioclimatique pour la conception des bâtiments, afin de bénéficier d'un rafraîchissement estival naturel
- Sensibiliser les habitants aux impacts du changement climatique
- Favoriser le développement des espaces verts

11 ANNEXES

ANNEXE 1 : Sommaire des tableaux

Tableau 1 : Composition de Communes du territoire de Vallée Sud - Grand Paris	12
Tableau 2 : Correspondance entre les postes du Bilan Carbone et les secteurs demandés dans l'arrêté du 4 août 2016 pour les bilan GES des PCAET	19
Tableau 3 : Ratios de comparaison du bilan des émissions de GES territoriales	21
Tableau 4 : Récapitulatif des émissions de GES territoriales par poste (en 2016)	22
Tableau 5 : Quantités de déchets collectés sur le territoire par typologie et mode de traitement en 2016	34
Tableau 6 : Potentiel géothermique (Source : Schéma Directeur des réseaux de chaleur du Département des Hauts-de Seine)	74
Tableau 7 : Production d'énergie solaire thermique (Source : ROSE, 2014)	76
Tableau 8 : Production solaire photovoltaïque des installations supérieures à 36 kVA (Source : SIPPAREC, 2016)	77
Tableau 9 : Potentiel solaire thermique et photovoltaïque sur le territoire Vallée Sud - Grand Paris sur les toitures de plus de 5 000m ² (Source : APUR 2015, étude Paris 2050 Air Energie Climat)	80
Tableau 10 : Potentiel de récupération d'énergie de la chaleur industrielle en 2015 (Source : Schéma Directeur des réseaux de chaleur du Département des Hauts-de-Seine, Décembre 2017)	87
Tableau 11 : Potentiel de récupération d'énergie sur les réseaux d'eaux usées du territoire en 2015 (Source : Schéma Directeur des réseaux de chaleur du Département des Hauts-de-Seine, Décembre 2017)	89
Tableau 12 : Potentiel de raccordement par commune du territoire de Vallée Sud - Grand Paris (Source : RTE, Schéma régional de raccordement au réseau des énergies renouvelables de la région Ile-De-France)	105
Tableau 13 : Potentiel de raccordement des réseaux de chaleur sur le territoire de Vallée Sud - Grand Paris (Source : APUR, étude Paris 2050 Air Energie Climat)	106
Tableau 14 : Emissions de polluants atmosphériques par secteur (Source AirParif – données 2012)	112
Tableau 15: Séquestration carbone en 2012 à l'échelle du territoire de Vallée Sud - Grand Paris	120
Tableau 16 : Emissions territoriales de carbone associées aux changements de sols entre 2008 et 2012 - (Source : Corine Land Cover – Alterea)	Erreur ! Signet non défini.
Tableau 17 : Nombre d'arrêtés des catastrophes naturelles des communes de Vallée Sud - Grand Paris (Source : communes.com)	128
Tableau 18 : Nombre d'arrêtés des catastrophes naturelles des communes de Vallée Sud - Grand Paris (Source : communes.com)	130
Tableau 19 : Impacts potentiels du changement climatique sur le territoire	136

