



Commune d'Anières

Plan Directeur communal des Energies



Mandataire



Enercore

*Maîtrise énergétique
Bâtiments & Territoires*

Enercore Sàrl
Rue du Champ-Blanchod, 13
1228 Plan-les-Ouates

Assistance à maîtrise d'ouvrage



Energy Management S.A.
Chemin du Pré-Fleuri 5
1228 Plan-les-ouates



Table des matières

1	Abréviations.....	1
2	Introduction.....	2
3	Analyse du contexte communal	3
3.1	Géographique et urbain	3
3.2	Foncier.....	4
3.3	Développements futurs du bâti.....	6
3.4	Développements futurs liés au transport	8
3.5	Situation actuelle du point de vue de l'énergie	9
3.6	Environnement, pollution	10
4	Besoins et consommations énergétiques actuelles pour le bâti.....	12
4.1	Données utilisées et découpage territorial	12
4.2	Typologie du bâti	13
4.3	Fourniture de chaleur.....	15
4.3.1	Agents énergétiques utilisés	15
4.3.2	Besoins utiles en chaleur.....	16
4.4	Fourniture d'électricité.....	17
5	Besoins et consommations énergétiques actuelles pour la mobilité	19
6	Consommations énergétiques globales de la commune (synthèse).....	21
7	Ressources renouvelables et réseaux à disposition	22
7.1	Géothermie	22
7.1.1	Géothermie basse profondeur	23
7.1.2	Géothermie moyenne et grande profondeur	24
7.2	Utilisation du lac ou des cours d'eau.....	24
7.3	Solaire.....	25
7.4	Biomasse.....	27
7.4.1	Filière du bois-énergie.....	27
7.4.2	Filière des co-produits et déchets agricoles.....	27
7.5	Récupération thermique sur le réseau d'eaux usées.....	28
7.6	Aérothermie	29

7.7	Réseaux et infrastructures énergétiques existants	29
7.8	Résumé des ressources et infrastructures	30
8	Synthèse de l'état des lieux et premières orientations.....	31
9	Stratégies énergétiques locales visant à maîtriser les besoins thermiques du bâti	32
10	Stratégies de valorisation des ressources locales et mise en œuvre de technologies pour le bâti	35
10.1	Zones villas/Chevrens/Hospice	35
10.2	Zone village.....	37
11	Stratégies de mise en place d'infrastructures énergétiques pour le bâti	41
11.1	Zones villas/Chevrens/Hospice	41
11.2	Zone village.....	41
12	Impact de la mise en œuvre des stratégies sur la consommation des agents énergétiques pour la fourniture en chaleur du bâti	43
12.1	Zones villas/Chevrens/Hospice	43
12.2	Zone village.....	44
13	Impact de la mise en œuvre des stratégies sur les productions locales d'électricité	46
14	Stratégies locales pour la mobilité	47
15	Analyse des stratégies énergétiques locales.....	48
15.1	Zones villas/Chevrens/Hospice	48
15.2	Zone village.....	52
16	Objectifs à atteindre par la commune.....	57
17	Fiches action	59
17.1	Réalisation d'un cadastre de la chaleur.....	60
17.2	Incitation à la rénovation thermique et à l'installation de PAC (avec ou sans géothermie) .	62
17.3	Mutualisation de l'espace pour l'implantation de sondes géothermique	64
17.4	Elaboration d'un règlement communal avec l'octroi de subventions	65
17.5	Réalisation d'un réseau de chauffage à distance (CAD).....	66
17.6	Engagement de la commune sur la performance thermique de ses bâtiments.....	68
17.7	Navettes pour la population et le ramassage scolaire	69

Tableaux

<i>Tableau 1 : Liste et description des projets de développement du bâti</i>	7
<i>Tableau 2 : consommations annuelles de chaleur en kWh par agents énergétiques et par zone</i>	16
<i>Tableau 3 : consommations annuelles d'électricité pour le confort (hors chaleur) en kWh - par zones</i>	18
<i>Tableau 4 : valeurs des potentiels de production solaire thermique et photovoltaïque</i>	27
<i>Tableau 5 : synthèse de l'utilisation possible des ressources et réseaux</i>	30
<i>Tableau 6 : zone village – analyse de la robustesse des 3 options de réseau de CàD</i>	54
<i>Tableau 7 : zone village – comparaison économique des trois options de CàD</i>	56

Figures

<i>Figure 1 : contexte géographique et urbain de la commune</i>	4
<i>Figure 2 : Etat des propriétés foncières (sans couleur = propriétés privées) – source SITG</i>	5
<i>Figure 3 : bâtiments du patrimoine administratif et financier de la commune</i>	6
<i>Figure 4 : projets du périmètre A (selon Figure 5)</i>	8
<i>Figure 5 : cartographie des projets de développement</i>	9
<i>Figure 6 : bâtiments de la commune projetés pour une rénovation ou bénéficiant d'un suivi énergétique</i>	10
<i>Figure 7 : immissions de NO₂ – moyenne 2008-2015 – Source SITG</i>	11
<i>Figure 8 : évolution moyenne des PM₁₀ (particules inférieures à 10 micromètres) – source :</i> <i>http://ge.ch/air/qualite-de-lair/dernieres-annees/particules-fines-pm10</i>	11
<i>Figure 9 : découpage de la commune en sous-secteurs statistiques</i>	12
<i>Figure 10 : découpage de la commune en zones pour le calcul des besoins et consommations du bâti</i>	13
<i>Figure 11 : proportion de SRE construite par époque de construction</i>	14
<i>Figure 12 : répartition des agents énergétiques (en %) pour la couverture de consommation de chaleur (chauffage + ECS)</i>	15
<i>Figure 13 : besoins utiles en chauffage/ECS et densité territoriale de chaleur par zones</i>	17
<i>Figure 14 : besoins en électricité par zones</i>	18
<i>Figure 15 : charges de trafic matin/soir – source PDCom 2006</i>	19
<i>Figure 16 : utilisation des charges de trafic issues du PDCom et des comptages DGM à la douane d'Hermance</i> 20	
<i>Figure 17 : consommation et répartition des agents énergétiques pour les différents usages de la commune : chaleur de confort, électricité de confort et mobilité</i>	21
<i>Figure 18 : illustration des différents modes de valorisation de la géothermie – image tirée de www.geothermie.ch</i>	22
<i>Figure 19 : Potentiel de géothermie à basse profondeur – source SITG et rapport PGG</i>	23
<i>Figure 20 : Géothermie à moyenne profondeur – source SIG</i>	24
<i>Figure 21 : la ressource du lac et son accès</i>	25
<i>Figure 22 : proportions de production thermique et électrique (photovoltaïque) par installation de panneaux solaires sur les toits des bâtiments – source SITG</i>	26
<i>Figure 23 : réseaux d'eaux usées</i>	28
<i>Figure 24 : réseau de gaz et sondes géothermiques (flèches rouges)</i>	29
<i>Figure 25 : impact des 3 niveaux de rénovation sur les besoins utiles de chaleur de l'existant et comparaison avec les besoins du bâti futur – par zone</i>	33
<i>Figure 26 : proportion de SRE touchée par la rénovation selon les 3 niveaux de rénovation – par zones</i>	33
<i>Figure 27 : zone village – effet de la rénovation thermique par rapport aux besoins du bâti futur</i>	34
<i>Figure 28 : zones villas/Chevrens/hospice - impact de la rénovation thermique sur le taux de couverture des besoins utiles de chaleur par des PAC géothermiques</i>	36

<i>Figure 29 : zones villas/Chevrens/hospice - production photovoltaïque potentielle comparée à la demande électrique des PAC et de confort</i>	<i>37</i>
<i>Figure 30 : zone village – comparaison des performances des options 1 et 2 pour la mise en œuvre d’un réseau de CàD.....</i>	<i>38</i>
<i>Figure 31 : zone village – performances de l’option 3 pour la mise en œuvre d’un réseau de CàD</i>	<i>40</i>
<i>Figure 32 : zone village – implantation du réseau de CàD et des centrales de production (option 1 - eau du lac et option 3 - bois+cogénération).....</i>	<i>42</i>
<i>Figure 33 : zones villas/Chevrens/hospice - influence des stratégies d’action sur les besoins et de mise en œuvre de ressources/technologies sur les consommations et répartitions des différents agents énergétiques utilisés pour la fourniture de chaleur</i>	<i>44</i>
<i>Figure 34 : zone village - influence des stratégies d’action sur les besoins et de mise en œuvre des trois options de réseau CàD sur les consommations et répartitions des différents agents énergétiques utilisés pour la fourniture de chaleur.....</i>	<i>45</i>
<i>Figure 35 : part des productions électriques locales dans l’approvisionnement en électricité de confort (bâti existant + futur à l’horizon 2035).....</i>	<i>46</i>
<i>Figure 36 : zones villas/Chevrens/hospice – découpage des zones en secteurs (les couleurs permettent de les différencier).....</i>	<i>49</i>
<i>Figure 37 : zones villas/Chevrens/hospice – définition de degrés de priorité de rénovation thermique par secteurs.....</i>	<i>49</i>
<i>Figure 38 : zones villas/Chevrens/hospice – définition de degrés de priorité, par secteurs, pour l’installation de PAC.....</i>	<i>50</i>
<i>Figure 39 : zones villas/Chevrens/hospice – priorités par secteurs pour la rénovation thermique et l’installation de PAC.....</i>	<i>51</i>
<i>Figure 40 : zone village – objectifs de rénovation – indication des bâtiments propriétés de la commune</i>	<i>52</i>
<i>Figure 41 : zone village – représentation des degrés de confiance sur la robustesse des options de réseau de CàD</i>	<i>55</i>
<i>Figure 42 : synthèses des objectifs pour la commune et comparaison avec ceux de la société à 2000 W.....</i>	<i>58</i>

1 Abréviations

BT : Basse Température

CàD : Chaleur à Distance

CECB : Certificat Energétique Cantonal des Bâtiment (certificat qui englobe le calcul de l'IDC)

COP : Coefficient de Performance d'une pompe à chaleur

DD : Demande Définitive pour l'obtention d'un permis de construire

DGM : Direction Générale des transports et de la Mobilité

DP : Demande Préalable pour l'obtention d'un permis de construire

ECS : Eau Chaude Sanitaire

GES : Gaz à Effet de Serre (appelé aussi dans le rapport équivalent CO2)

HT : Haute Température

IDC : Indice de Dépense de Chaleur

MO : Maître d'Ouvrage

MZ : Modification de Zone

PAC : Pompe A Chaleur

PCI : Pouvoir Calorifique Inférieur

PDE : Plan Directeur des Energies

PDCom : Plan Directeur Communal

PLQ : Plan Localisé de Quartier

PV : Photovoltaïque

RPC : Rémunération à Prix coûtant du courant vendu au réseau électrique

SIG : Services Industriels de Genève

SITG : Service d'Information géographique du Territoire Genevois

SRE : Surface de Référence Energétique

SST : Sous-Station dans un réseau de CàD

2 Introduction

La commune d'Anières, détentrice du label cité de l'énergie, est déjà engagée dans une démarche active en faveur de l'efficacité énergétique et de l'environnement. Toutefois, afin de l'aider à engager des démarches cohérentes et de long terme, elle a souhaité établir un plan directeur communal des énergies (PDE) qui est l'objet du présent document.

Le PDE est un outil pour assister les autorités communales dans la mise en œuvre d'une politique résolument orientée sur le chemin de la transition énergétique. Il est structuré en trois parties principales :

1. Etat des lieux décrivant le contexte communal actuel, la structure des consommations d'énergies et les ressources locales disponibles (chapitres 3 à 8)
2. Proposition de stratégies locales possibles et comparaison de leurs performances énergétiques. Un accent particulier sera mis sur le domaine bâti et notamment sa rénovation, sans oublier les possibilités de production locales d'électricité et quelques orientations dans le domaine de la mobilité (chapitres 9 à 14).
3. Analyse des stratégies locales proposées sur le plan de leur faisabilité et de leur moyen de mise œuvre en fonction de contraintes techniques, économiques, d'acteurs à impliquer ou réglementaires. Définition et chiffrage d'objectifs énergétiques et environnementaux que pourrait se fixer la commune. Proposition de fiches action (chapitres 15 à 17).

3 Analyse du contexte communal

3.1 Géographique et urbain

La commune d'Anières (env. 2'555 hab. et 382 ha) est caractérisée par un bâti concentré le long du lac, sur une bande côtière de quelques centaines de mètres de largeur (voir Figure 1). Le tissu de villas y est majoritaire, et englobe en grande partie le village centre dans lequel sont regroupés quasiment tous les bâtiments du patrimoine administratif et financier de la commune (école, équipements, commerces). Le hameau rural de Chevrens se trouve un peu à l'écart. La zone de la douane située sur la route de Thonon est complètement excentrée.

Il est à noter que les parties villageoises (village centre et Chevrens) rassemblent plusieurs bâtiments classés à l'inventaire du patrimoine.

Du point de vue des axes de transports, la commune est notamment marquée par la route d'Hermance qui la traverse sur toute sa longueur, en bord de lac, et introduit une coupure nette entre les villas donnant sur le lac et celles donnant sur le territoire agricole. La route de Thonon, via la route de l'hospice qui descend vers le village et le lac, constitue également une voie d'accès importante. La commune est desservie par trois lignes de bus collectifs : la ligne E en provenance de rive et circulant le long de la route d'hermance, la ligne B en provenance de Jussy et desservant le village et le hameau de Chevrens via la route de Thonon et la route de l'hospice et la ligne G, en provenance de rive, mais ne faisant que traverser la commune à hauteur de la route de Thonon pour aller desservir le village de Veigy en France voisine.

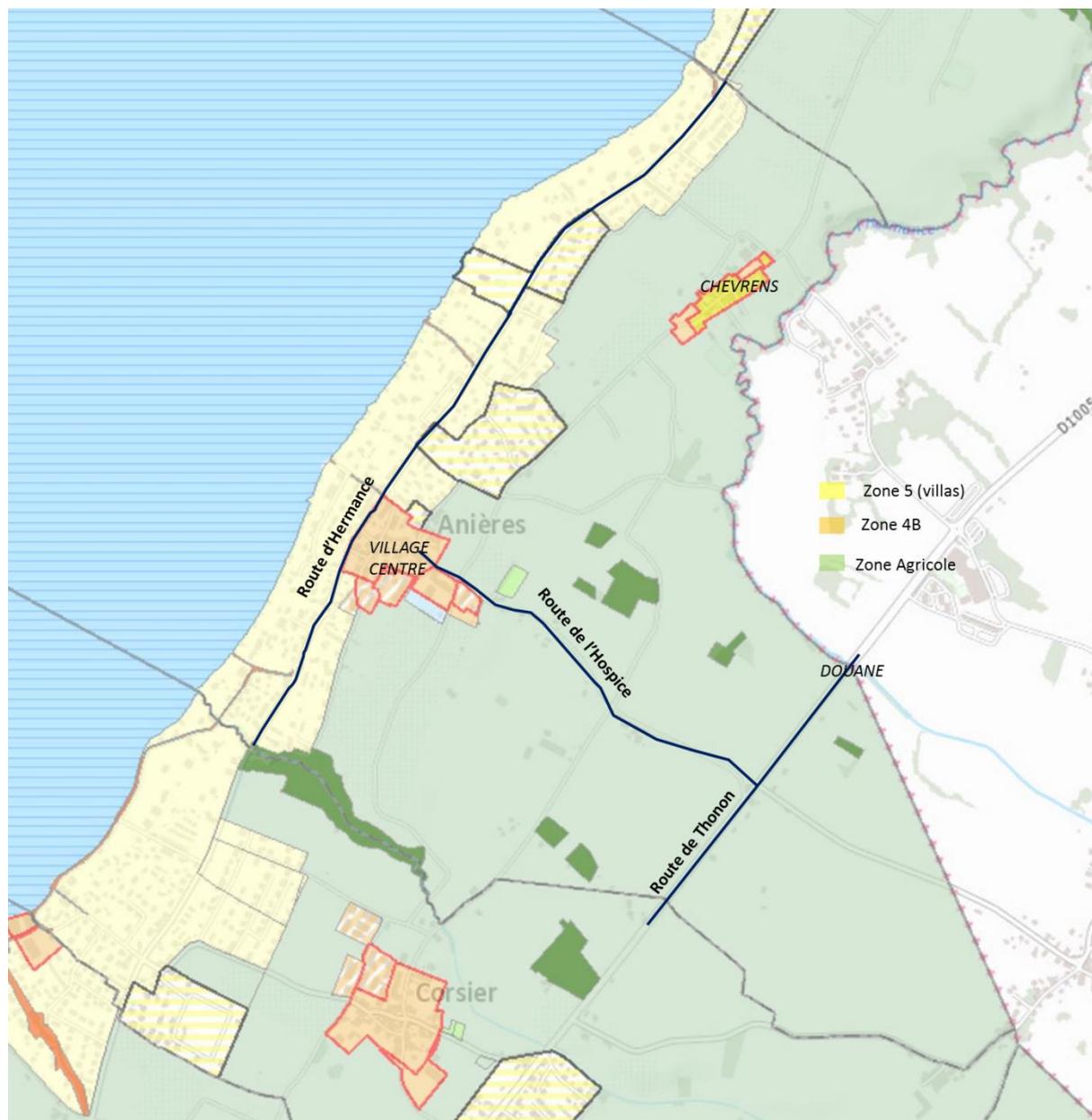


Figure 1 : contexte géographique et urbain de la commune

3.2 Foncier

La Figure 2 donne une vue globale de l'état des propriétés foncières publiques sur le territoire communal (tout ce qui n'est pas coloré constituant des propriétés privées). La première constatation, évidente, est que les propriétés privées individuelles sont largement majoritaires. Les propriétés publiques notables sont :

- Les parcelles communales, principalement concentrées dans le village-centre, et qui abritent les bâtiments du patrimoine administratif et financier (voir Figure 3).
- Des parcelles appartenant à la confédération dans le secteur de la douane
- Une importante parcelle appartenant à l'état et abritant un centre de l'hospice général

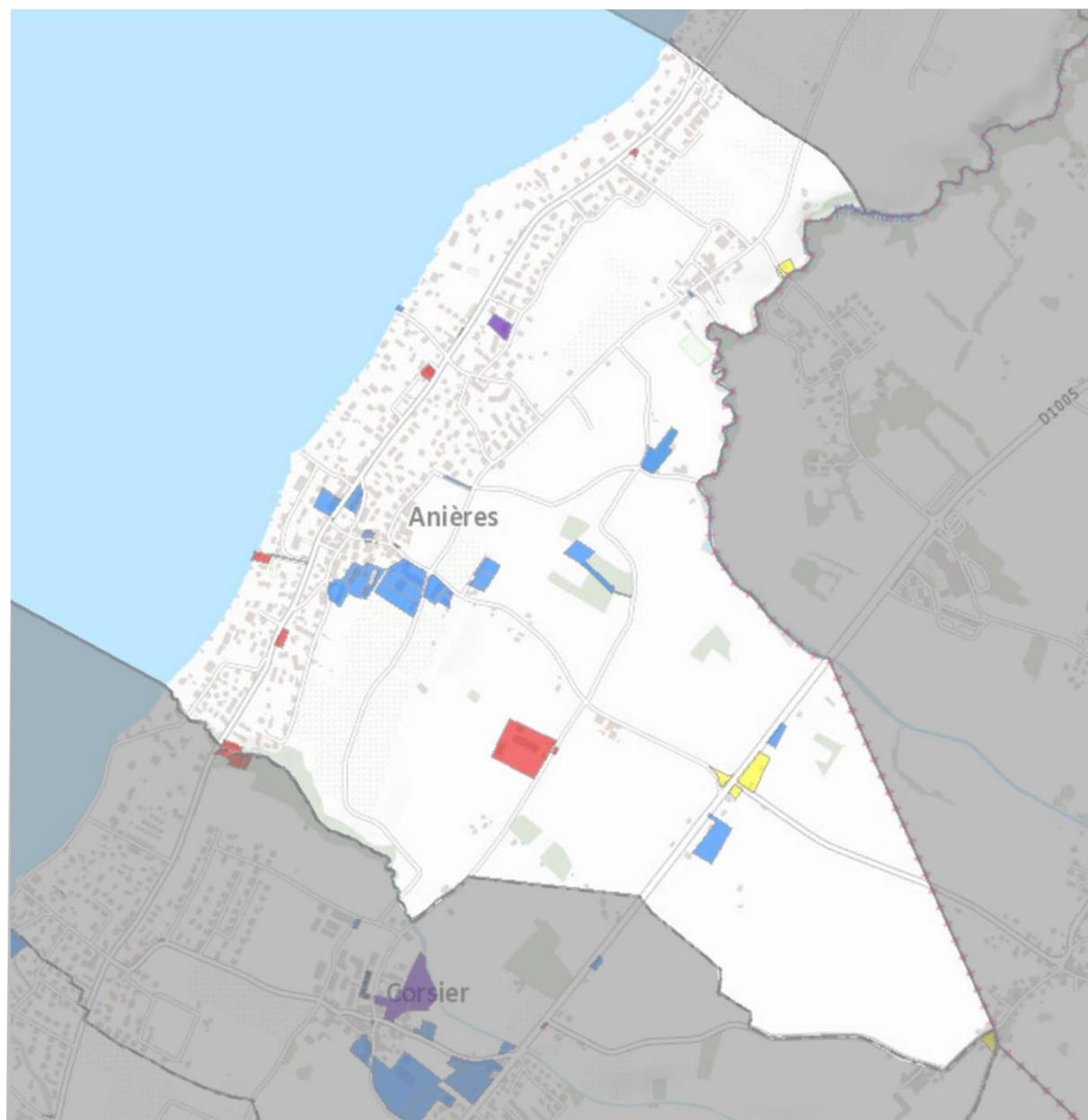


Figure 2 : Etat des propriétés foncières (sans couleur = propriétés privées) – source SITG



Figure 3 : bâtiments du patrimoine administratif et financier de la commune

3.3 Développements futurs du bâti

Ces développements sont présentés en différenciant (voir Tableau 1 et Figure 5):

- Des projets, principalement individuels pour la construction de nouvelles villas (DP, DD ou chantier en cours) sur des parcelles déjà constructibles (périmètres 1 à 7 sur la Figure 5)
- Des projets, concernant la construction de bâtiments collectifs et qui nécessitent le déclassement de parcelles agricoles ou bien dans lesquels la commune est impliquée (périmètres A à C sur la Figure 5).
- Des potentiels de développements à long terme sur les réserves foncières actuellement identifiées.

Repère carte	Description	Temporalité
1	DD 108375 - En chantier - 5 villas - 3,5,7,9,11 chemin de la marguerite	2017
2	DD 107924 en instruction - 1 villa - 21 chemin du Nant d'Aisy	2018
3	DD 107883, (4 habitats groupés - 15,15 A chemin des Avallons et 284, 284A route d'Hermance), DD109537 (3 villas - 13,13A,13B chemin des Avallons), DD 109676 (6 villas - 11,11A,11B,11C,11D,11E chemin des Avallons) en instruction - commune défavorable pour la DD 107833 (discussion en cours)	2020
4	DD 107 777 acceptée - 9 logements PPE - 22 et 24 rue de l'Aspergère	2018
5	DP 18644 à l'instruction - Construction de deux bâtiments de logement et activités - 5 rue de l'Aspergère	2020
6	DD 106430 livré - 8 villas - 2,4,6,8 chemin de Coponnex et 39,39A,39B,39C chemin des Hutins	2017
7	DD 109593 en instruction - construction d'un centre d'éducation et d'hébergement pour adolescents - 98 route de Chevrens	2020
C	Projet d'acquisition par la commune pour la construction de 10 logements - étude de faisabilité	2022
A	MZ acceptée - 1 bâtiment de 12 logements (maître d'ouvrage commune) - 1 bâtiment de 11 logements (maître d'ouvrage privé)	2019
B	MZ en cours - Projet à l'étude pour la construction de 100 à 210 logements - Maître d'ouvrage privé - La commune souhaiterait pouvoir y inclure des équipements	2025
réserves foncière	Environ 2500 m ² de SBP estimé	2035

Tableau 1 : Liste et description des projets de développement du bâti

En ce qui concerne les projets du périmètre A (voir Figure 4), ceux-ci sont déjà bien avancés. Le bâtiment sous maîtrise d'ouvrage communale a déjà fait l'objet d'un concours d'architecte, le projet de bâtiment sous maîtrise d'ouvrage privé est à bout touchant et une DD devrait être bientôt déposée.

Le projet du périmètre C est en lien avec le 7. En effet, la construction du centre d'hébergement, par la fondation ASTURAL, devrait libérer ses bâtiments actuels (situés sur le périmètre C). La commune souhaiterait alors acquérir ces bâtiments pour les transformer en logements.

Le projet du périmètre B (Parcelle Gavillet) constituerait le plus gros développement pour le territoire communal dans les prochaines années. Aussi cette dernière, souhaiterait y construire des équipements publics afin de maintenir un niveau de service suffisant compte tenu de l'augmentation de population qui en résulterait. La modification de zone, qui est son préalable, est actuellement en procédure d'opposition et par ailleurs, le nombre de logements qui pourrait y être construit est encore en discussion. Ce périmètre fera très probablement l'objet d'un PLQ.

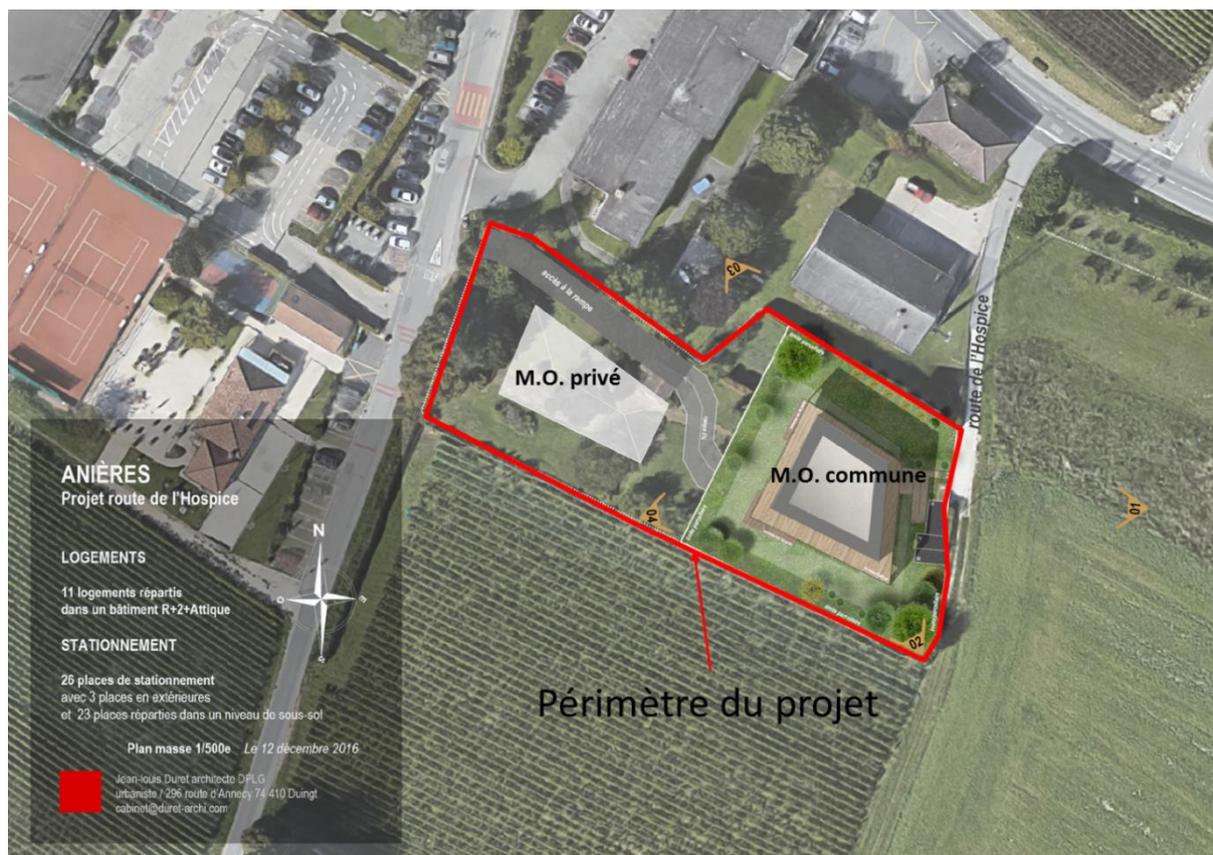


Figure 4 : projets du périmètre A (selon Figure 5)

3.4 Développements futurs liés au transport

La commune souhaite limiter la présence des voitures en surface, qui dénature l'attrait du village, et projette pour ce faire la construction de trois parkings souterrains répartis dans la zone village (voir Figure 5) pour une capacité totale d'environ 150 places.

Par ailleurs, un projet de navettes collectives desservant la commune, mais également Genève, spécifiquement à l'intention des Aniérais est à l'étude.

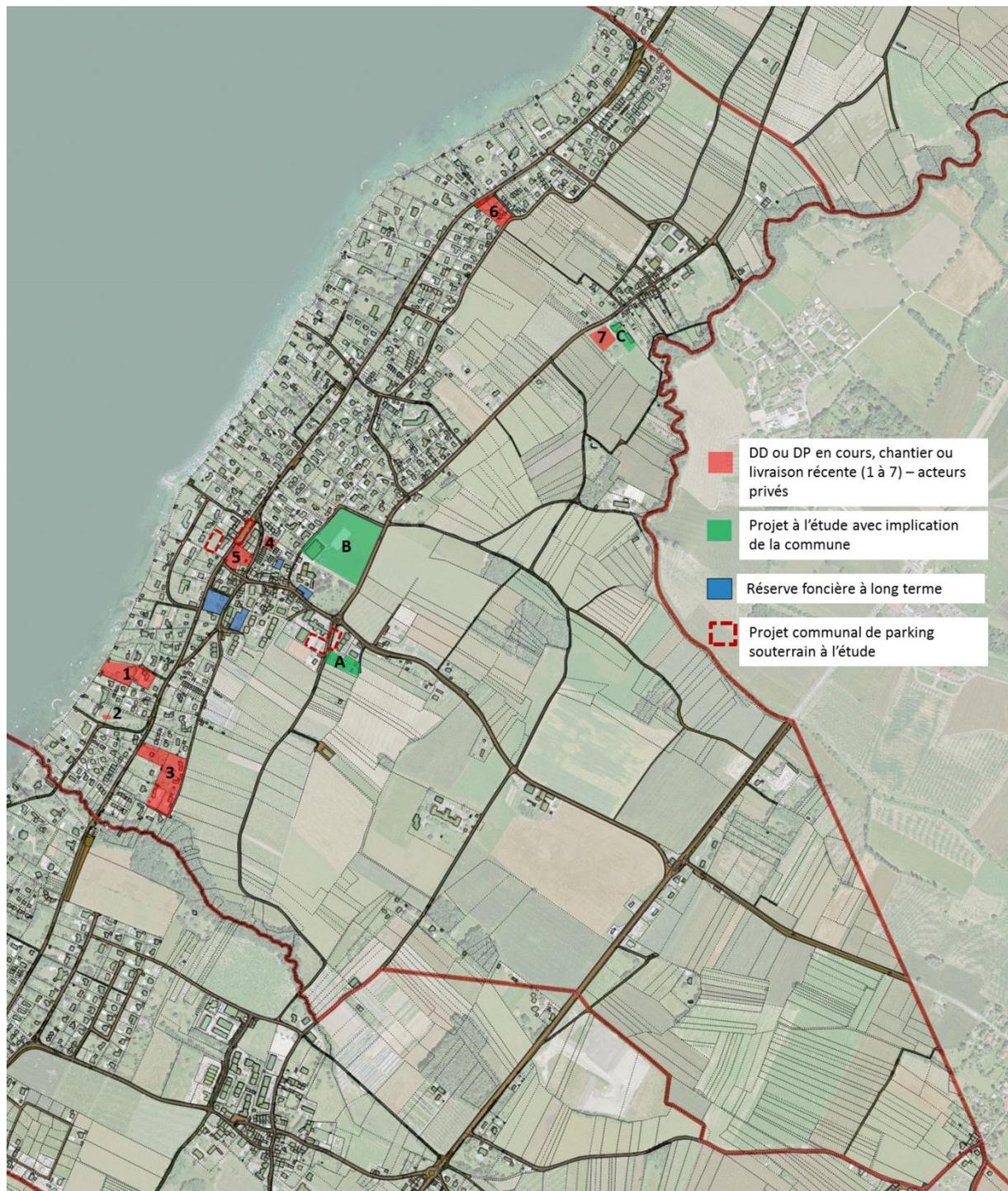


Figure 5 : cartographie des projets de développement

3.5 Situation actuelle du point de vue de l'énergie

Anières bénéficie du label cité de l'énergie, ce qui témoigne de sa volonté de mettre en œuvre une véritable politique énergétique.

Les projets mis en œuvre à ce jour concernent les domaines dans lesquels la commune a le plus de marge de manœuvre et peut mettre en avant son exemplarité :

- Des projets de rénovation de trois de ses bâtiments ont été engagés (bâtiments côte d'or mairie/poste/logements (3) , local pompiers (2) et bâtiments de logements les Avallons (7)).
- Le suivi énergétique de plusieurs de ses bâtiments d'importance est aujourd'hui en place (Clos des Noyers (9), groupe (5) scolaire et Floris (14))
- Le projet à l'étude sur la mise en place de navettes collectives, s'il voit le jour, constituerait une avancée importante pour la réduction de l'empreinte énergétique de la population.



Figure 6 : bâtiments de la commune projetés pour une rénovation ou bénéficiant d'un suivi énergétique

Avant de se lancer dans des projets plus ambitieux, par exemple en matière de développement d'infrastructures ou de mise en valeur de ressources locales, la commune souhaite d'abord avoir une vision d'ensemble et cohérente ce à quoi doit aider le présent PDE.

3.6 Environnement, pollution

Comme le montre la Figure 7, Anières se situe très à l'écart des zones critiques où la moyenne des immissions de NO₂ dépassent la limite OPair¹ qui est de 30 µg/m³.

¹ Ordonnance sur la Protection de l'Air

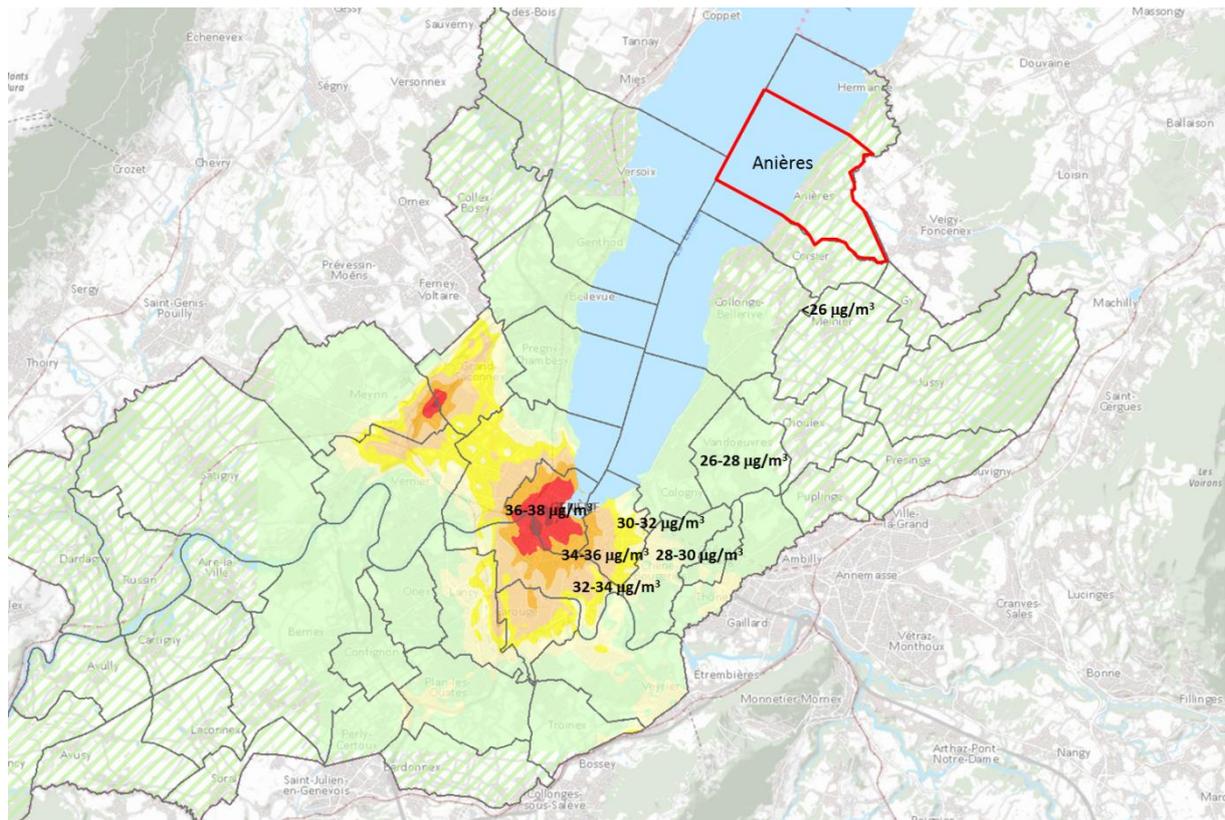


Figure 7 : immissions de NO₂ – moyenne 2008-2015 – Source SITG

En ce qui concerne les immissions de particules fines, il n'y a pas de mesures disponibles pour la commune d'Anières, mais la Figure 8 montre que la commune d'Anières (située en territoire rural) est probablement en dessous des seuils critiques.

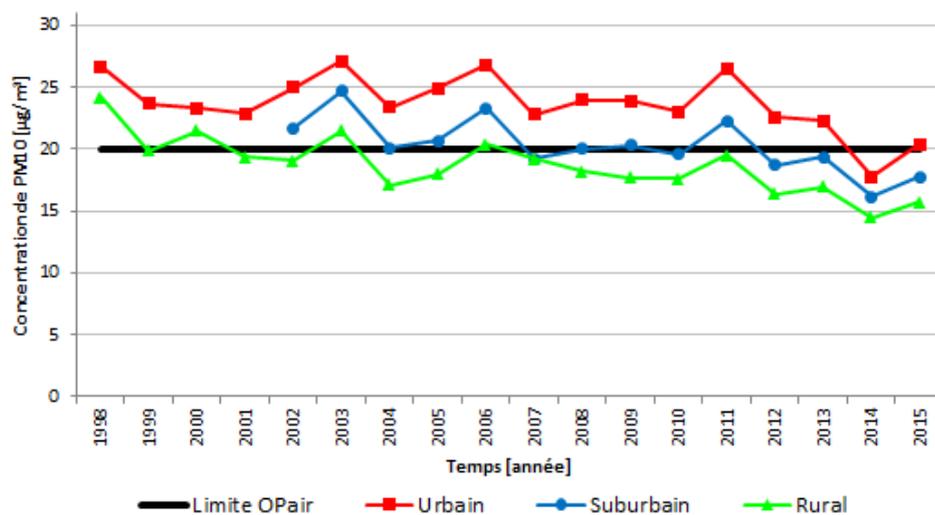


Figure 8 : évolution moyenne des PM₁₀ (particules inférieures à 10 micromètres) – source : <http://ge.ch/air/qualite-de-lair/dernieres-annees/particules-fines-pm10>

4 Besoins et consommations énergétiques actuelles pour le bâti

4.1 Données utilisées et découpage territorial

Les sources de données suivantes sont utilisées :

- La base de données du SITG qui permet d'accéder à de nombreuses informations sur les bâtiments (âge, affectation, données sur les chaudières, l'agent énergétique utilisé pour le chauffage, la valeur de la SRE et de l'IDC lorsque celui-ci est calculé ...).
- Les données de consommation de gaz, mazout et électricité par sous-secteur statistiques (voir leur découpage Figure 9). Ces données permettent dans chaque sous-secteurs de calculer des ratios tels que *Energie consommée annuelle/Puissance installée* ou *Energie consommée annuelle/SRE*. Etant donné que la puissance installée ou la SRE peut être évaluée par bâtiment, grâce au SITG, il est possible de faire des extrapolations sur les consommations d'énergie par bâtiment (notamment là où les IDC ne sont pas disponibles) ou par zones avec un découpage différent de celui des sous-secteurs statistiques.