ANNEXE 2 : Sommaire des graphiques

Figure 1 : Articulation du PCAET avec les autres plans stratégique	9
Figure 2 : Actions de développement durable des communes de l'EPT - Vallée Sud - Grand Paris	15
Figure 3 : thématiques du diagnostic du PCAET de Vallée Sud – Grand Paris	17
Figure 4 : Répartition des émissions de GES du territoire de Vallée Sud - Grand Paris	23
Figure 5 : Emissions de GES territoriales par scope, selon les postes du Bilan Carbone® (en 2016).	24
Figure 6: Emissions de GES par mode de transport (tCO ₂ e,%) sur le territoire de Vallée Sud - Grand Paris en 2016.	25
Figure 7: Émissions annuelles de GES en fonction du type de carburant sur le territoire de Vallée Sud - Grand Paris (en 2016)	25
Figure 8: Consommations d'énergie et émissions de GES territoriales liées au secteur résidentiel, en MWh _{EF} et tCO ₂ e (en 2016)	27
Figure 9: Consommations territoriales d'énergie et émissions de GES liées au secteur résidentiel, en % (en 2016).	27
Figure 10: Répartition des émissions territoriales de GES pour le poste « consommation » (tCO ₂ e et%, en 2016)	29
Figure 11: Emissions de GES par type de repas (données ADEME)	29
Figure 12: Répartition des émissions de GES liées aux bâtiments du secteur tertiaire, en MWh _{EF} et tCO ₂ e	30
Figure 13: Répartition des émissions de GES liées aux bâtiments du secteur tertiaire,%	31
Figure 14 : Surface des bâtiments construits en 2016 sur le territoire et répartition des émissions de GES par types de bâtiments, en m ² et tCO ₂ e (Source Sitadel pour les surfaces)	31
Figure 15 : Répartition des émissions territoriales de GES par type de carburant, liées au transport de marchandises	32
Figure 16 : Répartition des émissions territoriales de GES par type de véhicule, liées au transport de marchandises (en 2016).	32
Figure 17 : Répartition des émissions de GES liées au secteur industriel	33
Figure 18 : Répartition des émissions de GES liées au secteur industriel	33
Figure 19 : Emissions territoriales de GES en fonction de la quantité de déchets produits et émissions de GES évitées	Erreur ! Signet non défini.
Figure 20: Emissions territoriales de GES liées à la production d'énergie en 2014	36
Figure 21 : Application des objectifs nationaux et européens de réduction des émissions du territoire	37
Figure 22 : Répartition des consommations d'énergie en GWh _{EF} par secteur (Source : WattStrat en 2015). La consommation des secteurs non visibles est nulle.	40
Figure 23 : Répartition des consommations territoriales d'énergie en% par source d'énergie (Source : WattStrat en 2015)	41
Figure 24 : Consommations annuelles d'énergie en GWh _{EF} par secteur et par source d'énergie (Source : WattStrat en 2015)	41

Figure 25 : Répartition des consommations territoriales du territoire de Vallée Sud - Grand Paris par usage (Source : ENERGIF 2015)	42
Figure 26 : Répartition des consommations d'énergie, hors transport, par commune et par type d'énergie (Source : ENERGIF 2015)	44
Figure 27 : Consommations énergétiques moyennes par habitant et par commune (Source : ENERGIF 2015)	45
Figure 28 : Répartition des types de résidence sur le territoire de VALLÉE SUD - GRAND PARIS (Source : INSEE 2015)	45
Figure 29 : Part des logements collectifs et individuels dans le parc de résidences principales par commune (Source : INSEE 2015)	46
Figure 30 : Période de construction des résidences principales par commune du territoire (Source : INSEE 2015)	47
Figure 31 : Répartition des logements de Malakoff, Bagneux, Clamart et Fontenay-aux-Roses en fonction de leur classe de DPE (Source : PLH CA Sud de Seine 2015-2020)	48
Figure 32 : Répartition des consommations dans le secteur résidentiel par type d'énergie (GWh,%) (Source : WattStrat 2015)	48
Figure 33 : Répartition des consommations par type de carburant et par véhicule (Source : WattStrat 2015)	49
Figure 34 : Répartition de la consommation dans le secteur du transport de marchandises par type d'énergie (GWh,%) (Source : WattStrat 2015)	50
Figure 35 : Répartition des consommations territoriales par type de carburant et par véhicule (Source : WattStrat 2015)	50
Figure 36 : Répartition des types de bâtiments dans le secteur tertiaire (Source : INSEE, 2015)	51
Figure 37 : Répartition de la consommation dans le secteur tertiaire par type d'énergie en GWh,% (Source : WattStrat 2015)	52
Figure 38 : Répartition des industries par commune (Source : INSEE, 2015)	53
Figure 39 : Répartition des consommations dans le secteur de l'industrie (hors énergie) par type d'énergie en GWh,% (Source : WattStrat 2015)	53
Figure 40 : Répartition des ménages sur les départements 92-93-94 (Source : SIPPAREC)	56
Figure 41 : Répartition des ménages dans l'EPT Vallée Sud Grand Paris (Source : SIPPAREC)	56
Figure 42 : Nombre de ménages en précarité énergétique dans la Vallée Sud Grand Paris (Source : SIPPAREC)	57
Figure 43 : Taux d'exposition à la précarité énergétique (Source : SIPPAREC)	57
Figure 44 : Taux d'effort logement + énergie parmi les précaires (Source : SIPPAREC)	58
Figure 45 : Proportion des ménages en précarité énergétique en 2016 (Source : SIPPAREC)	59
Figure 46 : Proportion des ménages en précarité énergétique en 2016 (Source : SIPPAREC)	59
Figure 47 : Taux d'effort logement (Source : SIPPAREC)	60
Figure 48 : Taux d'exposition spécifique (Source: SIPPAREC)	60
Figure 49 : Proportion de ménages en précarité énergétique en 2046 (Source : SIPPAREC)	61
Figure 50: Balance énergétique du territoire de Vallée Sud - Grand Paris – (Source Alterea)	95

Figure 51 : Consommation et production d'énergie sur le territoire de Vallée Sud - Grand Paris (2014-2015)	95
Figure 52 : Facture énergétique du territoire de Vallée Sud - Grand Paris	96
Figure 53 : Emissions de polluants du territoire de VALLÉE SUD - GRAND PARIS (AirParif : 2012)	112
Figure 54 : Emissions de polluants par commune du territoire de Vallée Sud - Grand Paris en t/ans (AirParif : 2012)	113
Figure 55 : Emissions de polluants par secteur d'activité (AirParif 2012)	113
Figure 56 : Nombre d'habitants concernés par un potentiel dépassement de la Valeur Limite Annuelle en dioxyde d'azote en 2015 (Source : diagnostic PCAEM, données AirParif - juillet 2017)	114
Figure 57 : Emissions de PM10 par EPT – Métropole du Grand Paris. AIRPARIF – 2012 (Source : diagnostic PCAEM, données AirParif - juillet 2017)	115
Figure 58 : Nombre d'habitants concernés par un potentiel dépassement de la Valeur Limite Journalière en PM10 en 2016, Bilan de la qualité de l'air dans la Métropole du Grand Paris – Année 2016, AIRPARI	115
Figure 59 : Émissions de PM ₁₀ pour 100 km parcourus, selon le mode de déplacement utilisé et la date de fabrication.	116
Figure 60 : Flux de carbone du territoire de Vallée Sud - Grand Paris en 2012 Erreur ! Signet non défini.	
Figure 61 : Schéma des composantes de la vulnérabilité (Source : ALTEREA)	122
Figure 62 : Schéma du phénomène de retrait-gonflement des argiles (Source BRGM)	129
Figure 63 : Schéma de l'îlot de chaleur de l'agglomération parisienne (Source : Météo-France, 2009) Erreur ! Signet non défini.	
Figure 64: Positionnement des différentes technologies de stockage. Source : IFP Energies Nouvelles	152
Figure 65 : Schéma de principe STEP. Source : EnerGeek 2011	153
Figure 66 : Schéma de principe CAES, issu de l'unité de Huntorf. Source : IFP Energies Nouvelles	153
Figure 67 : Schéma de principe Stockage BTES. Source : www.inhabitat.com	154

ANNEXE 3 : Sommaire des cartes

Carte 1 : Territoire Vallée Sud Grand Paris	11
Carte 2 : Répartition des consommations d'énergie par commune (Source : WattStrat 2015)	43
Carte 3 : Sources de production via géothermie basse énergie (Source : ROSE, 2014)	70
Carte 4 : Sources de production via géothermie très basse énergie (Source : ROSE, 2014)	70
Carte 5 : Potentiel de déploiement de géothermie intermédiaire et profonde, en MWh (Source : ENERGIF, 2014)	72
Carte 6 : Potentiel de développement de la géothermie intermédiaire et profonde, sur les réseaux de chaleur (Source : ENERGIF, 2014)	73
Carte 7 : Sources de production de solaire thermique (Source : ROSE, 2014)	75
Carte 8: Production solaire sur le territoire de Vallée Sud - Grand Paris (Source : Rose et SIPPAREC, cf. détail dans les tableaux 12 et 13)	77
Carte 9 : Potentiel en solaire photovoltaïque, et thermique, sur le territoire Vallée Sud - Grand Paris (Source : APUR 2015, étude Paris 2050 Air Energie Climat)	79
Carte 10 : Potentiel en solaire photovoltaïque, et thermique, sur la commune d'Antony (Source : APUR 2015, étude Paris 2050 Air Energie Climat)	80
Carte 11 : Potentiel de développement de l'énergie solaire sur le territoire de Vallée Sud - Grand Paris (Source : APUR, 2015, cf. détails dans le tableau 9)	81
Carte 12 : Puissance des centrales PV existantes sur le territoire et potentiel théorique des bâtiments non encore équipés – version (Source : SIPPAREC-2018).	82
Carte 13 : Potentiel valorisable d'après les gisements des collecteurs d'assainissement 2030 (Source : ENERGIF, 2014)	88
Carte 14 : Recensement des Data Centers sur le territoire de Vallée Sud - Grand Paris et de la demande en basse température (Source : ROSE, 2015)	90
Carte 15 : Potentiel de récupération d'énergie sur les data centers de Vallée Sud - Grand Paris (Source : ADEME, Étude des potentiels de production et de valorisation de chaleur fatale en Île-de-France, 2015)	91
Carte 16 : Présentation des réseaux électriques sur le territoire de la MGP (Source : Diagnostic du PCAEM – APUR)	98
Carte 17 : Présentation du réseau de transport et de stockage de gaz naturel sur la Région Ile-de-France (Source : Diagnostic du PCAEM 2017)	100
Carte 18 : Récapitulatif des réseaux de chaleur de Vallée Sud - Grand Paris alimentés par sources renouvelables (Source : Association des Maires de Hauts-de-Seine)	102
Carte 19 : Etat d'avancement des projets de géothermie sur le territoire de Vallée Sud - Grand Paris (Source : SIPPAREC, 2016)	103
Carte 20 : Potentiel énergétique à 2020 pour le développement des réseaux de chaleur – zones situées à moins d'1 km d'un réseau de chaleur (Source : ENERGIF, 2014)	107
Carte 21 : Potentiel énergétique à 2030 pour le développement des réseaux de chaleur – zones situées à moins d'1 km d'un réseau de chaleur (Source : ENERGIF, 2014)	107
Carte 22 : Occupation de sols à l'échelle du territoire de Vallée Sud - Grand Paris (2012)	Erreur !
Signet non défini.	