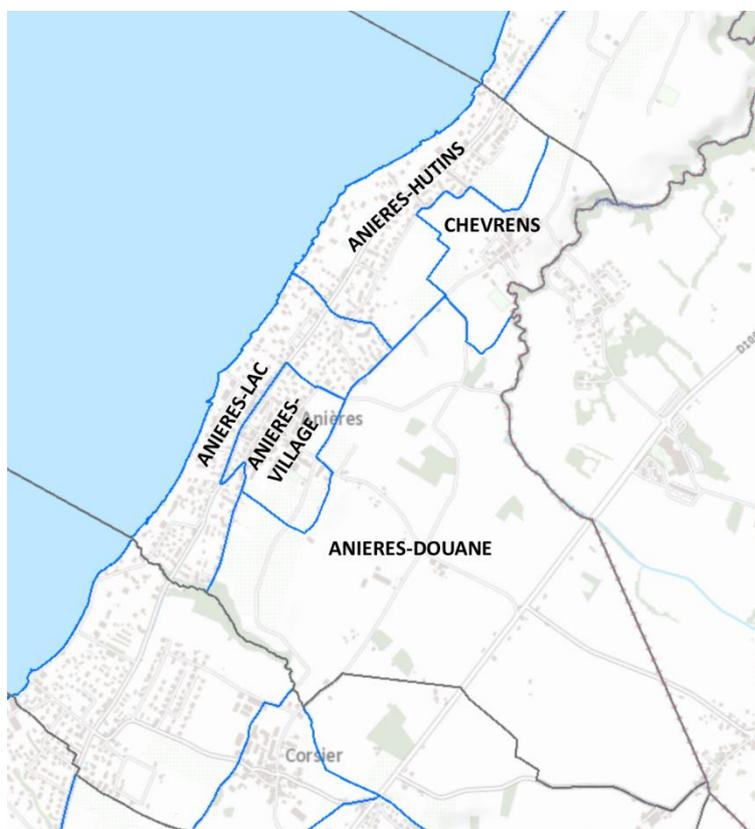


Figure 9 : découpage de la commune en sous-secteurs statistiques

Les besoins utiles et les consommations par agents énergétiques du bâti seront présentés par zones selon le découpage de la Figure 10. L'ensemble de ces zones regroupe 95% du bâti, le reste ne présente pas d'enjeu pour la politique énergétique.

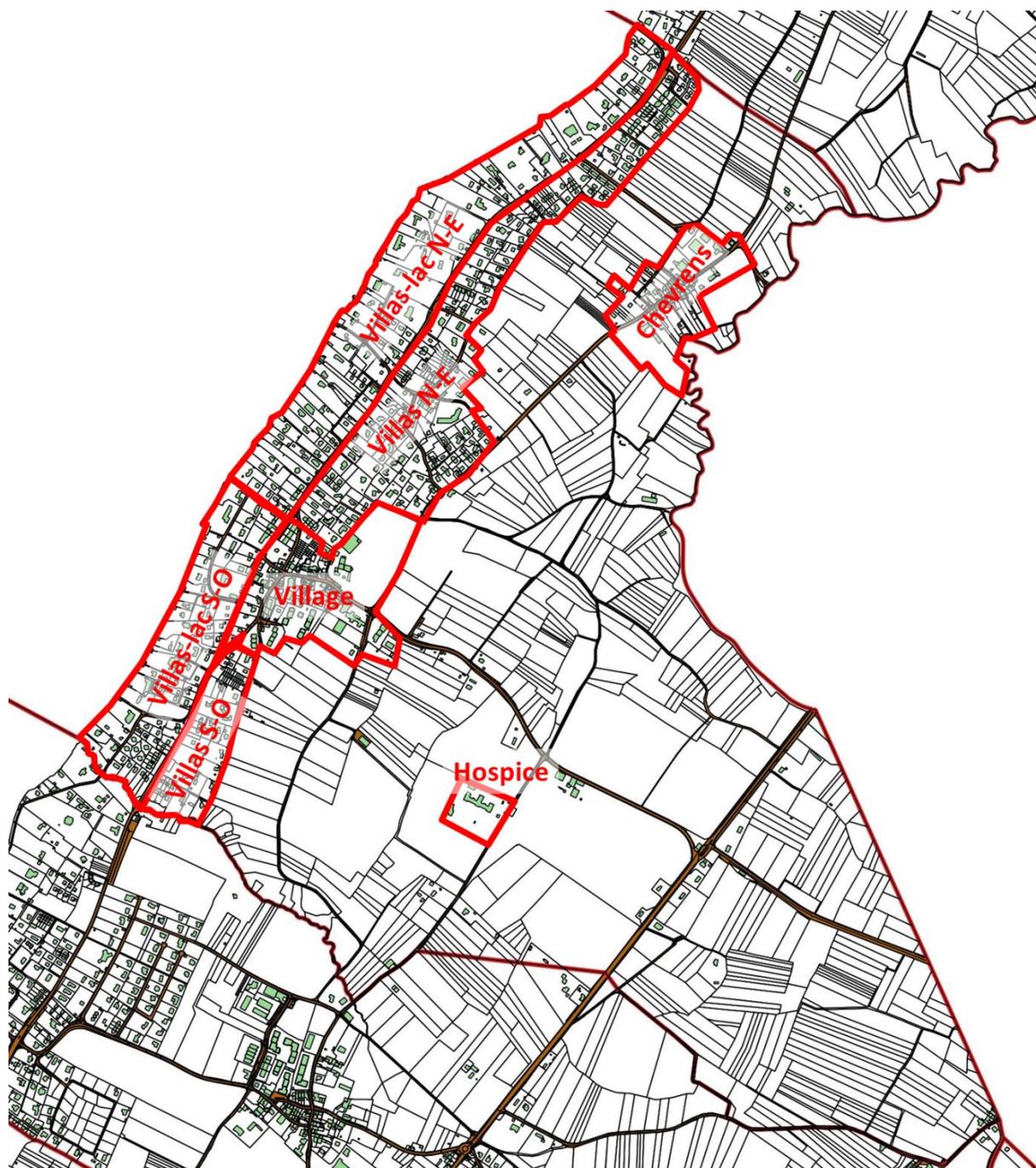


Figure 10 : découpage de la commune en zones pour le calcul des besoins et consommations du bâti

4.2 Typologie du bâti

Sur l'ensemble du territoire communal, 95% des surfaces construites sont dédiées au logement. Cette proportion est même de 100% pour les 4 zones villas. Des surfaces d'activités et d'équipements se trouvent dans la zone village à hauteur de 8% (école, commerce, équipement divers), dans la zone Chevrens à hauteur de 9% (activités agricoles, centre d'hébergement de la fondation ASTURAL), et dans la zone hospice à hauteur de 100% (la zone ne concerne que l'hospice).

La Figure 11 donne, selon les zones, la répartition en pourcentage des SRE par époque de construction ou de transformation. Nous pouvons constater en première analyse une certaine

homogénéité de répartition depuis les époques anciennes (avant 1919) jusqu'à nos jours. La zone du hameau de Chevrens confirme toutefois son caractère historique avec une proportion supérieure à 60% de SRE construite datant d'avant 1919. Les bâtiments de l'hospice sont également anciens.



Figure 11 : proportion de SRE construite par époque de construction

Une corrélation est effectuée entre l'époque de construction des bâtiments et le niveau de température d'eau, requis dans les émetteurs, pour assurer les besoins en chauffage :

- De 1919 à 1970 : température d'eau d'environ 75°C
- De 1971 à 2000 : température d'eau d'environ 60°C
- De 2001 à aujourd'hui : température d'eau d'environ 40°C

Plus le niveau de température est bas, meilleure est la qualité de l'enveloppe thermique des bâtiments. Cette qualité reflète l'évolution des législations sur les standards de construction au fil des différentes époques.

4.3 Fourniture de chaleur

Nous considérons ici la chaleur de confort qui représente, dans le cas d'Anières, la quasi-totalité de l'usage qui en est fait, soit pour le chauffage et la production d'ECS.

4.3.1 Agents énergétiques utilisés

La Figure 12 indique, selon les zones, les répartitions en pourcentage de l'utilisation des différents agents énergétiques utilisés pour assurer la fourniture de chaleur.

Une large domination du mazout et du gaz (à parts à peu près équivalentes) est constatée.

En raison de l'apparition plutôt récente de l'utilisation de sondes géothermiques associées à des pompes à chaleur (PAC), une petite part d'électricité utilisée pour alimenter les dites PAC commence à émerger (en violet sur les figures). Une part de bois énergie, très marginale peut aussi s'observer dans certaines zones.

Enfin, il reste encore une petite proportion de villas chauffées à l'électricité directe (résistances électriques utilisant l'effet Joule) dans les zones villas S-O et villas N-E (en bleu sur les figures) qui est un héritage du temps ou la législation autorisait encore ce type de solution.

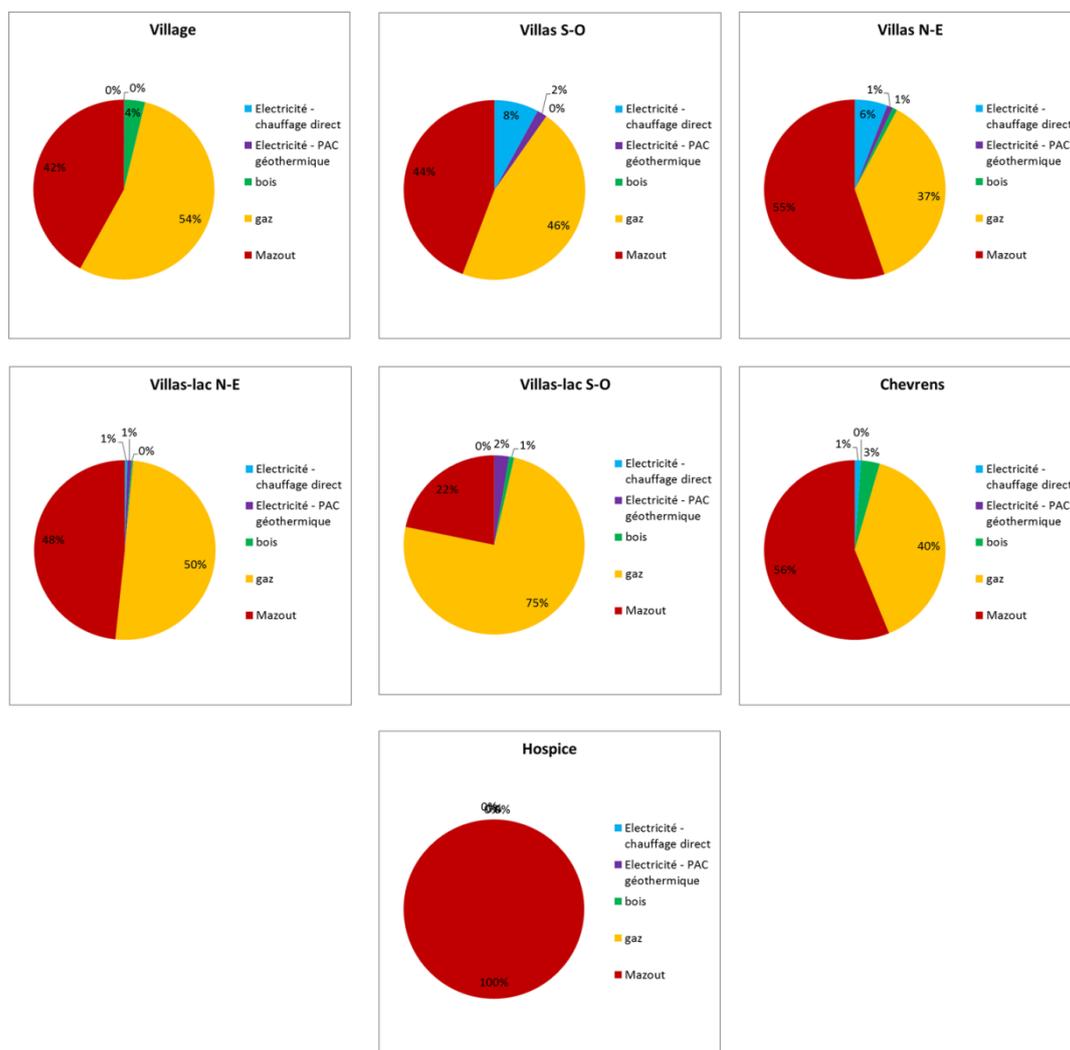


Figure 12 : répartition des agents énergétiques (en %) pour la couverture de consommation de chaleur (chauffage + ECS)

Les valeurs de consommation annuelle, en kWh, par agents énergétiques et par zone sont données dans le Tableau 2.

	Electricité - chauffage direct	Electricité - PAC géothermique	bois	gaz	Mazout
Villas N-E	526'700	93'220	76'969	3'337'524	4'994'099
Villas S-O	114'200	25'573	0	664'330	639'186
Villas-lac N-E	25'800	41'207	16'867	2'880'034	2'772'399
Villas-lac S-O	0	121'687	42'037	3'432'815	1'000'466
Village	0	6'767	243'042	3'583'721	2'774'264
Chevrens	18'600	0	57'489	674'205	961'696
Hospice	0	0	0	0	1'520'627
Totaux	685'300	288'453	436'405	14'572'629	14'662'736

Tableau 2 : consommations annuelles de chaleur en kWh par agents énergétiques et par zone

4.3.2 Besoins utiles en chaleur

Les agents énergétiques utilisés pour la fourniture de chaleur correspondent à ce que l'on appelle l'énergie finale, c'est-à-dire celle qui est délivrée à l'entrée des bâtiments avant d'être transformée en chaleur utile via des chaudières, des PAC ou des échangeurs par exemple. La chaleur utile est donc celle qui bénéficie directement aux utilisateurs : la chaleur émise par les radiateurs, les serpentins de sol ou l'eau chaude sanitaire.

Le calcul des besoins utiles est effectué à partir des consommations en énergie finale et en prenant en compte des facteurs de transformation : rendement des chaudières, coefficient de performance de PAC. Ensuite, afin de différencier les parts de besoins utiles pour le chauffage et la production d'ECS, les valeurs de la norme SIA 380/1, selon l'affectation des bâtiments, sont utilisées pour calculer les besoins spécifiques en ECS.

La Figure 13 montre sous forme d'histogrammes, les besoins en chauffage et ECS par zone. La courbe en noir représente quant à elle la densité territoriale de chaleur (chauffage + ECS). Si les zones villas représentent la part très majoritaire des besoins de la commune, la densité territoriale en chaleur y est relativement faible (<30 kWh/m²) comparée à la zone village (42 kWh/m²). La densité territoriale au niveau de l'hospice n'est pas très significative puisqu'il s'agit d'une zone comprenant une seule parcelle (appartenant au canton).

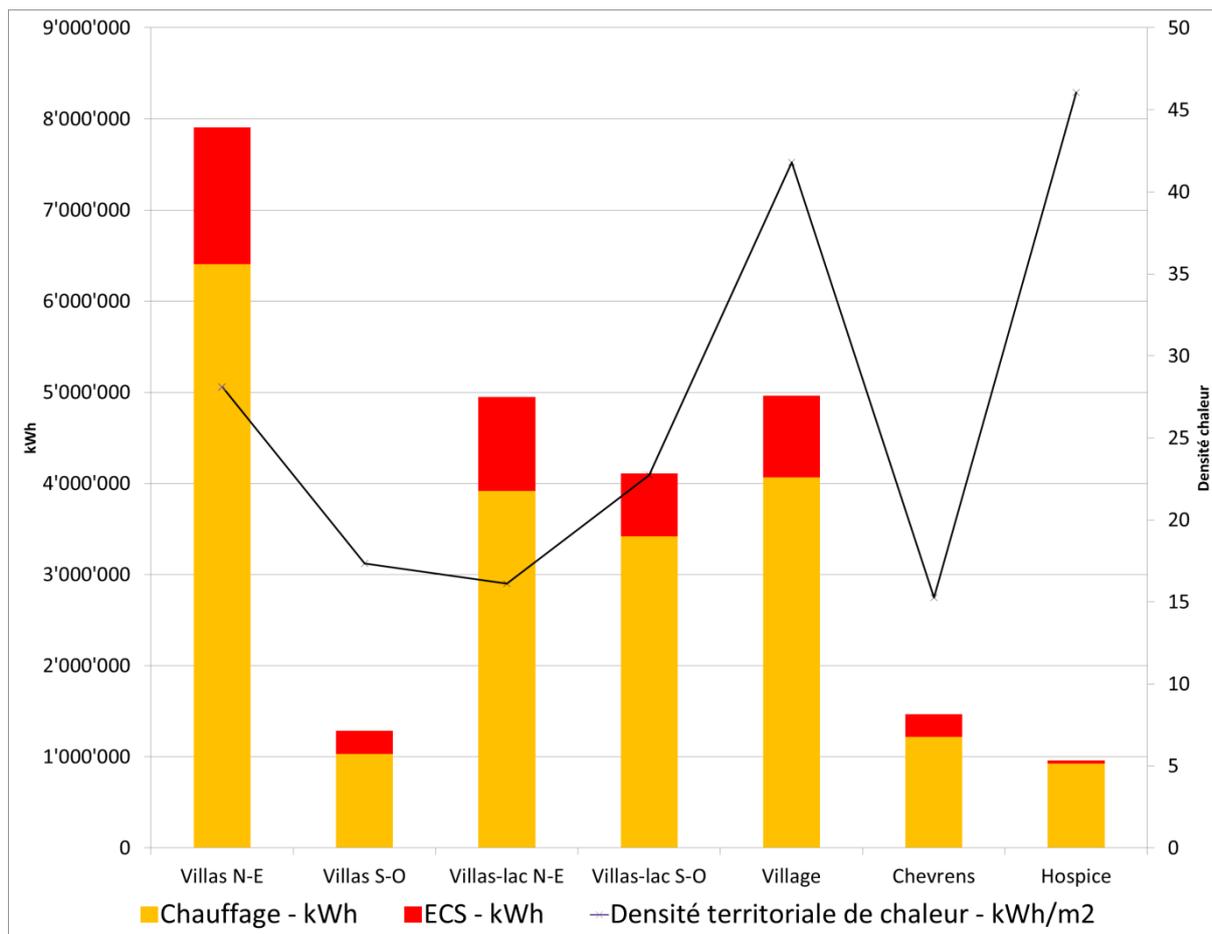


Figure 13 : besoins utiles en chauffage/ECS et densité territoriale de chaleur par zones

4.4 Fourniture d'électricité

Nous considérons ici l'électricité dite de confort qui représente, dans le cas d'Anières, la quasi-totalité de l'usage qui en est fait : éclairage, appareillages domestiques divers et fonctionnement des installations techniques des bâtiments (pompes, ventilateurs ...).

Ici, il n'est pas vraiment fait de distinction entre l'énergie finale et l'énergie utile. En effet, l'électricité est considérée comme un agent énergétique livrée au bâtiment via le réseau, de manière identique, dans le cas de la chaleur, à l'électricité utilisée dans des PAC ou en chauffage direct. Par contre, contrairement au cas de la chaleur, aucun facteur de transformation n'est considéré entre l'électricité livrée et les usages qui en sont fait.

La Figure 14 montre sous forme d'histogrammes les besoins en électricité par zones.

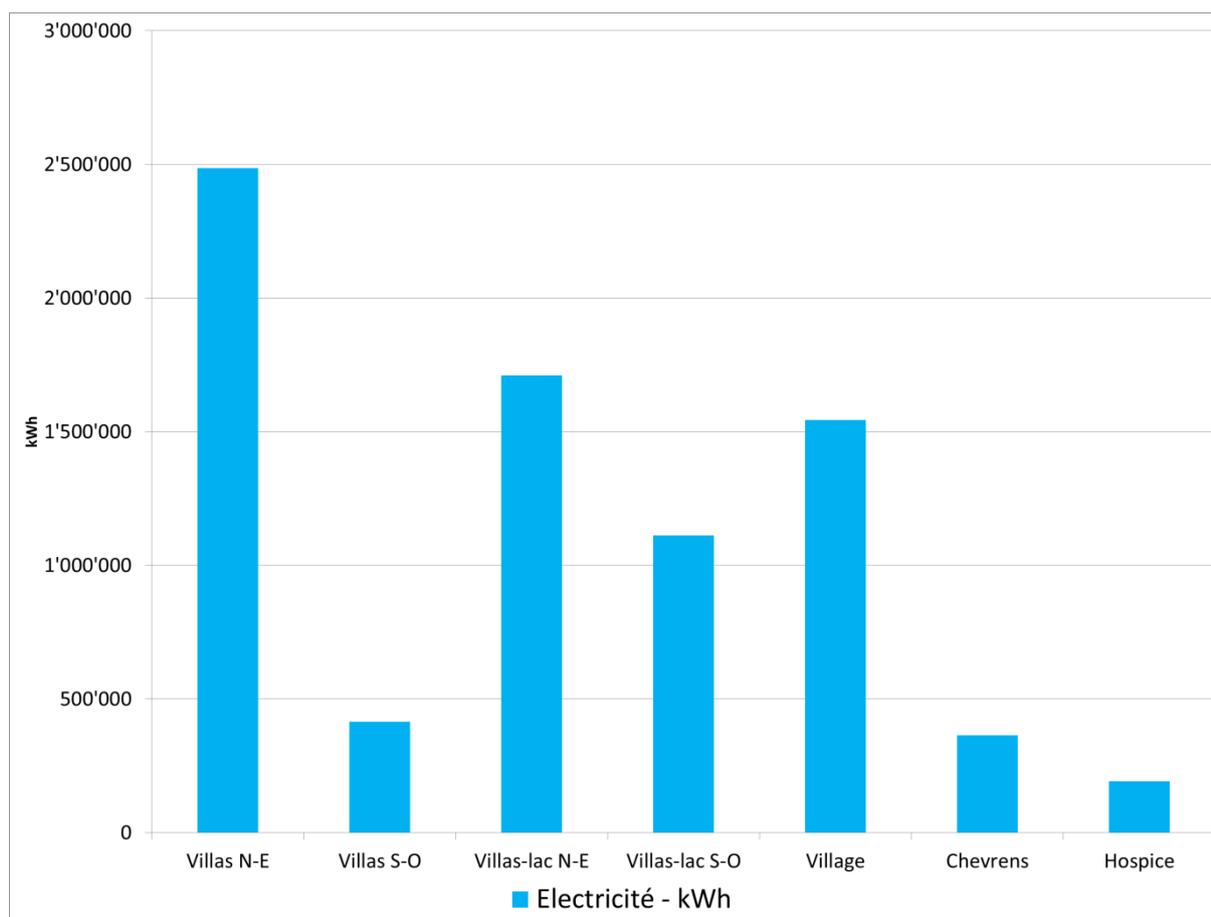


Figure 14 : besoins en électricité par zones

Les valeurs de consommation annuelle d'électricité, en kWh et par zone sont données dans le Tableau 2.

	Electricité
Villas N-E	2'485'570
Villas S-O	414'575
Villas-lac N-E	1'710'320
Villas-lac S-O	1'112'447
Village	1'544'214
Chevrens	364'337
Hospice	192'630
Totaux	7'824'092

Tableau 3 : consommations annuelles d'électricité pour le confort (hors chaleur) en kWh - par zones

5 Besoins et consommations énergétiques actuelles pour la mobilité

Il est pris en compte uniquement les besoins liés à l'usage de la voiture individuelle.

Ainsi que le montre la Figure 15, une part importante du trafic routier sur le territoire communal est due au transit, notamment frontalier, les autorités n'y ont pas de marge de manœuvre.

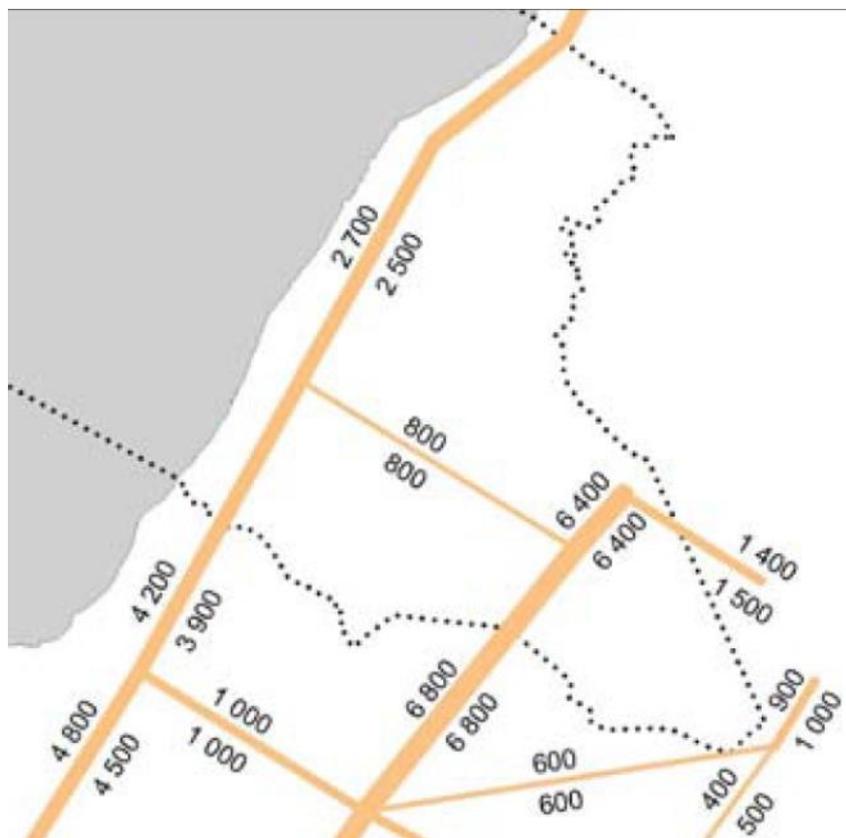


Figure 15 : charges de trafic matin/soir – source PDCOM 2006

La part de trafic induit par les habitants de la commune a été estimée en s'aidant de comptages effectués par la DGM (en 2015) au niveau de la douane d'Hermance, et en formulant les hypothèses et le raisonnement suivants :

- Les flux de véhicules partant ou allant vers Anières, Hermance ou la douane d'Hermance, sont entourés en rouge sur la Figure 16, soit un trafic total de $800+800+2700+2500 = 6800$ veh./jour.
- Le trafic de véhicules apportés par les communes d'Hermance et d'Anières est égal au flux précédent diminué du flux à la douane d'Hermance soit $6800 - 2284 - 2357 = 2159$ véh./jour
- Le trafic de véhicules apportés par la commune d'Anières est calculé au prorata de sa population par rapport à celle d'Anières, soit 70%, ce qui donne environ **1500 veh./jour**.

Cette estimation est évidemment très approximative mais permet de se faire une idée de ce qu'elle représente en termes d'enjeux énergétiques. En effet, si l'on considère une distance journalière moyenne de 30 km/véh.², un total de 45'000 km par jour est parcouru. Si la consommation moyenne de carburant est prise à 6 litres/100 km, un total de 2700 litres est consommé par jour soit 27'000

² valeurs statistiques pour une commune périurbaine

kWh/jour (valeur énergétique moyenne du carburant à 10 kWh/litres). Au final une consommation annuelle de carburant fossile de **9,8 GWh** est induite par les habitants d'Anières.

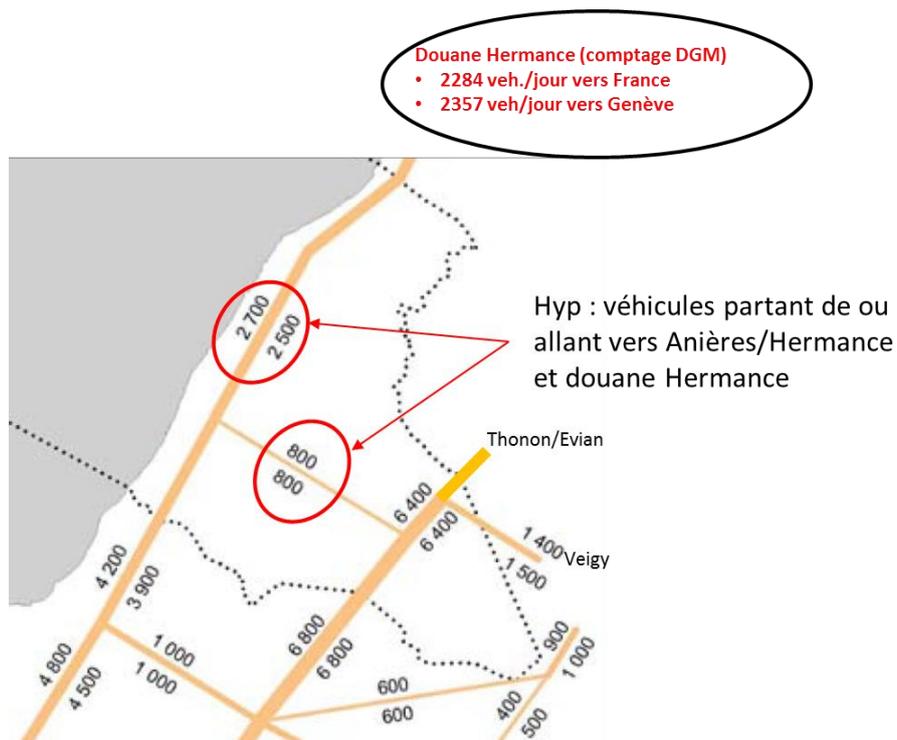


Figure 16 : utilisation des charges de trafic issues du PDCOM et des comptages DGM à la douane d'Hermance

6 Consommations énergétiques globales de la commune (synthèse)

La Figure 17 donne une représentation synthétique des consommations des différents agents énergétiques pour les usages de la commune : chaleur de confort, électricité de confort et mobilité. A l'instar des statistiques du canton, le gaz et le mazout utilisés pour les besoins en chaleur représentent la plus large part. Les consommations de carburant induit par la mobilité des Aniérois constituent aussi un poste important.

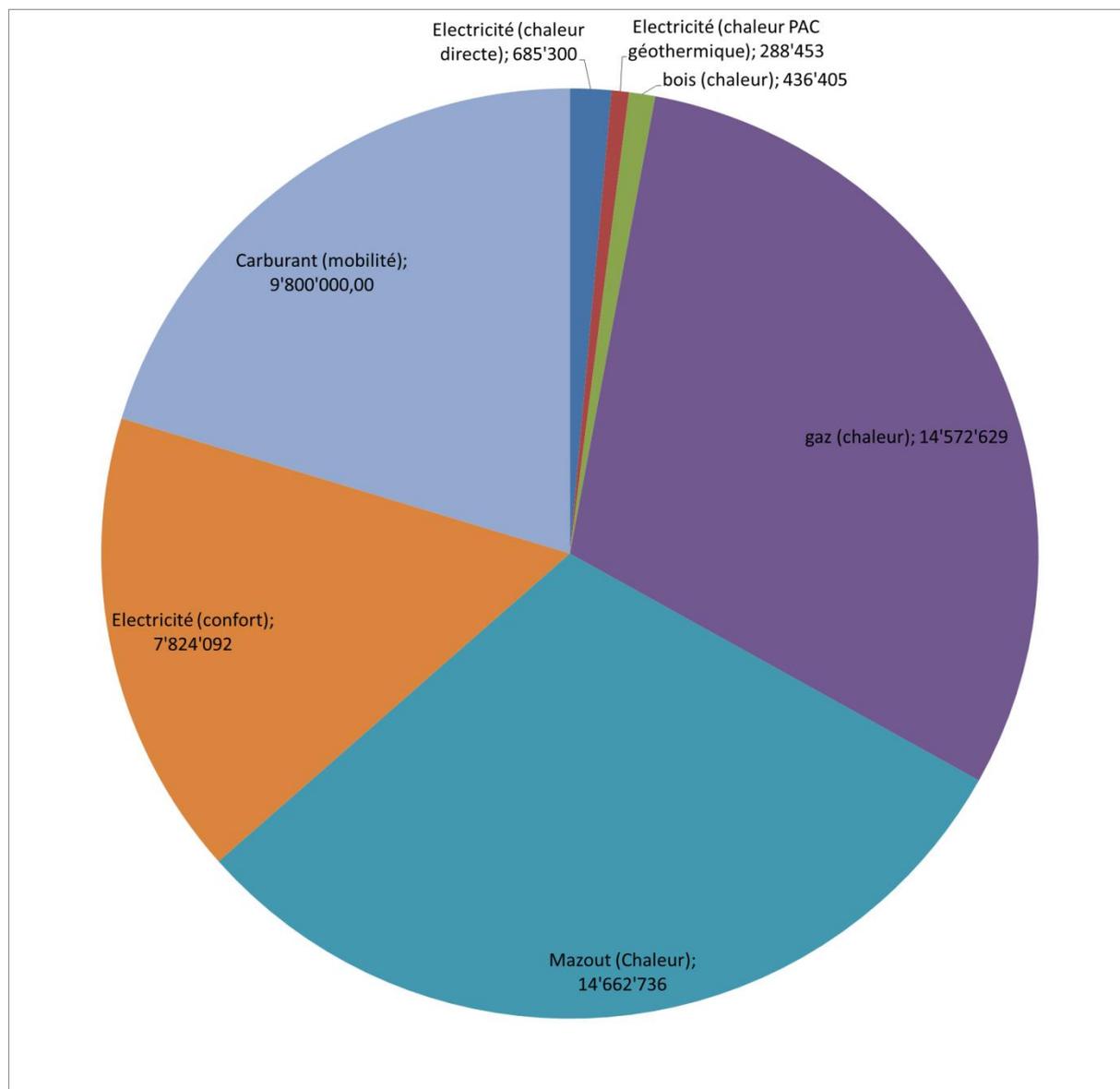


Figure 17 : consommation et répartition des agents énergétiques pour les différents usages de la commune : chaleur de confort, électricité de confort et mobilité

7 Ressources renouvelables et réseaux à disposition

7.1 Géothermie

Aujourd'hui, les modes et technologies de valorisation de la géothermie peuvent se classer en trois catégories (Figure 18) :

- Géothermie faible (ou basse) profondeur jusqu'à 300-400 m pour des températures du sous-sol de 15 à 20°C maximum. Les techniques utilisées sont par exemple le captage ou le stockage de la chaleur à l'aide d'échangeurs terrestres (sondes verticales, corbeilles), ainsi que l'utilisation de l'eau de nappes phréatiques (doublets). Ces techniques nécessitent systématiquement d'utiliser des PAC, afin de relever la température disponible à un niveau adéquat pour le chauffage des bâtiments, mais elles permettent aussi de fournir du rafraîchissement direct pour le confort des bâtiments en été.
- Géothermie moyenne profondeur de 800 à 2500 m environ pour des températures de 30 à 80°C. Les techniques utilisées sont ici principalement le pompage et la restitution de l'eau dans des aquifères (doublets de principe analogue à ceux des nappes phréatiques) afin d'utiliser la chaleur directement (avec l'appoint de PAC si nécessaire) pour le chauffage des bâtiments.
- Géothermie grande profondeur de 3500 à 5000 m environ pour des températures de 100 à 150°C. Les profondeurs recherchées ici visent généralement à atteindre le socle cristallin, dans lequel il est possible, par fracturation hydraulique (injection d'eau sous pression), de créer des réseaux de failles afin d'en récupérer la chaleur grâce à une surface d'échange augmentée (aussi nommé système géothermique stimulé). L'eau injectée dans la roche se réchauffe à son contact puis est pompée à la surface où son niveau de température permet une production combinée d'électricité et de chaleur.

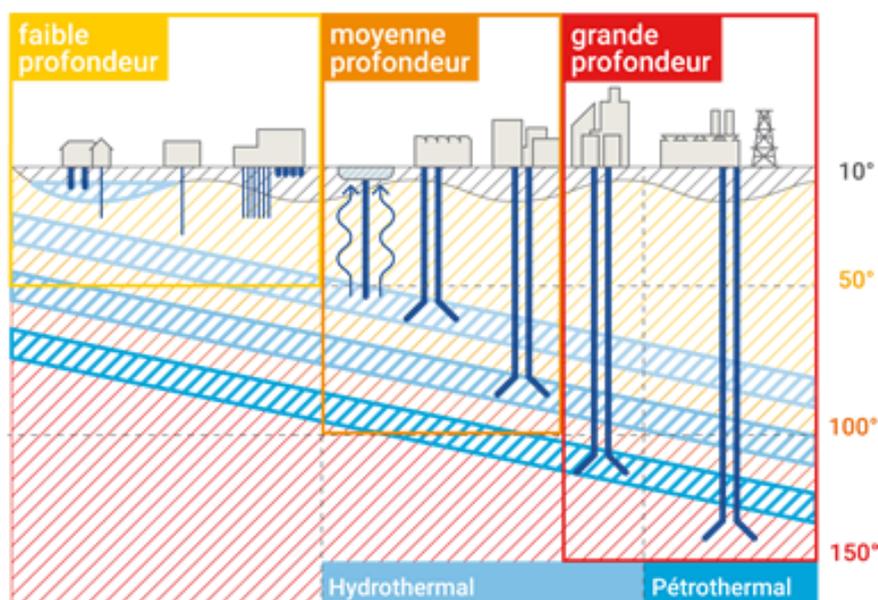


Figure 18 : illustration des différents modes de valorisation de la géothermie – image tirée de www.geothermie.ch

Si la géothermie basse profondeur est aujourd'hui bien maîtrisée, avec un nombre déjà important de réalisations, la géothermie moyenne et grande profondeur reste encore relativement confidentielle

en raison de son coût et plus grande complexité de mise en œuvre, mais aussi par manque de connaissances suffisantes du sous-sol profond.

7.1.1 Géothermie basse profondeur

L'utilisation de sondes verticales (ou tout autre échangeur terrestre) est autorisée sans exclusion sur le territoire communal.