Carte 23 : Communes exposées au phénomène du retrait-gonflement des argiles (Source : DDRM des Hauts-de-Seine Risques Naturels – Le risque Mouvements de terrain) 130

Carte 24: Vulnérabilité des îlots à la chaleur urbaine la nuit. Source : Diagnostic PCAEM **Erreur ! Signet non défini.**

Carte 25 : Zones à effet de l'îlot de chaleur urbain la nuit et limite (jaune), en 2003. Source : Diagnostic PCAEM **Erreur ! Signet non défini.**

ANNEXE 5 : Données Bilan Carbone Territoire

Poste	Catégorie	Donnée	Quantité	Unité	Source	Remarques	Emissions tCO2e
Généralités							
Généralités	Territoire	Vallée Sud Grand Paris					
	Année de collecte	2016					
	Données socio-économiques	Nombre d'habitants	393 673	habitants	INSEE		
		Nombre de logement	186 781	logements	INSEE		
		Nombre d'emplois	150 000	actifs	VSGP		
		Nombre d'actifs parmi la population	260 000	actifs	VSGP	LE MAGAZINE DE L'IMMOBILIER D'ENTREPRISE - 2018	
Surfaces agricoles		1	hectares	AGRESTE			
Production d'énergie							
Production d'énergie	Consommations des centrales, raffineries, incinérateurs, ...	Bois	0	Tep			0
	Production EnR (éolien, photovoltaïque, ...)	Solaire thermique	700 000	KWh	ROSE		0
		Biomasse	3 700 000	KWh			122
		Géothermie (réseau)	0	KWh			0
	Production énergie fossile	Extraction pétrole	0	Tonnes			0
							122,100
Industries							
Industries	Consommations énergétiques	Electricité	125 960 000	KWh	VSGP	Produits pétroliers	7 754
		Gaz	114 630 000	KWh			27 581
		Fioul	15 250 000	KWh			5 018
		Réseau de chaleur	1 750 000	KWh			375
		Charbon	16 390 000	KWh			6 140
		Autres	15 400 000	KWh			
			289 380 000				
Tertiaire							
Tertiaire	Consommations énergétiques	Electricité	716 356 909	KWh	VSGP	Produits pétroliers	39 600
		Gaz	370 107 976	KWh			89 050
		Fioul	256 571 163	KWh			84 426
		Réseau de chaleur	13 634 261	KWh			2 925
		Autres	80 778 973	KWh			
Résidentiel							
Résidentiel	Consommations énergétiques	Electricité	1 073 561 409	KWh	VSGP	Produits pétroliers	59 346
		Gaz	1 269 485 399	KWh			305 445
		Fioul	324 669 284	KWh			106 834
		Bois	327 000 789	KWh			10 791
		Gaz Bouteille	5 941 817	KWh			1 436
		Réseau de chaleur	342 405 396	KWh			73 446
Fret							
Fret	Transport de marchandises (VUL)	Diesel	372 145 437	KWh	VSGP	les consommations d'électricité y compris les VHR (Hybride) : considérés en électrique	120 203
		Essence	10 869 133	KWh			3 392
		Electrique (y compris VHR)	2 403 521	KWh			160
		GNV	1 037 176	KWh			##
	Transport de marchandises (Poids lourds)	Diesel	42 514 113	KWh	VSGP		209
		Essence	3 362 193	KWh			1 049
							125 266