Deux nappes phréatiques superficielles de 1 à 3 m de profondeur sont répertoriées³ (Anières Sud et Anières Nord), mais offrent un potentiel trop limité (<20 kW). Il existe aussi la nappe phréatique de Collonge-Hermance qui est plus conséquente mais dont le potentiel est aujourd'hui indéterminé (Figure 19).

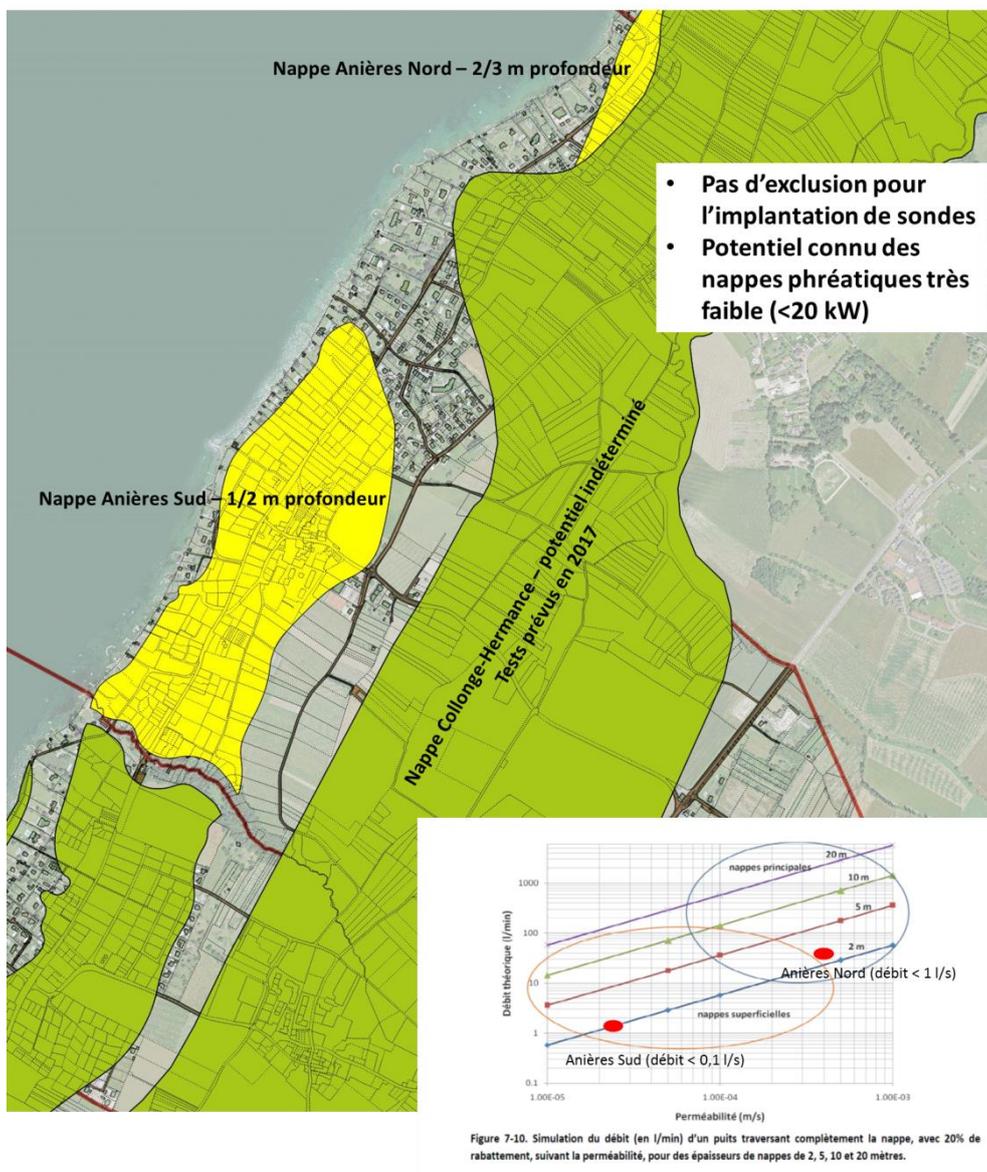


Figure 19 : Potentiel de géothermie à basse profondeur – source SITG et rapport PGG

³ Selon rapport PGG 2011 – *Evaluation du potentiel géothermique du canton de Genève*

7.1.2 Géothermie moyenne et grande profondeur

Dans le cadre du programme Géo 2020, une démarche systématique de qualification et de quantification du potentiel géothermique à moyenne et grande profondeur est actuellement en cours, à l'échelle du canton de Genève. Des campagnes de mesure de géophysique constituent l'un des volets majeur de ce programme, car elles permettront de déterminer plusieurs zones de forages exploratoires ayant des chances d'aboutir avec succès.

Aujourd'hui, l'un des objectifs opérationnel du programme est de pouvoir commencer à exploiter des aquifères à moyenne profondeur d'ici à 2020. Des forages de contrôles sont déjà en cours de lancement, vers le nord du Canton, dans des zones où les couches calcaires, propices aux infiltrations d'eau, en provenance du Jura plongent à des profondeurs raisonnables (800 m maximum). Ces forages vont permettre de valider in situ les mesures obtenues par les campagnes de géophysique avant de lancer les premiers projets d'exploitation.

Concernant Anières, la mise en valeur la plus probable si elle était faisable, serait l'exploitation d'aquifère à moyenne profondeur allant de 700 à 2200 m de profondeur (selon trois niveaux de calcaire identifiés – voir Figure 19) pour des températures d'eau de 30 à 85°C et des débits allant de 10 à 40 l/s. Il s'agit là de valeurs encore approximative issues des mesures de géophysiques, seuls des forages tests permettront d'avoir des certitudes sur le potentiel.

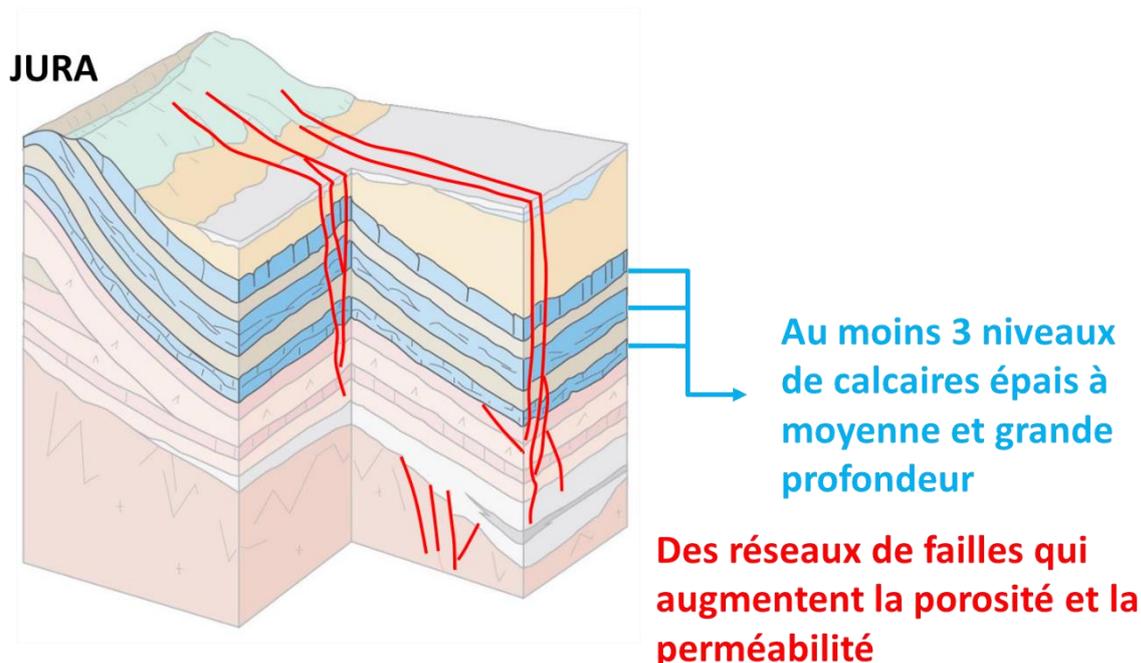


Figure 20 : Géothermie à moyenne profondeur – source SIG

7.2 Utilisation du lac ou des cours d'eau

Le lac constitue une ressource intéressante car elle est proche et quasiment illimitée à l'échelle de la commune. Sa valorisation pour satisfaire des besoins en chaleur repose sur un principe simple : captage de l'eau en profondeur, utilisation dans une PAC pour relever son niveau de température, puis restitution de l'eau dans le lac.

Toutefois, l'accès au lac pour le captage de la ressource peut présenter des difficultés en raison de la prédominance des parcelles privées. La zone du débarcadère de la CGN, une parcelle communale au nord ou une autre parcelle au sud appartenant au canton constituent a priori des pistes intéressantes pour un ouvrage de captage et de restitution.



Figure 21 : la ressource du lac et son accès

Les cours d'eau (Hermance et Nant d'Aisy) marquent les frontières de la commune et ne présentent aucun intérêt pour une valorisation énergétique (sur un principe qui serait analogue à celui du lac).

7.3 Solaire

Le potentiel solaire est estimé en supposant l'emploi de panneaux photovoltaïques et thermiques disposés sur les toits bien orientés et disponibles des bâtiments.

Le potentiel photovoltaïque (électrique) est calculé en utilisant la couche OCEN_SOLAIRE_PV_BATIMENT du SITG en considérant que la totalité des toitures bien orientées et disponibles reçoit des panneaux solaires.

Le potentiel thermique est calculé, pour la production d'ECS uniquement, en utilisant la couche OCEN_SOLAIRE_THERM_BAT_ECS du SITG. La surface de panneaux solaires est ici calculée de façon à satisfaire le minimum légal (soit 30% des besoins en moyenne).

Les parts des potentiels électriques et thermiques ainsi calculés sont indiquées, selon les zones, sur la Figure 22. Le surplus de production des capteurs solaires thermiques en été est ici négligeable.

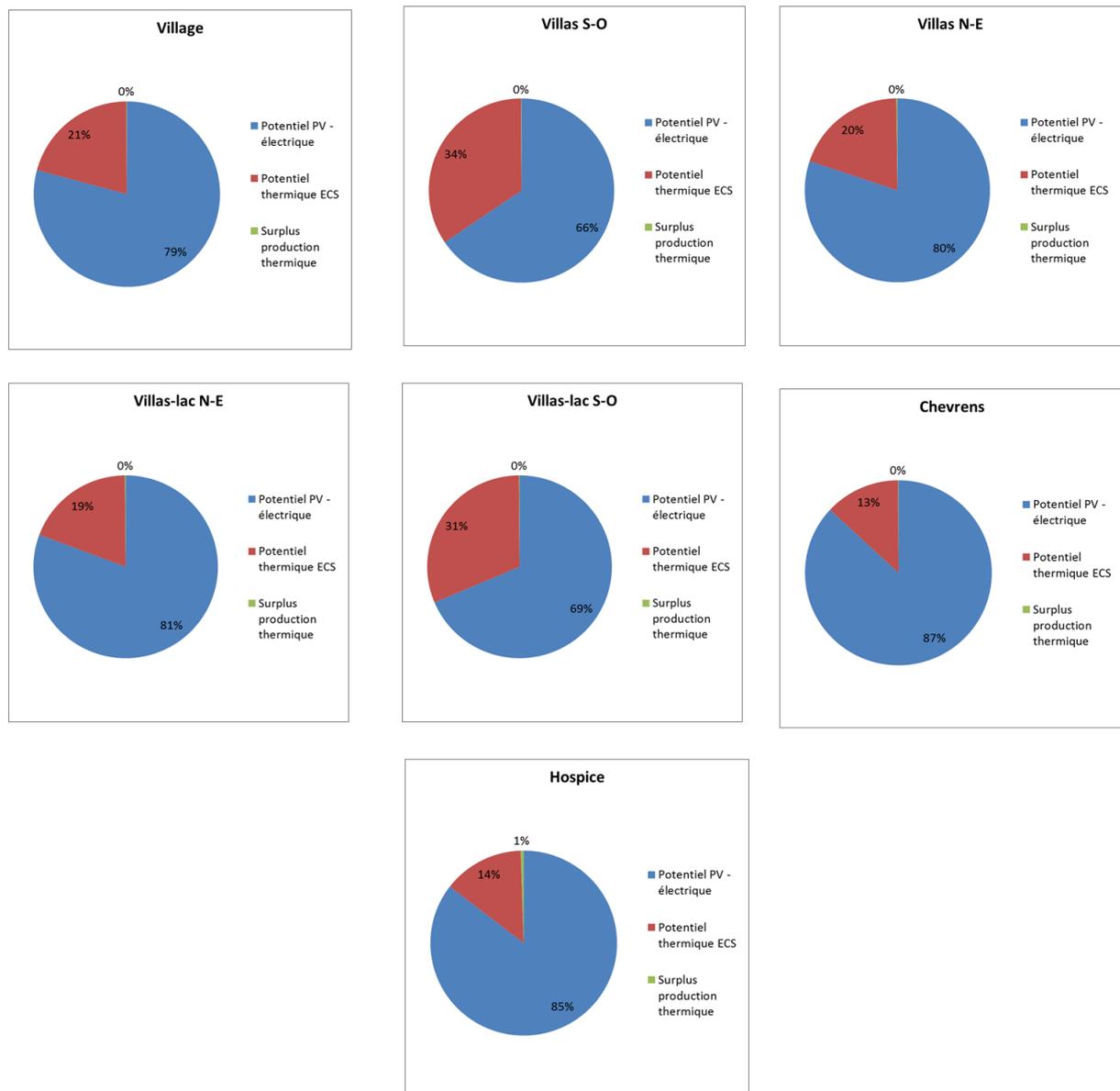


Figure 22 : proportions de production thermique et électrique (photovoltaïque) par installation de panneaux solaires sur les toits des bâtiments – source SITG

Le Tableau 4 donne les valeurs chiffrées des potentiels calculés.

	Surface de capteurs PV	Production PV	Surface de capteurs thermiques	Production thermique ECS	Surplus production thermique estivale
	m ²	MWh/an	m ²	MWh/an	MWh/an
Villas N-E	8'188	1'178	875	289	2,8
Villas S-O	856	123	190	64	0,2
Villas-lac N-E	4'167	593	432	141	1,0
Villas-lac S-O	2'038	286	411	130	0,5
Village	7'185	1'032	852	270	0,9
Chevrens	3'188	467	215	70	0,3
Hospice	879	128	54	21	0,8
Totaux	26'501	3'807	3'028	985	6,4

Tableau 4 : valeurs des potentiels de production solaire thermique et photovoltaïque

7.4 Biomasse

Les filières envisageables dans le contexte d'Anières sont les suivantes :

- La filière du bois-énergie
- La filière des coproduits et déchets agricoles

7.4.1 Filière du bois-énergie

Une filière d'échelle régionale est disponible et peut mettre à disposition un combustible sous diverses formes :

- recyclage de déchets de bois industriels (scierie, menuiserie ...) avec un combustible sous forme de granulés.
- exploitation forestière avec un combustible sous forme de plaquettes (ou éventuellement de bûches).

Le combustible peut être valorisé par différentes technologies plus ou moins matures.

- Chaudière, Gazéificateur pour la production directe de chaleur
- Turbine à vapeur, ORC, moteur à gaz de synthèse pour la production d'électricité

7.4.2 Filière des co-produits et déchets agricoles

Les principales activités agricoles sur le territoire d'Anières sont la culture de la vigne et la culture céréalière.

La culture de la vigne génère du marc de raisin qui peut être utilisé dans un procédé de méthanisation pour produire du biogaz. Toutefois, les quantités annuelles de matières récupérables sont trop faibles pour envisager une valorisation sur place.

La paille de céréales peut éventuellement représenter un combustible intéressant en appoint au bois énergie. Toutefois, peu de retour d'expérience existe dans ce domaine.

7.5 Récupération thermique sur le réseau d'eaux usées

Le réseau de canalisation d'eaux usées est montré sur la Figure 23. Le potentiel de récupération thermique sur les collecteurs primaires est trop limité pour envisager une installation centralisée. En effet, le diamètre des collecteurs ne dépasse pas 400 mm car ils ne captent qu'un faible débit (extrémité de réseau sur le bassin versant de la STEP d'Aire).

La récupération thermique sur les eaux usées au niveau des installations individuelles d'évacuation est en revanche possible au cas par cas.

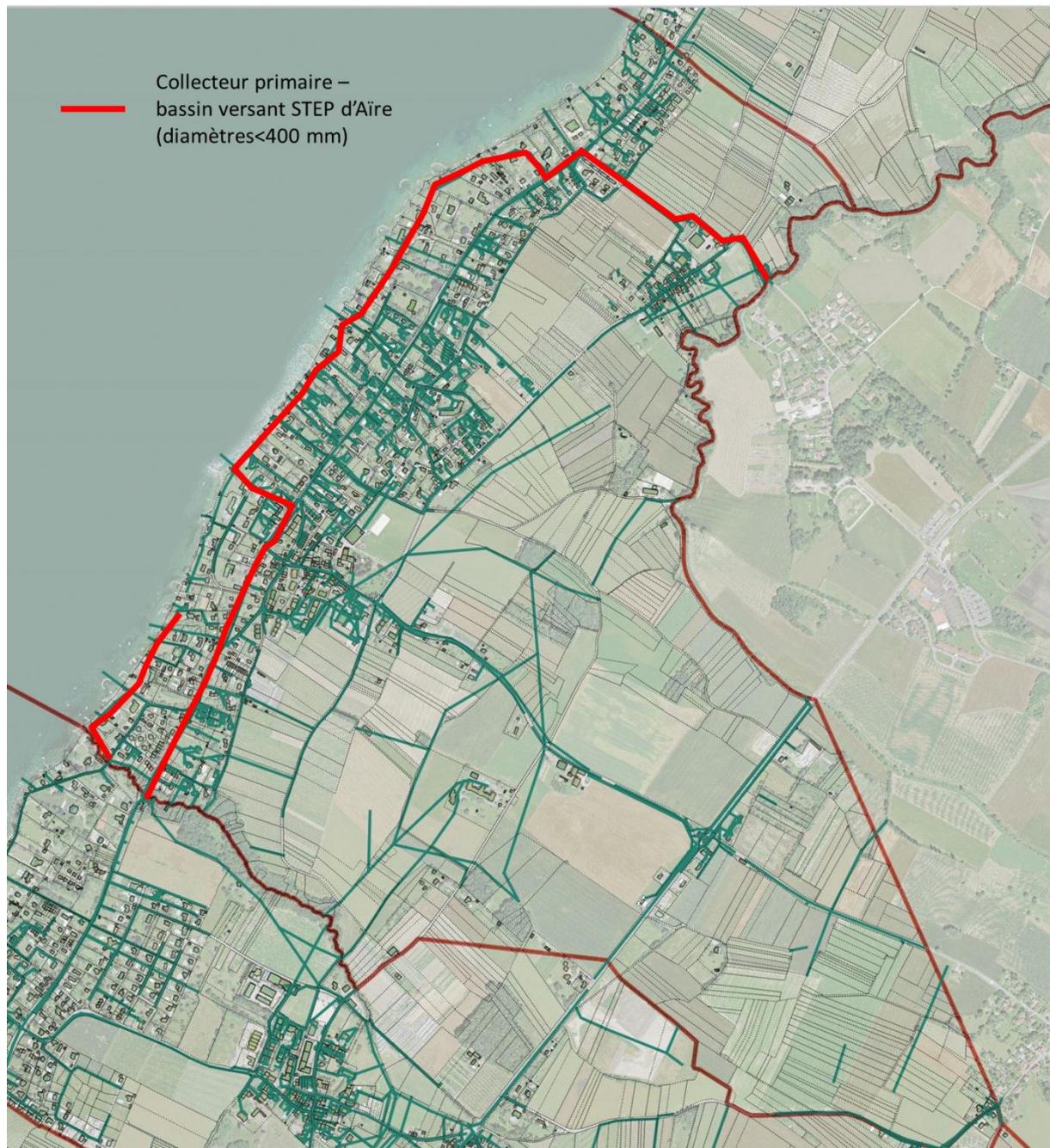


Figure 23 : réseaux d'eaux usées

7.6 Aérothermie

L'air extérieur constitue évidemment une ressource uniformément disponible.

Son intérêt principal, dans une optique d'utilisation rationnelle de l'énergie, est d'être employé comme source de chaleur pour des PAC.

7.7 Réseaux et infrastructures énergétiques existants

La Figure 24 montre que le réseau de gaz couvre la majeure partie du territoire bâti de la commune. La part encore importante du mazout (cf Figure 17) s'explique par le fait que de nombreuses poches de villas ne sont pas raccordées au réseau de gaz bien qu'il passe à proximité. Plusieurs installations de sondes géothermiques verticales (28 au total) sont disséminées dans la zone villa.



Figure 24 : réseau de gaz et sondes géothermiques (flèches rouges)

Huit installations solaires photovoltaïques sont actuellement en fonctionnement, pour une puissance totale de 99,2 kWc et une production électrique annuelle estimée à 102'230 kWh⁴. Parmi ces installations, 3 sont conçues pour pouvoir faire de l'autoconsommation.

7.8 Résumé des ressources et infrastructures

Le Tableau 5 présente une synthèse de l'utilisation des ressources et des réseaux. En vert il est indiqué celles qui sont à privilégier, en rouge celles qui ne le sont pas et en bleu celles qui représentent un potentiel probable à moyen ou long terme.

Ressources/ filières/Réseaux	Flux	Type de production d'énergie possible	Remarques sur l'utilisation
Sondes géothermiques verticales	continu	Thermique à 5-15°C	Utilisation pour la production de chaleur et éventuellement le rafraîchissement/Contrainte d'usage par rapport à l'emplacement et la structure des bâtiments et demande de renseignement nécessaires
Nappe Phréatique	continu	Thermique à 5-15°C	Trop peu de potentiel pour les nappes superficielles Potentiel inconnu pour la nappe de Collonge-Hermance (le lac, tout proche est une alternative plus intéressante)
Lac	continu	Thermique à 5-15°C	Ressource proche accessible et illimitée
Géothermie moyenne profondeur	continu	Thermique à 30-80°C	Potentiel pressenti par mesures géophysiques. En attente de forage de tests à l'horizon 2020.
Biomasse	continu	Thermique à 300°C et plus Electrique	C'est principalement la filière régionale bois-énergie qui présente un potentiel.
Solaire	saisonnier	Thermique à 40-80°C Electrique	L'énergie thermique est valorisée directement sur place – l'énergie électrique est de préférence injectée sur le réseau
Eaux usées	fluctuant	Thermique à 10-20°C	Récupération décentralisée sur installation individuelles au cas par cas uniquement
Aérothermie	continu	Thermique à 0-30°C	Potentiel illimité, mais à privilégier en second choix par rapport à l'utilisation de sondes géothermiques.

Tableau 5 : synthèse de l'utilisation possible des ressources et réseaux

⁴ Selon informations SIG

8 Synthèse de l'état des lieux et premières orientations

De l'état des lieux, il ressort quelques éléments saillants qui détermineront l'orientation donnée à la planification énergétique de la commune :

- La commune est propriétaire de nombreuses parcelles et de plusieurs bâtiments dans la zone du village. Elle y aura donc une marge d'action directe pour la mise en œuvre de projets.
- Les zones villas et le hameau de Chevrens sont principalement constitué de petites propriétés individuelles privées. La marge d'action de la commune devra se faire en multipliant les leviers indirects (incitations, règlements, rôle facilitateur ou fédérateur).
- La zone de l'hospice est un peu particulière car il s'agit d'une parcelle isolée et d'un gros bâtiment, propriété de l'état, sur lequel la commune n'a, a priori, aucune marge de manœuvre.

L'établissement des consommations énergétiques du bâti a montré que les IDC sont largement disponibles dans la zone village alors que sur le reste du territoire, ceux-ci sont inexistantes pour la plupart. Dès lors il serait intéressant, sur toute les zones villas et le hameau de Chevrens, d'encourager le calcul d'IDC (ou de CECB) afin d'établir un véritable cadastre de la chaleur qui serait un outil d'incitation et d'information pour promouvoir les actions de rénovation des bâtiments. La Figure 17 montre en effet que la baisse des besoins en chaleur constitue un gisement important de réduction des consommations d'énergie fossile.

En ce qui concerne le développement de ressources renouvelables et de nouvelles infrastructures de production d'énergie, il conviendra de distinguer :

- la zone village, avec une densité énergétique importante, dans laquelle la commune peut avoir une marge d'action pour planifier l'utilisation des ressources et la mise en place d'infrastructures plutôt centralisées. Une transition énergétique massive y est envisageable.
- le reste du territoire dans lequel la commune devra plus avoir un rôle d'incitateur pour la mise en œuvre de ressource et de technologies décentralisées.

Du point de vue de la mobilité, une action sur le changement des habitudes des aniérais, par le développement des transports collectifs ou la mobilité douce, peut avoir une incidence très significative sur les consommations d'énergie fossile.

9 Stratégies énergétiques locales visant à maîtriser les besoins thermiques du bâti

En ce qui concerne le bâti existant, ces stratégies concernent la rénovation thermique c'est-à-dire principalement l'isolation et si nécessaire, l'optimisation du fonctionnement des installations techniques pour en réduire les consommations d'énergie. Les stratégies sont définies en proposant différents niveaux de rénovation possibles.

- Zones village/hospice : les IDC actuels sont principalement inférieurs à 600 MJ/m² ce qui n'implique, selon la législation actuelle, pas ou peu d'obligation de rénover. Aussi, trois niveaux supplémentaires de rénovation, d'ambition croissante, sont définis :
 - Rénovation niveau 1 : obtention d'un IDC limite <500
 - Rénovation niveau 2 : obtention d'un IDC limite <400
 - Rénovation niveau 3 : obtention d'un IDC limite <300
- Zones villas/Chevrens : il n'y a que très peu d'IDC disponibles, aussi trois niveaux de rénovation équivalents aux précédents, sont définis :
 - Rénovation niveau 1 : Bâtiments 1919 à 1970 - baisse de 40% des besoins
 - Rénovation niveau 2 : Bâtiments 1919 à 1970 - baisse de 40% des besoins + bâtiments 1971-2000 – baisse de 20% des besoins
 - Rénovation niveau 3 : Bâtiments 1919 à 1970 - baisse de 60% des besoins + bâtiments 1971-2000 – baisse de 40% des besoins

En ce qui concerne le bâtir futur, un objectif de standard de construction de type minergie ou HPE est fixé.

La Figure 25 montre, par zones, l'impact sur les besoins utiles en chaleur de l'existant (barres bleues, rouges, vertes et violettes) des trois niveaux de rénovation définis précédemment. Les barres bleues ciel avec contours en traits pointillés permettent de comparer le niveau des besoins du bâti futur avec l'existant. Le bâti futur à l'horizon 2035 est pris en compte, c'est-à-dire l'ensemble des projets décrits dans le Tableau 1. Seuls les besoins du bâti futur dans la zone village ont une part significative. Pour l'ensemble des zones villas et Chevrens, le bâti futur n'a qu'une part marginale. Cette observation était prévisible, étant donné que les plus gros projets (notamment sur la parcelle Gavillet) se concentrent dans le village.

La Figure 26 permet d'estimer, par zone, les proportions de SRE bâties qui seraient impliquées selon les niveaux de rénovation mis en œuvre. La rénovation de niveau 1, impliquerait une proportion limitée de SRE à rénover, sauf dans les zones Chevrens et Hospice dans lesquelles les bâtiments sont anciens pour la plupart. Les rénovations de niveaux 2 et 3 impliqueraient des proportions identiques de SRE.

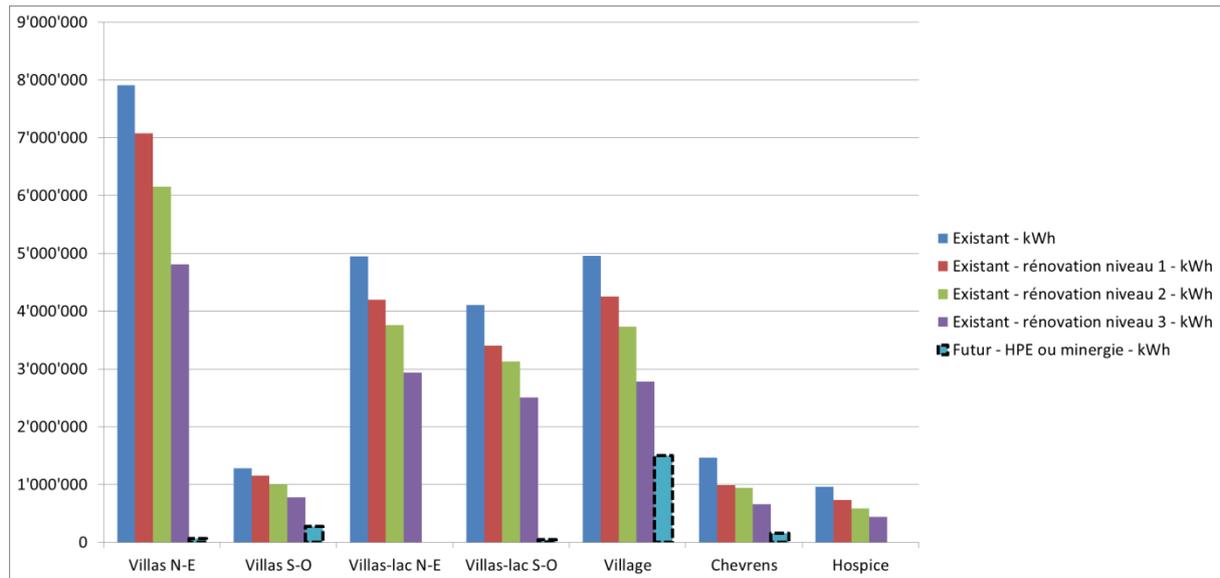


Figure 25 : impact des 3 niveaux de rénovation sur les besoins utiles de chaleur de l'existant et comparaison avec les besoins du bâti futur – par zone

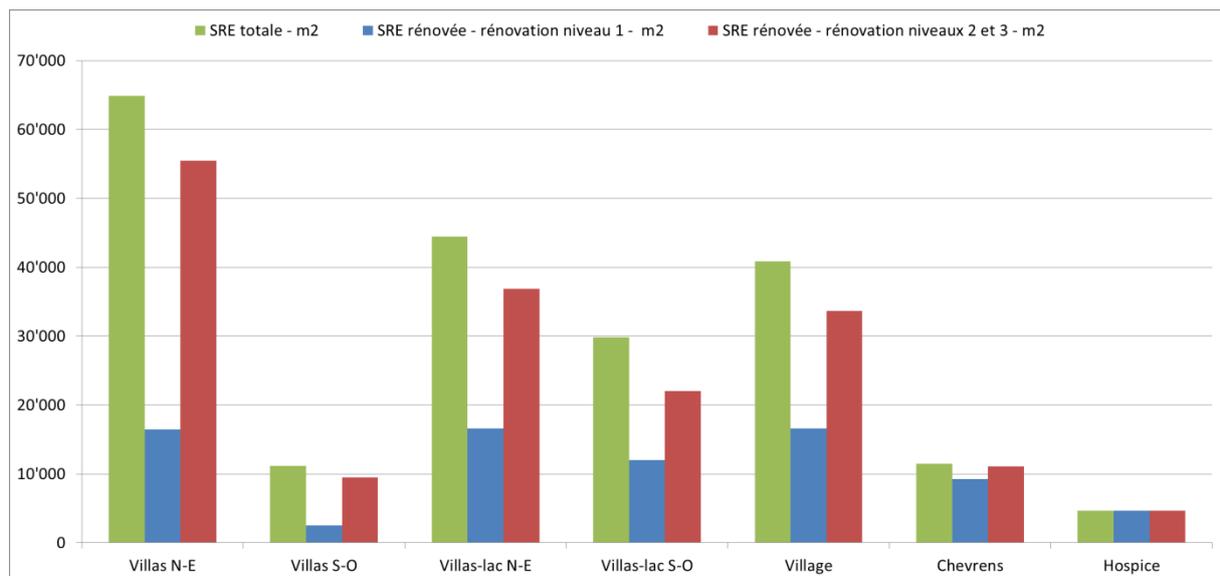


Figure 26 : proportion de SRE touchée par la rénovation selon les 3 niveaux de rénovation – par zones

Il est intéressant d'avoir une vision plus détaillée, dans la zone village, de l'effet des trois niveaux de rénovations thermiques sur la réduction des besoins utiles en chaleur, comparé aux besoins du bâti futur (Figure 27). L'enseignement principal est que le passage à un standard de construction plus ambitieux pour le bâti futur (par exemple THPE au lieu de HPE) n'est pas forcément une priorité, car son impact (diminution d'environ 30% des besoins) par rapport à l'effet des rénovations serait minoritaire.

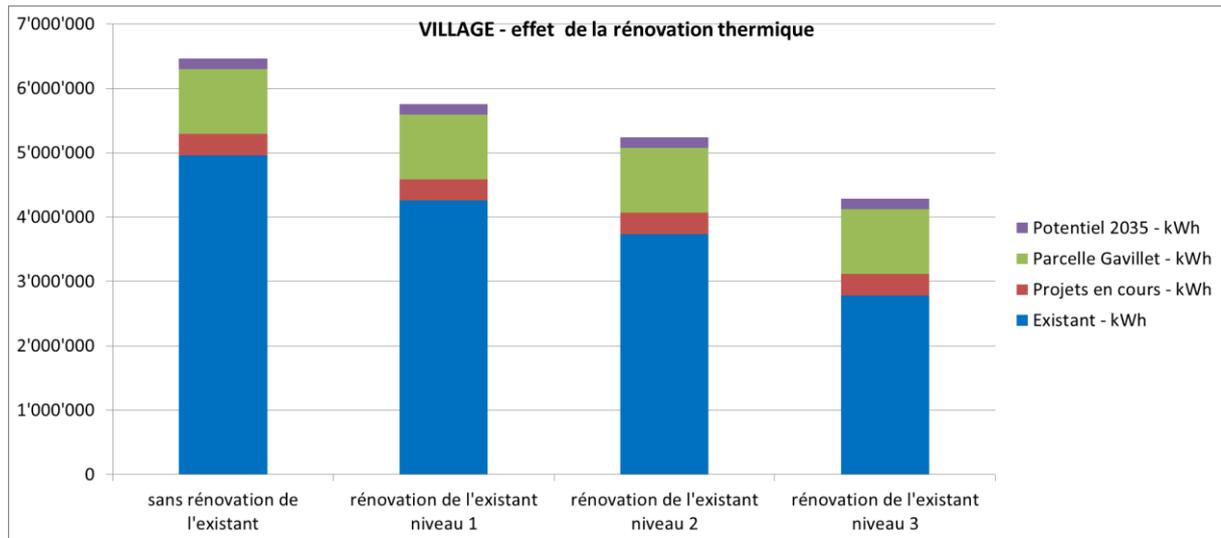


Figure 27 : zone village – effet de la rénovation thermique par rapport aux besoins du bâti futur

10 Stratégies de valorisation des ressources locales et mise en œuvre de technologies pour le bâti

Les stratégies sont ici définies de façon différenciées en considérant :

- d'une part les zones villas/chevrens et Hospice
- d'autre part la zone village

Ce partage est effectué en raison des caractéristiques particulières de la zone village (plus grande densité thermique, grande proportion de bâtiments appartenant à la commune) par rapport au reste du territoire.

10.1 Zones villas/Chevrens/Hospice

Ces zones sont constituées d'un habitat peu dense, propice aux valorisations décentralisées des ressources. La stratégie proposée se décline de la façon suivante :

- Privilégier en priorité l'utilisation de la géothermie basse profondeur (sondes verticales + PAC) avec l'appoint de panneaux solaires thermiques (ou photovoltaïques en second choix).
- Si l'installation de sondes n'est pas possible, envisager d'autres solutions telles que PAC air/eau ou PAC solaire et éventuellement des chaudières individuelles au bois.

La condition à la mise en œuvre de cette stratégie et d'engager au préalable une rénovation thermique des bâtiments, lorsqu'elle est nécessaire pour une utilisation optimale de PAC (abaissement du niveau de température de l'eau de chauffage).

Afin d'estimer des taux de pénétration territoriales possibles des sondes verticales, les scénarios moyens suivants sont envisagés en tenant compte de la surface au sol disponible

- 2'500 m² par sondes (une sonde tous les 50 m) → passage de 28 à 332 sondes
- 5'600 m² par sondes (une sonde tous les 75 m) → passage de 28 à 127 sondes
- 10'000 m² par sondes (une sonde tous les 100 m) → passage de 28 à 62 sondes

La Figure 28 montre l'importance de la mise en œuvre d'une stratégie de rénovation thermique, couplée à l'utilisation de PAC géothermique afin d'augmenter leur taux de couverture des besoins en chaleur. Les cas sans rénovation et avec rénovations niveaux 1 à 3 sont envisagés, associés aux trois hypothèses de taux de pénétration des sondes. Le taux de pénétration le plus faible n'est pas à retenir car il ne permet d'obtenir que des taux de couverture très modestes. En revanche, les deux autres taux de pénétration (sondes espacées de 75 m ou 50 m) permettent d'atteindre des taux de couverture intéressants, pour autant que les rénovations adéquates soient conduites dans le même temps. Le détail par zone montre que certaines zones villas, en raison de leur densité moindre, profiterait d'un taux de couverture plus élevé. Le calcul des taux de couverture prend en compte les besoins des constructions futures répertoriées sur le Tableau 1.

Il est important de mentionner que cette estimation est faite en considérant une profondeur moyenne des sondes de 150 m (longueurs observées sur les installations existantes). L'utilisation de sondes plus profondes permettrait d'améliorer encore les résultats.