Poste	Catégorie	Donnée	Quantité	Unité	Source	Remarques	Emissions tCO2e
Transports de personnes							
Transports de personnes	Transport de personnes (VP)	Diesel	864 434 681	KWh	VSGP		279 212
		Essence	619 294 160	KWh			193 282
		Electrique (y compris VHR)	23 553 805	KWh			1 285
		Biocarburant	161 306 291	KWh			8 514
		GNV	252 782	KWh			62
	Transport de personnes (VUL)	Diesel	181 694 537	KWh	VSGP		58 687
		Essence	5 306 694	KWh			1 656
		Electrique (y compris VHR)	1 173 483	KWh			202
		Biocarburant	13 660 512	KWh			721
	Transport de personnes (TC)	GNV	506 386	KWh			123
		Diesel	128 931 117	KWh	VSGP		41 645
		Essence	27 115 487	KWh			8 463
		Electricité	12 759 285	KWh			763
		Biocarburant	27 428 635	KWh			1 448
GNV	2 500 418	KWh		610			
							596 673
Déchets							
Déchets	Ordures ménagères résiduelles	Tonnage	99 675	Tonnes	VSGP SYCTOM SIMACU R		4 751
		Mode de traitement		incinération avec valorisation énergétique			
	Emballages	Tonnage	14 854	Tonnes	VSGP SYCTOM SIMACU R		485
		Mode de traitement		Recyclage			
	Verre	Tonnage	7 501	Tonnes	VSGP SYCTOM SIMACU R		245
		Mode de traitement		Recyclage			
	Encombrants	Tonnage	9 459	Tonnes	VSGP SYCTOM SIMACU R		309
		Mode de traitement		Recyclage			
	Déchets verts des ménages	Tonnage	7 955	Tonnes	VSGP SYCTOM SIMACU R		863
		Mode de traitement		Compostage			
							6 653
Construction							
Construction	Surfaces de bâtiments construits de l'année de référence par type (bureaux, enseignement, logements commerces)	Durée d'immobilisation	1	Années			-
		Hôtels	7 906	m²	Statistiques de la construction SITADEL (2016)	Sit@del2 - Surface de locaux autorisés par type et par commune (2007-2016) - données arrêtées à fin septembre 2017	4 000
		Commerce	3 965	m²			2 181
		Bureaux	84 052	m²			39 420
		Artisanat	1 601	m²			1 321
		Locaux industriels	76 324	m²			62 967
		Service public	21 998	m²			10 317
		Logements	117 440	m²		Sit@del2 - Logements autorisés par type et par commune (2007-2016) - données arrêtées à fin septembre 2017	51 204
							171 411

Poste	Catégorie	Donnée	Quantité	Unité	Source	Remarques	Emissions tCO2e
Consommation							
Consommation	Alimentation	Nombre de repas par	206 098 705	repas	Déterminé en fonction du nombre des habitants et d'emplois sur le territoire		467 844
	Intrants	Encombrants	9 459	tonnes	A partir des quantités de déchets produits		309
		Emballages	14 854	tonnes			485
		Verres	7 501	tonnes			7 704
							476 342
Emissions totales							2 196 636

ANNEXE 6 : Modes de stockage d'énergie

La hausse de la production d'énergies renouvelables peut entraîner une problématique du stockage puisque ces énergies sont soumises à de grosses variations. En effet, les EnR sont intermittentes, c'est-à-dire, elles ne sont pas disponibles en permanence en raison de l'intermittence des ressources. Il est donc nécessaire de pouvoir gérer le rapport entre l'énergie produite et la demande des consommateurs via le stockage.

Les technologies de stockage se séparent en deux catégories, le stockage d'électricité et le stockage de chaleur. Il existe plusieurs types de technologies de stockage massif d'électricité à des niveaux de maturité différents :

- **Mécanique** (potentielle ou cinétique) : stockage gravitaire par pompage (STEP), stockage par air comprimé (CAES), volants d'inertie ;
- **Électrochimique et électrostatique** : batteries, condensateurs, superconducteurs ;
- **Thermique et thermochimique** : chaleur sensible ou chaleur latente, énergie par sorption ;
- **Chimique** : hydrogène, méthanation, etc.