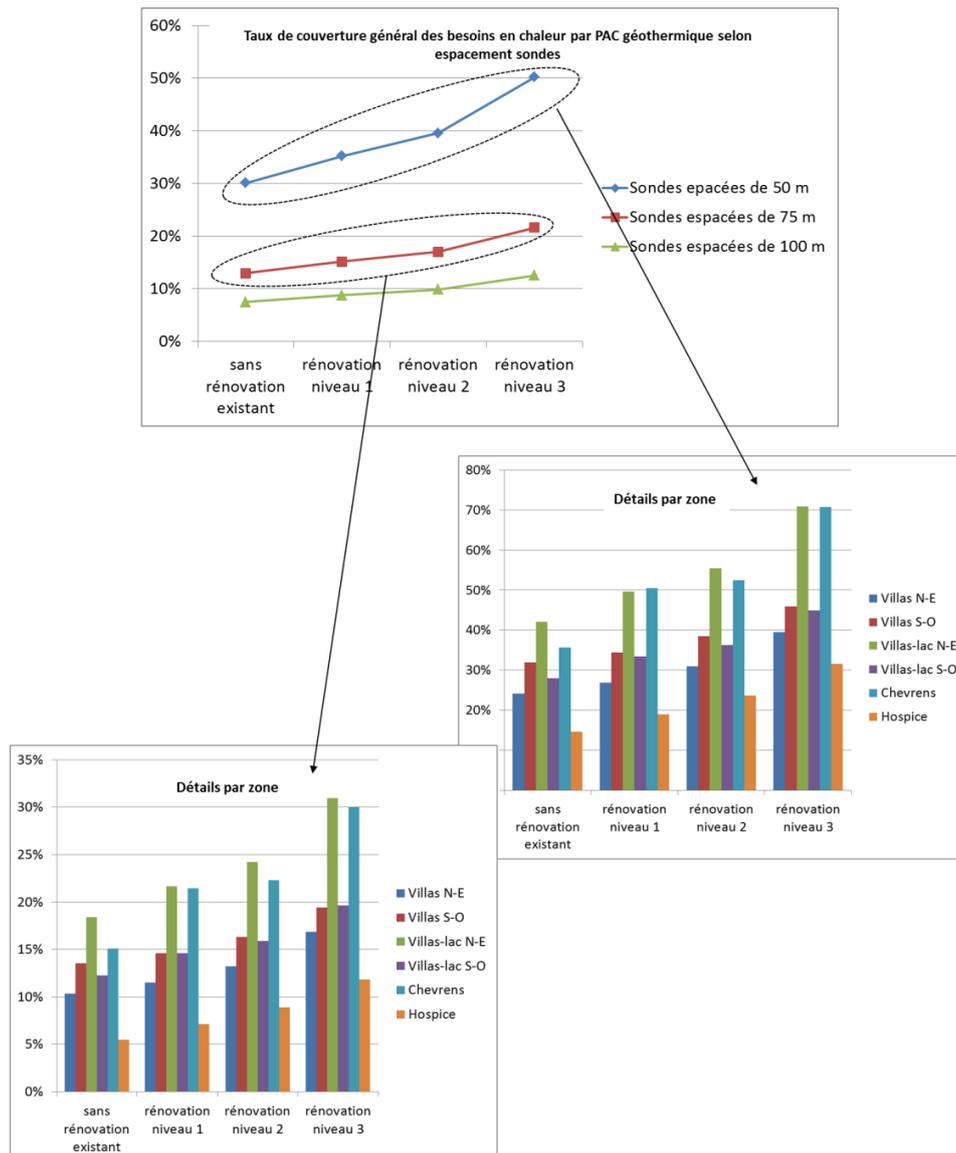


Figure 28 : zones villas/Chevrens/hospice - impact de la rénovation thermique sur le taux de couverture des besoins utiles de chaleur par des PAC géothermiques

L'utilisation de PAC induit une consommation électrique supplémentaire par rapport à la demande habituelle d'électricité de confort. La Figure 29 compare ces demandes, en valeurs annuelles, avec la production photovoltaïque en supposant différents taux de pénétration des panneaux solaires par rapport au potentiel maximal estimé dans le Tableau 4.

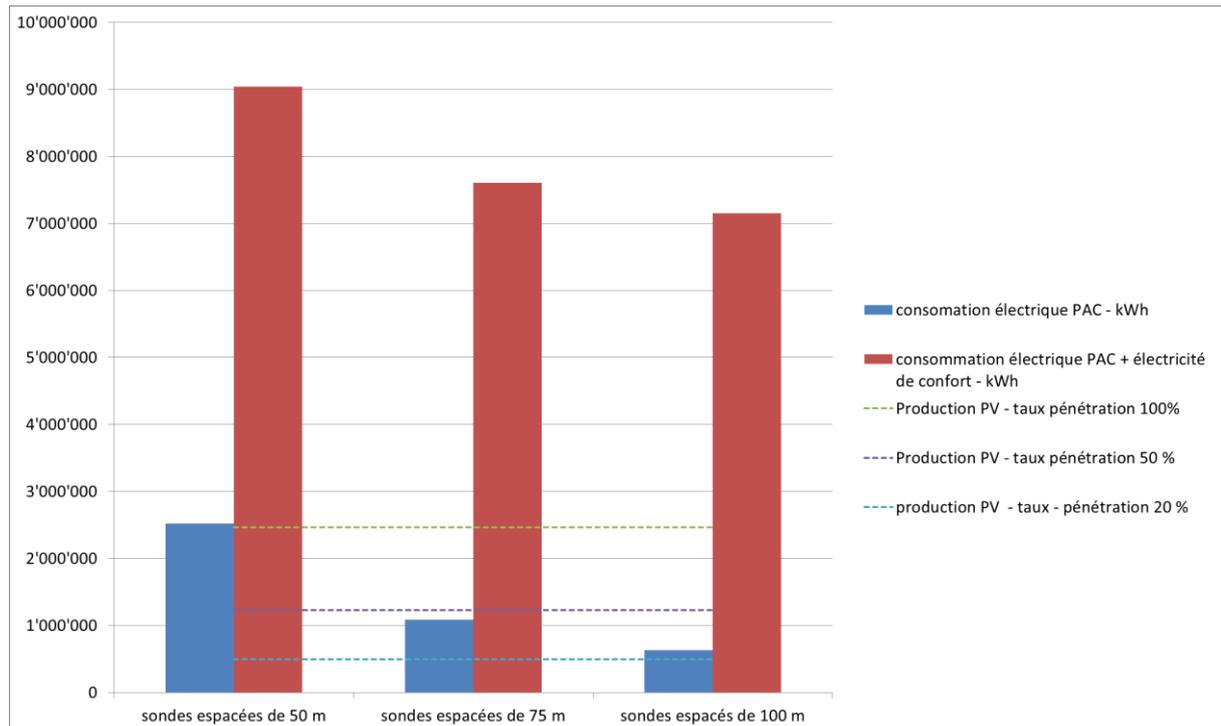


Figure 29 : zones villas/Chevrens/hospice - production photovoltaïque potentielle comparée à la demande électrique des PAC et de confort

10.2 Zone village

Cette zone est constituée d'un bâti plus dense avec d'importantes marges de manœuvre de la commune qui est propriétaire de nombreux bâtiments. Il est proposé d'y valoriser les ressources de façon centralisée au travers d'un réseau de chaleur. Trois options sont envisagées.

Option 1 : Utilisation de l'eau du lac comme source de chaleur :

- potentiel illimité à l'échelle de la zone
- Hypothèse température d'eau constante sur l'année (si captage suffisamment profond): 8°C
- Technologie : PAC centralisée / réseau de CàD

Option 2 : Aquifère à moyenne profondeur :

- potentiel probable important
- Hypothèse moyenne (compte tenu des connaissances actuelles) : profondeur 1000 m, température 40°C, débit 20 l/s
- Technologies :
 - Echange de chaleur directe à la source/réseau de CàD/ PAC décentralisées
 - Echange de chaleur directe à la source/PAC centralisée/réseau de CàD

Option 3 : Bois (+ paille ?) – énergie

- Potentiel mobilisable important
- Technologie : production combinée de chaleur dans réseau de CàD et d'électricité injectée dans le réseau (cogénération)

Quel que l'option retenue, l'installation la plus large possible de panneaux photovoltaïques sur les toits des bâtiments qui représentent souvent des grandes surfaces unitaires (logements collectifs) est recommandée.

Dans un premier temps, les options 1 et 2 sont comparées du point de vue de leurs performances énergétiques (Figure 30). Il est supposé que le réseau de chaleur alimente l'ensemble de la zone village, en tenant compte aussi des besoins des projets futurs à l'horizon 2035. La comparaison est effectuée sans rénovation de l'existant et avec une rénovation de niveau 3. Le COP annuel est le principal paramètre de comparaison, il correspond au ratio entre la chaleur totale fournie et l'électricité nécessaire pour alimenter les PAC et le pompage de la ressource (i.e. soit les pompes d'extraction de l'aquifère, soit la pompe de captage de l'eau du lac).

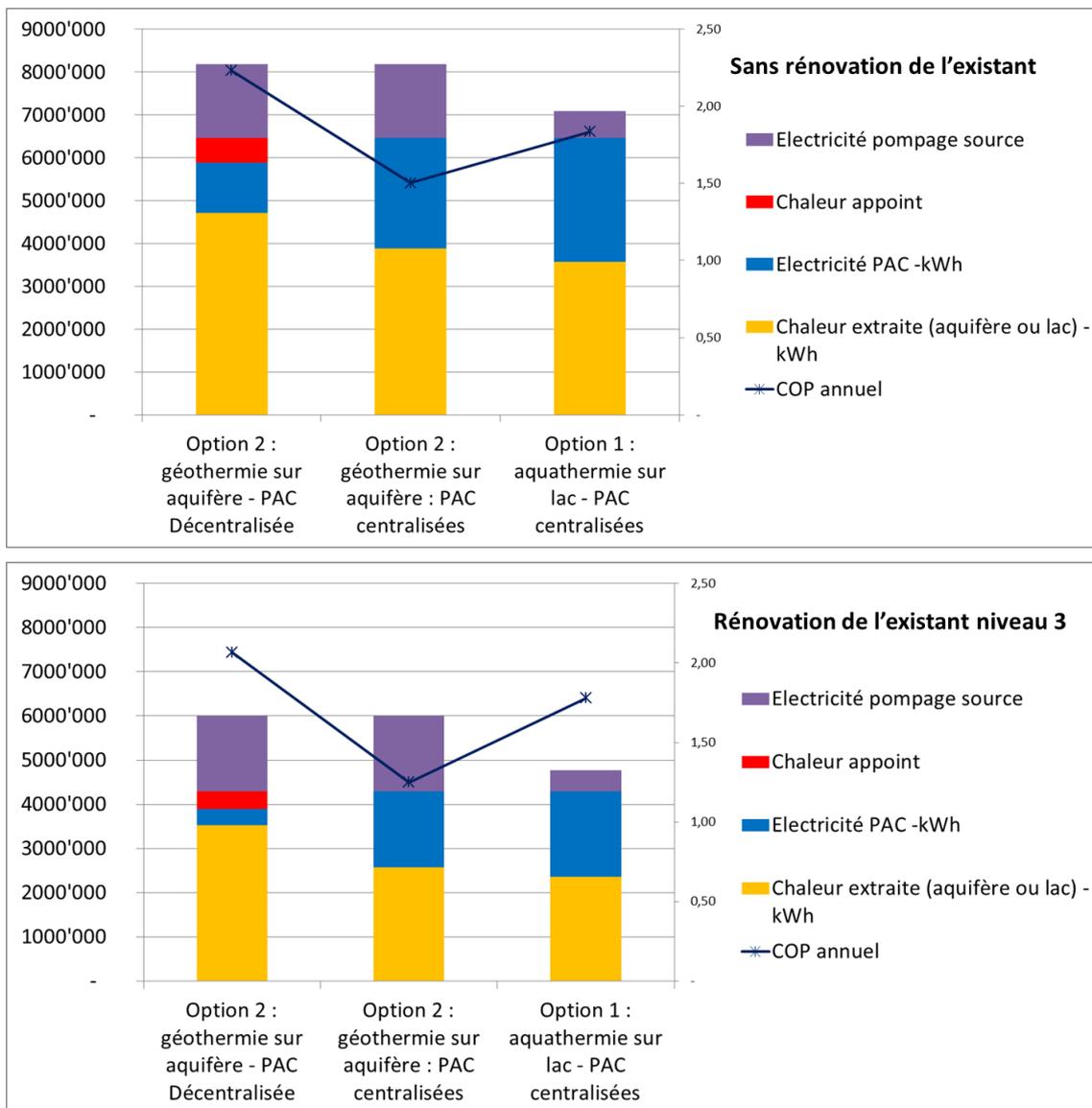


Figure 30 : zone village – comparaison des performances des options 1 et 2 pour la mise en œuvre d'un réseau de CàD

Tout d'abord, il est observé qu'aussi bien l'eau du lac que l'aquifère à moyenne profondeur, en raison de leur potentiel important suffirait l'un et l'autre à couvrir quasiment l'intégralité des besoins en chaleur du village, avec ou sans rénovation. Le fait de rénover les bâtiments et de réduire le



niveau de température de l'eau de chauffage n'apporte pas de grand changement sur les performances énergétiques (les COP évoluent peu). En ce qui concerne l'option 2, la configuration avec PAC décentralisées est retenue car elle offre le meilleur COP. Celui-ci reste toutefois fortement dégradé par la nécessité de pomper un aquifère à 1000 m ce qui consomme beaucoup d'électricité. En fait la ressource de l'aquifère est ici sous-exploitée par rapport à ses capacités et cela pègre les performances, ainsi, avec la même énergie annuelle de pompage, il serait possible de fournir beaucoup plus de chaleur si il y en avait la demande. En ce qui concerne l'option 1, la valeur du COP est principalement liée aux consommations des PAC (l'énergie de pompage du lac est beaucoup moins importante), toutefois le COP présente des valeurs équivalentes à l'option 2, car la consommation des PAC est, quant à elle plus grande, en raison de la faible température de la ressource.

L'option 3 est de nature très différente, ses performances sont donc présentées séparément en supposant toujours que le réseau de chaleur alimente l'ensemble de la zone village, en tenant compte aussi des besoins des projets futurs à l'horizon 2035 (Figure 31). Ici, une production combinée de chaleur et d'électricité est considérée. La puissance de la production de chaleur est prise à 750 kW avec une modulation jusqu'à 50% afin de permettre environ 3800 à 5000 heures de fonctionnement annuel selon que l'on considère la courbe horaire des besoins en chaleur sans rénovation de l'existant ou avec rénovation de niveau 3 (voir graphe du haut). La part annuelle des besoins en chaleur, couverte par la cogénération, qui en résulte est montrée sur le graphe du bas (part bois), celle-ci évolue peu si une rénovation des bâtiments est considérée (55 à 60%). Les productions d'électricité annuelles sont estimées en supposant deux technologies possibles : soit un cycle de rankine organique (ORC) avec un rendement électrique à 11 % (fourchette basse) soit un moteur fonctionnant au gaz de synthèse avec un rendement électrique à 25 % (fourchette haute). Le choix de la technologie a ici un impact important sur les quantités d'électricités produites. Il faut toutefois mentionner que la technologie ORC est plus éprouvée que celle utilisant un moteur au gaz de synthèse. Enfin, le graphe du bas rappelle aussi, pour comparaison des ordres de grandeurs, le niveau de production photovoltaïque annuel en supposant un taux de pénétration de 100% dans la zone village.

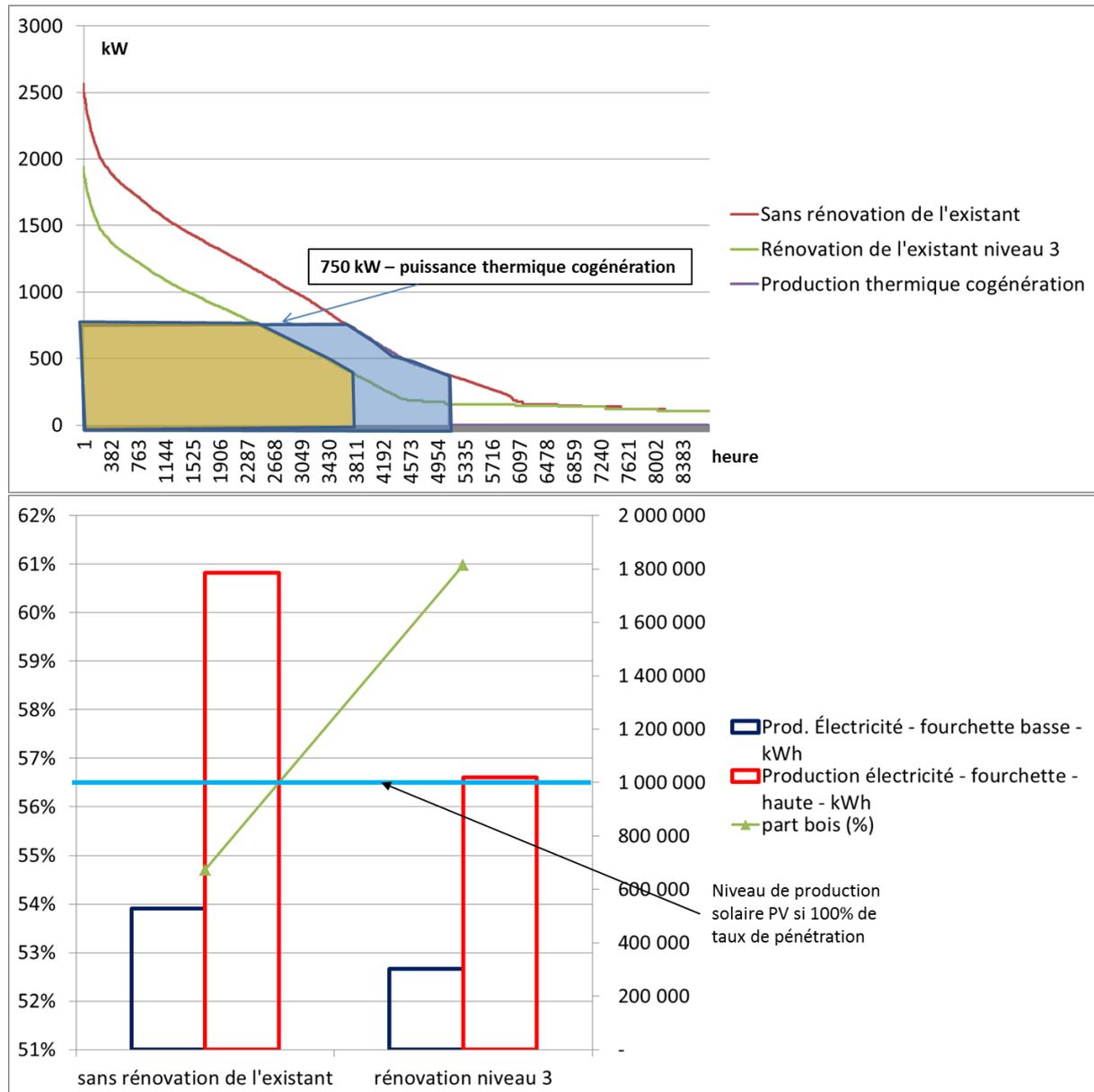


Figure 31 : zone village – performances de l’option 3 pour la mise en œuvre d’un réseau de C&D

11 Stratégies de mise en place d'infrastructures énergétiques pour le bâti

Les stratégies sont définies de façon différenciées en considérant à nouveau :

- d'une part les zones villas/chevrens et Hospice
- d'autre part la zone village

11.1 Zones villas/Chevrens/Hospice

Les infrastructures à mettre en place sont décentralisées (PAC individuelles, sondes verticales individuelles, panneaux solaires) et ne nécessitent pas de planification territoriale particulière.

Toutefois, la réalisation de forages pour y installer des sondes peut, au cas par cas, soulever des conflits d'usage, par exemple dans des secteurs de villas denses où la surface au sol est limitée. Une mutualisation de l'espace disponible entre plusieurs villas pourrait alors s'envisager.

11.2 Zone village

La Figure 32 présente un tracé possible du réseau de CàD avec une proposition d'implantation des centrales de production selon l'option 1 (eau du lac) ou l'option 3 (bois + cogénération). L'implantation du forage à moyenne profondeur dans le cas de l'option 2 est aujourd'hui difficile à planifier en l'absence de données plus précises (aussi elle n'est pas représentée sur la figure).