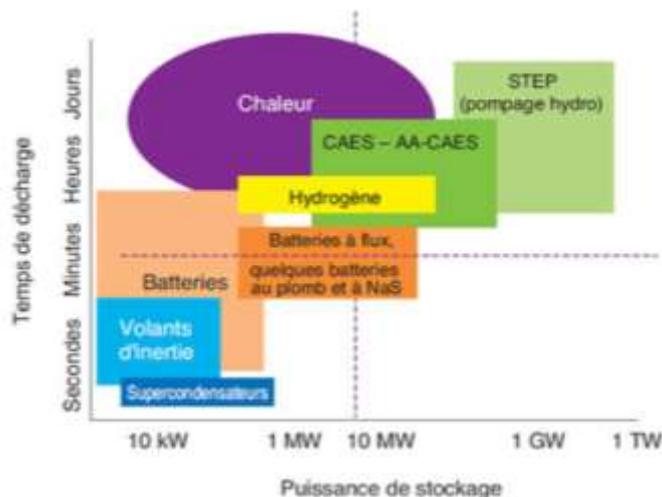


Figure 64: Positionnement des différentes technologies de stockage. Source : IFP Energies Nouvelles

La figure ci-contre présente un classement par puissance et temps de décharge des technologies de stockage.

MODE DE STOCKAGE MECANIQUE

Les technologies permettant la gestion de fortes puissances sur des périodes longues concernent principalement les STEP⁵³, les CAES⁵⁴ et la chaleur. Le stockage massif de l'énergie est majoritairement du stockage stationnaire mais quelques batteries mobiles peuvent aussi stocker des quantités d'énergie de l'ordre de quelques dizaines de MWh. Ces batteries sont utilisées comme réserve d'énergie à la différence des batteries UPS (*Uninterruptible Power Systems*) qui livrent une brève impulsion en régime continu (pour mettre en route un générateur de secours par exemple).

⁵³ Station de Transfert d'Énergie par Pompage

⁵⁴ Stockage d'électricité sous air comprimé - Compressed Air Energy Storage

■ **Station de transfert d'énergie par pompage - STEP**

Une STEP est une technologie utilisant l'énergie potentielle de l'eau. Le principe est de pomper de l'eau pour la stocker dans des bassins d'accumulation en hauteur lorsque la demande d'énergie est faible (c'est la phase de pompage) ; et lorsque la demande est forte, de turbiner cette eau en la laissant redescendre pour produire de l'électricité. Le rendement d'une telle installation est d'environ 75%.

Cette technologie est mature : elle représente près de 99% des capacités de stockage massif d'énergie installées dans le monde (400 STEP installées dans le monde, pour une puissance de 125 GW), mais demande des installations conséquentes. En effet, elle nécessite deux bassins, positionnés l'un en-dessous de l'autre.

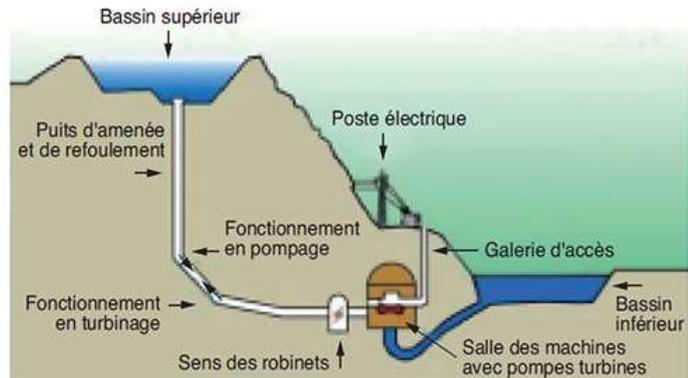


Figure 65 : Schéma de principe STEP. Source : EnerGeek 2011

■ **Stockage d'électricité sous forme d'air comprimé (ou CAES) :**

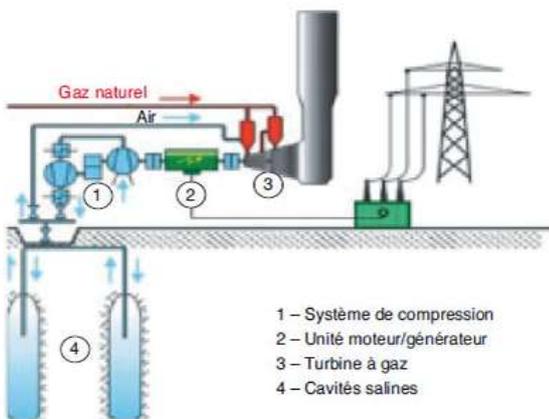


Figure 66 : Schéma de principe CAES, issu de l'unité de Huntorf. Source : IFP Energies Nouvelles

Le principe est d'utiliser le surplus d'électricité pour alimenter un compresseur qui comprime l'air. L'air comprimé est stocké dans une cavité ou un réservoir en sous-sol ; et lors des pics de consommation, le réservoir est rouvert et l'air passe par une turbine pour produire de l'électricité (étape 2 sur le schéma).

Lorsque le gaz est comprimé, sa température augmente. Or, dans un CAES conventionnel, le réservoir n'est pas capable de conserver une haute pression et une haute température, on observe donc des pertes thermiques. Ces pertes doivent être compensées, lors de la phase de détente, par une source d'énergie extérieure (étape 3 sur le schéma ci-contre).

Ceci a une incidence directe sur le rendement, qui est de l'ordre de 50%.

MODE DE STOCKAGE ELECTROCHIMIQUE ET ELECTROSTATIQUE

Utilisées comme réserve massive d'énergie elles peuvent délivrer une puissance pendant quelques heures ou sur plusieurs jours et résister à un certain nombre de cycles de

charge/décharge. Leur utilisation se situe plutôt à l'échelle d'un bâtiment ou d'une petite collectivité où elles permettent d'optimiser la gestion de sources d'énergie renouvelables, solaire ou éolienne (ou autre), notamment pour le lissage de la charge journalière en stationnaire.

Quelques batteries au plomb peuvent répondre à ce besoin, de même que des batteries au sodium ou lithium-ion, mais ce sont surtout les batteries à flux qui font l'objet d'études pour le stockage massif à ce jour. En effet, le critère du nombre de cycle (durée de vie) est largement en sa faveur : 10 000 cycles pour une batterie à flux, contre quelques centaines pour les batteries au plomb, voire quelques milliers pour les nouvelles batteries sodium.

MODE DE STOCKAGE THERMIQUE

Il concerne principalement le chauffage (ou la climatisation) des bâtiments. Les sources de chaleur proviennent en premier lieu du solaire pour lequel le stockage permettrait de réduire les effets de son intermittence et du décalage entre les périodes les plus productives (le jour/l'été) par rapport aux périodes de plus grandes demandes (le soir/l'hiver).

■ Chaleur sensible

Le stockage sensible de grande capacité concerne surtout le stockage saisonnier en réservoirs, soit dans des aquifères naturels (ATES⁵⁵), soit dans des roches (BTES⁵⁶).

Il y a deux facteurs clés pour les matériaux de stockage étudiés : l'inertie thermique, la capacité à supporter de très hautes températures.

Quelques ATES existent déjà, comme celui de Neubrandenburger Stadtwerke en Allemagne, mis en service en 2004 et mettant en œuvre un stockage de 4 MW de puissance.

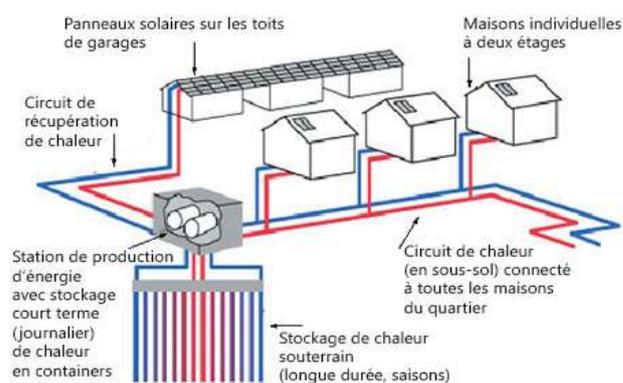


Figure 67 : Schéma de principe Stockage BTES. Source : www.inhabitat.com

Plusieurs projets structurants sont en cours : le programme ECES (Energy Conservation through Energy Storage) de l'AIE est probablement le plus actif (15 projets en cours), mais des actions sont également lancées en Europe (programmes de l'EERA), et en France (projets ANR-Ancre, suite au projet Geostocal).

■ Chaleur latente

Les matériaux à changement de phase qui présentent des opportunités intéressantes pour le stockage de chaleur latente sont de plusieurs types : métaux, matériaux organiques ou inorganiques. Ces matériaux sont souvent utilisés dans les matériaux de construction pour tempérer les bâtiments. Il n'existe pas à ce jour d'installations de stockage de grande capacité basées sur ce principe mais de nombreux projets sont en cours, en particulier aux USA.

⁵⁵ Aquifer Thermal Energy Storage

⁵⁶ Borehole Thermal Energy Storage

MODE DE STOCKAGE THERMOCHIMIQUE

Par rapport aux deux voies précédentes, les procédés mis en œuvre ici sont plus complexes : séparation des produits au stockage, mise en contact des réactants à la restitution, possibilité de changements de phase lors du cyclage. Les réactions de sorption semblent les plus adaptées à la climatisation des bâtiments et des applications existent.

- **Chimique**

En cas de surproduction, l'électricité excédentaire pourrait servir à produire de l'hydrogène, via le processus d'électrolyse. A partir d'ici, deux cas sont possibles.

Lorsque la demande électrique est de nouveau plus forte que la production, l'hydrogène produit pourrait fournir de l'électricité grâce à une pile à combustible.

La plateforme MYRTE récemment installée en Corse illustre ce principe : elle est constituée d'une centrale photovoltaïque d'une puissance installée de 560kW reliée à un électrolyseur qui convertit l'électricité en hydrogène pendant les heures creuses. En effet, lorsque l'électricité produite par une énergie renouvelable (solaire photovoltaïque, éolien...) n'est pas consommée directement, elle est utilisée pour effectuer une réaction d'électrolyse de l'eau pour la transformer en hydrogène et oxygène. Ces gaz sont alors stockés, et lors des pics de consommation, ils sont recombinaés en effectuant la réaction électrochimique inverse pour produire de l'électricité.

L'hydrogène pourrait également être injecté dans le réseau gazier (à hauteur de 10%, sans modification des infrastructures existantes), cette technologie est appelée *Power to Gas*.

L'hydrogène présente l'avantage d'avoir une très forte densité énergétique. En effet, on peut stocker 33 000 Wh/kg d'hydrogène, contre 200 Wh/kg de batterie électrique classique. Ce gaz est cependant assez instable, et donc plus difficile à stocker ; mais de plus en plus d'entreprises proposent des solutions innovantes et prometteuses.

MODE DE STOCKAGE CHALEUR

Il s'agit de stocker de la chaleur grâce à différentes technologies en chauffant un média lorsque l'énergie thermique produite serait normalement perdue (par des panneaux solaires thermiques en été par exemple), puis en stockant cette eau chauffée dans des contenants adéquats pour conserver la chaleur et la délivrer en période de chauffage des bâtiments par exemple.

- **Thermo-electrical Energy Storage (TEES)**

Le TEES est une technologie alternative de stockage reposant sur des cycles thermodynamiques, étudiée principalement par ABB Research Ltd. Le système consiste à convertir de l'électricité produite en excès en énergie thermique pendant la phase de charge, à stocker cette chaleur via un fluide circulant, puis à la reconvertir en électricité pendant la phase de décharge.

- **Pumped Heat (ou Thermal) Electricity Storage (PHES ou PTES)**

→ La technologie PHES, mise au point par Saipem, repose également sur la thermodynamique. Elle s'apparente à une "super" pompe à chaleur réversible qui comprime de l'argon et le fait circuler dans deux conteneurs externes de graviers de températures différentes (800°C et -70°C). Un projet de 20 M\$ pour la réalisation d'un démonstrateur au Royaume-Uni a été signé en juin 2012.

→ La technologie PTES, étudiée notamment dans le projet SETHER soutenu par l'ANR, est équivalente et repose sur un cycle thermodynamique au cours duquel de l'énergie électrique est emmagasinée sous forme de chaleur sensible dans des matériaux réfractaires portés à haute température, puis restituée au moment du besoin.

ANNEXE 7 : Centrales PV exploitées par le SIPPAREC sur le territoire

Nom	Puissance (kWc)	Surface panneaux (m ²)	Type d'intégration	Date mise en service	Nom
Médiathèque François Mitterrand	13,5	106	Toiture terrasse sur bacs lestés non intégrés	06/05/2009	MAIRIE DE CLAMART
Groupe scolaire Moulin des Pierres	12,6	280	Membrane d'étanchéité en toiture terrasse	28/06/2011	MAIRIE DE CLAMART
Gymnase Bretagne	80	554	Intégration sur bac acier	20/12/2012	MAIRIE DE CLAMART
Ecole des Rochers	36	239	Toiture en intégration sur tuiles	18/10/2013	MAIRIE DE CLAMART
Ecole Jean Jaurès	55,2	393	Toiture en intégration sur tuiles	17/08/2012	MAIRIE DE MALAKOFF
Ecole Louise Michel	8,64	180	Intégration sur toiture zinc	04/04/2013	MAIRIE DE CLAMART
Gymnase Condorcet	19,58	446	Membrane d'étanchéité	03/04/2012	MAIRIE DE CLAMART
Gymnase Jardin Parisien	30,6	648	Membrane d'étanchéité	04/04/2012	MAIRIE DE CLAMART