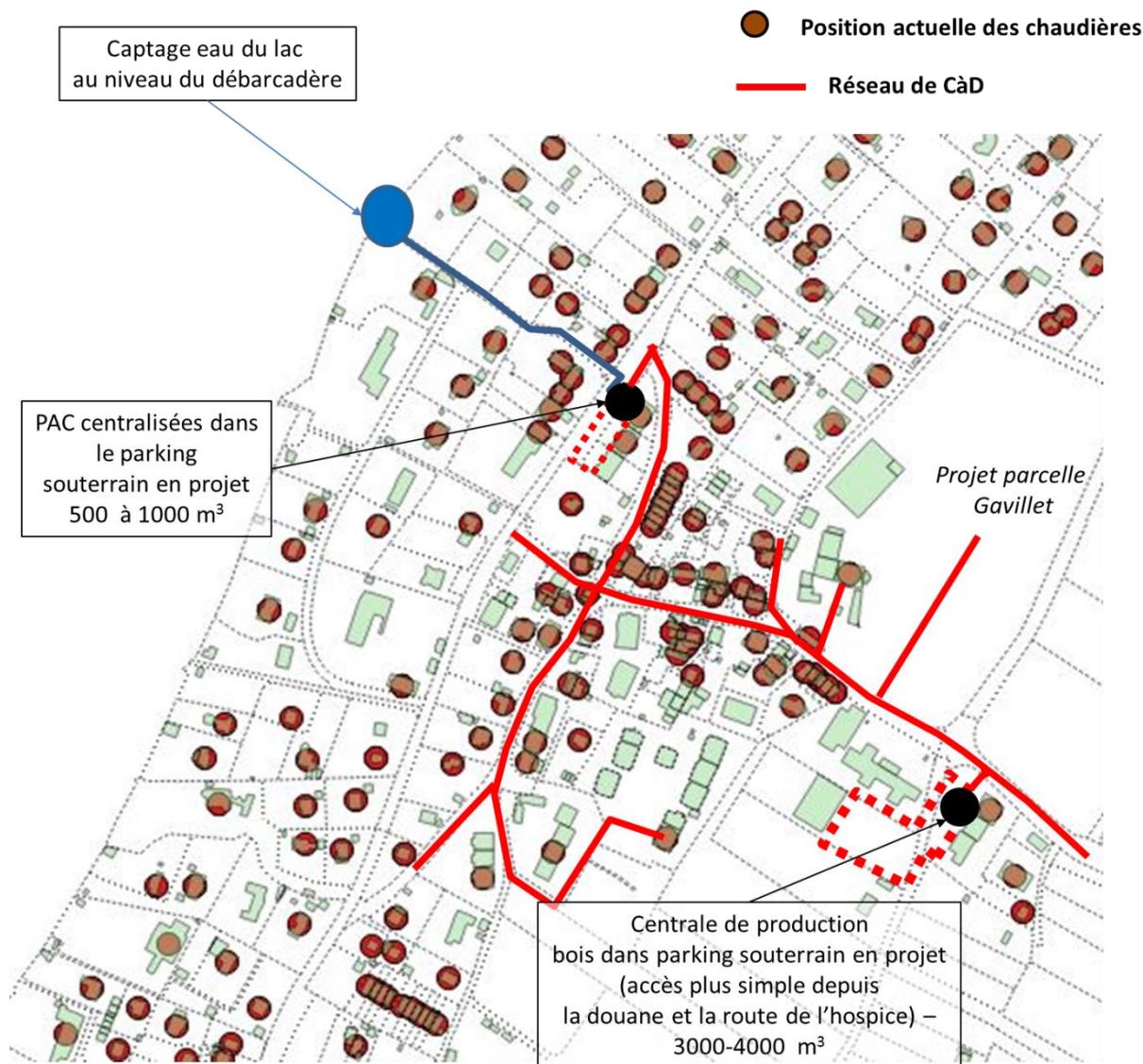


Figure 32 : zone village – implantation du réseau de CàD et des centrales de production (option 1 - eau du lac et option 3 - bois+cogénération)

La longueur de tracé du réseau est estimée à 1600 m, ce qui constitue un ratio de 2,6 à 4MWh/m de chaleur livrée, selon le niveau de rénovation envisagé.

12 Impact de la mise en œuvre des stratégies sur la consommation des agents énergétiques pour la fourniture en chaleur du bâti

12.1 Zones villas/Chevrens/Hospice

La Figure 33 montre les influences combinées des stratégies d'action sur les besoins et de mise en œuvre de ressources/technologies, sur les consommations et répartitions des différents agents énergétiques utilisés pour la fourniture de chaleur. Les besoins de l'existant et du bâti futur à l'horizon 2035 sont pris en compte.

Le graphique du haut montre l'influence d'une stratégie uniquement portée sur la maîtrise des besoins, qui permet de réduire, par la rénovation, la consommation totale des agents énergétiques, sans en modifier la répartition. Si, en plus, une stratégie d'implantation de PAC géothermiques selon deux densités de sondes possibles (cf section 10.1), couplée à l'installation de panneaux solaire, est mise en œuvre, la part du mazout diminue au bénéfice de la géothermie et du solaire. Ici, la production solaire thermique correspond à celle donnée dans le Tableau 4, elle suppose un emploi systématique de panneaux solaire pour satisfaire environ 30% des besoins en ECS.

Quel que soit l'objectif de rénovation, d'implantation de PAC géothermiques et de panneaux solaire atteint, la part d'énergies renouvelables dans l'approvisionnement en chaleur reste au-dessous de 50%. Afin d'envisager une perspective 100% renouvelable, il sera donc nécessaire d'utiliser d'autres ressources et technologies : PAC air/eau, PAC solaire, chaudières au bois. Toutefois, l'observation générale des graphiques montre qu'une rénovation thermique ambitieuse apporte une grande contribution sur le chemin du 100% renouvelable.

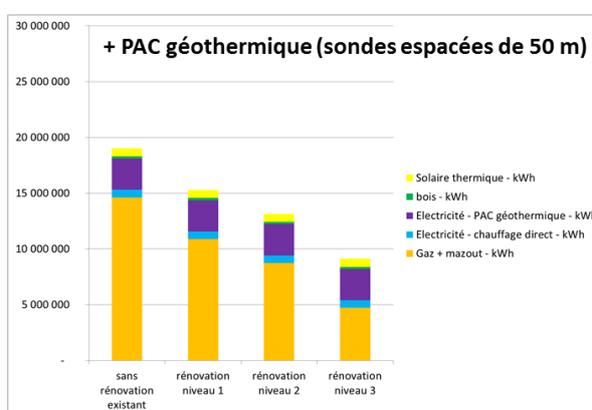
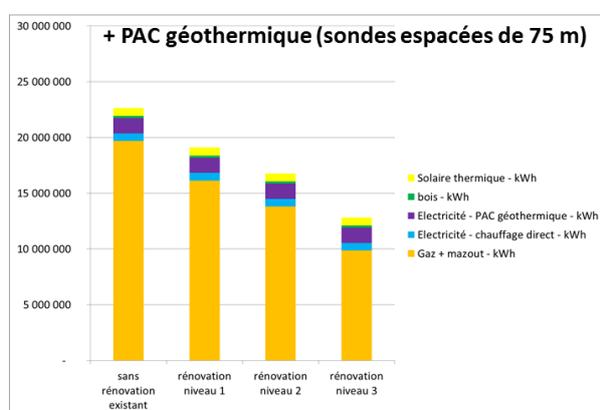
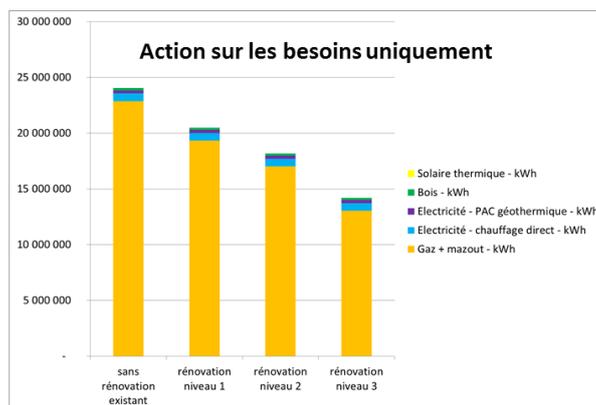


Figure 33 : zones villas/Chevrens/hospice - influence des stratégies d'action sur les besoins et de mise en œuvre de ressources/technologies sur les consommations et répartitions des différents agents énergétiques utilisés pour la fourniture de chaleur

12.2 Zone village

De façon analogue à la Figure 33, la Figure 34 montre les influences combinées des stratégies d'action sur les besoins et de mise en œuvre des trois options possible de réseau de chaleur, sur les consommations et répartitions des différents agents énergétiques utilisés pour la fourniture de chaleur. Les besoins de l'existant et du bâti futur à l'horizon 2035 sont pris en compte.

Ici, contrairement aux zones villas, la rénovation thermique ne contribue pas significativement à augmenter la part d'énergies renouvelables. Cela provient du fait que la mise en œuvre d'un réseau de chaleur centralisé permet en lui-même une conversation massive aux énergies renouvelables. Selon les options de CàD, la nature et la consommation des agents énergétiques est très variable : électricité pour les options 1 et 2, bois et mazout en quantité trois fois plus importante pour l'option 3 (cela est dû au fait que pour cette dernière option, le bois consommé sert aussi à produire de l'électricité).

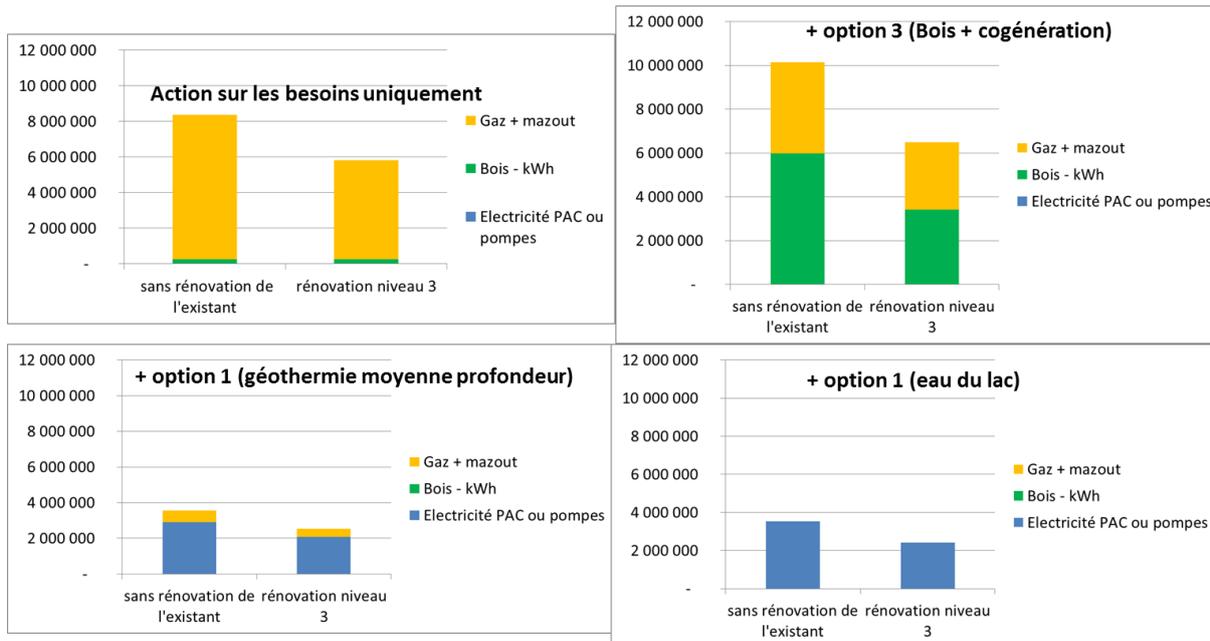


Figure 34 : zone village - influence des stratégies d'action sur les besoins et de mise en œuvre des trois options de réseau CàD sur les consommations et répartitions des différents agents énergétiques utilisés pour la fourniture de chaleur

13 Impact de la mise en œuvre des stratégies sur les productions locales d'électricité

La Figure 35 montre l'impact des stratégies proposées sur l'augmentation de la part des productions électriques locales pour satisfaire les besoins de confort du bâti existant et futur à l'horizon 2035.

L'installation de panneaux photovoltaïques jouerait évidemment un rôle important. L'hypothèse est faite d'un taux de pénétration de 20% dans les zones villas/chevrens/hospice et de 50% dans la zone village (les surfaces unitaires disponibles y sont plus grandes et la commune y a plus de prérogatives décisionnelles). Le choix de l'option 3 pour le CàD (cogénération au bois) apporterait aussi une contribution supplémentaire.

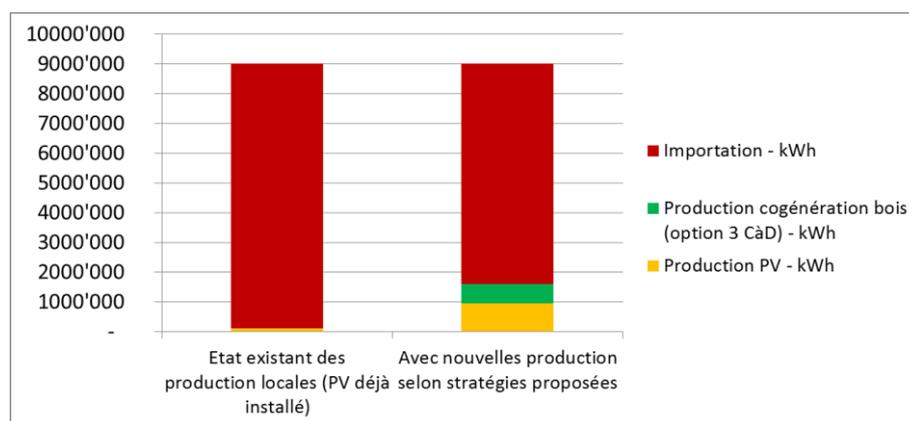


Figure 35 : part des productions électriques locales dans l'approvisionnement en électricité de confort (bâti existant + futur à l'horizon 2035)

14 Stratégies locales pour la mobilité

La commune est déjà très active dans ce domaine avec une étude pour la mise en place de navettes collectives, au service de la population (déjà évoqué en section 3.4). L'encouragement à la mobilité douce fait aussi déjà partie des intentions de la politique énergétique communale, avec notamment un soutien à l'achat de vélo électriques.

Des facteurs situés à une échelle extra-communale et internationale auront également un impact, par exemple :

- L'amélioration de la desserte en transport public sous l'égide des TPG
- Le développement de la voiture hybride ou électrique, qui semble promis à une forte croissance dans ces prochaines années, diminuera de facto les consommations d'énergie fossile

Toutefois, concernant le thème du développement de la voiture électrique, la politique communale peut jouer son rôle en construisant par exemple des stations de recharges alimentées par des panneaux photovoltaïques. Cela peut notamment aider à atteindre des taux élevés de pénétration du PV en donnant un débouché direct à la production locale d'électricité, plutôt que la revente au réseau. La construction future des parkings souterrains, dans la zone village, pourrait être l'occasion de réfléchir à l'opportunité de l'implantation de telles stations.

15 Analyse des stratégies énergétiques locales

15.1 Zones villas/Chevrens/Hospice

Analyse des stratégies visant à la maîtrise des besoins thermiques

La mise en œuvre de ces stratégies se fera principalement par des mécanismes d'encouragement des propriétaires à engager des travaux d'amélioration de leur bâtiment. Le but de l'analyse est d'essayer de spatialiser des secteurs prioritaires, dans lesquels des objectifs raisonnables de réduction des besoins pourraient être atteints le plus facilement, compte tenu de contraintes d'ordre techniques, économiques, organisationnelles (motivation des acteurs), réglementaires ou institutionnelles.

Les différentes zones sont d'abord découpées en secteur de tailles réduites aussi homogènes que possible quant à la typologie du bâti (voir Figure 36). Les secteurs villas 8 et villa-lac 6 ont été définis car ils doivent connaître un renouvellement complet selon les projets identifiés dans le Tableau 1 et la Figure 5. Afin de définir des priorités, les hypothèses suivantes sont faites :

- L'objectif de réduction des besoins est fixé à une rénovation de niveau 2 (voir section 9)
- L'objectif doit être atteint collectivement sur un secteur, par un effet d'entraînement entre habitants proches, avec la possibilité d'envisager une mutualisation des coûts.
- Un degré de priorité (sur une échelle de 1 à 3) est défini pour l'atteinte des objectifs. La priorité 1 est choisie lorsqu'une rénovation de niveau 1 permettrait déjà de se rapprocher de l'objectif, pour les raisons suivantes :
 - a. La rénovation est probablement plus simple techniquement (qu'une rénovation de niveau 2)
 - b. Elle représente moins d'investissements, et l'impact d'une subvention publique est plus grand
 - c. Une rénovation de niveau 1 peut éventuellement être soumise plus facilement à un nouveau seuil légal (i.e. IDC limite = 500) plus acceptable que 400 ou 300.

La définition des priorités est illustrée sur la Figure 37.

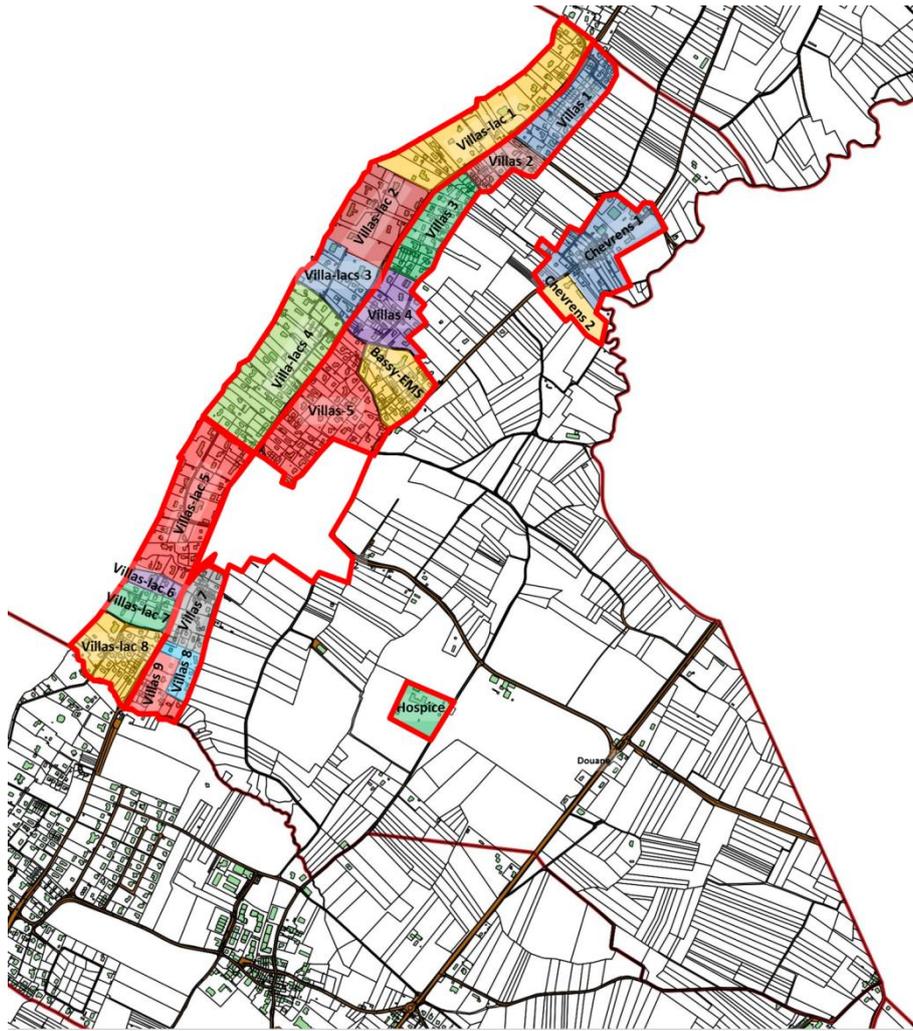


Figure 36 : zones villas/Chevrens/hospice – découpage des zones en secteurs (les couleurs permettent de les différencier)

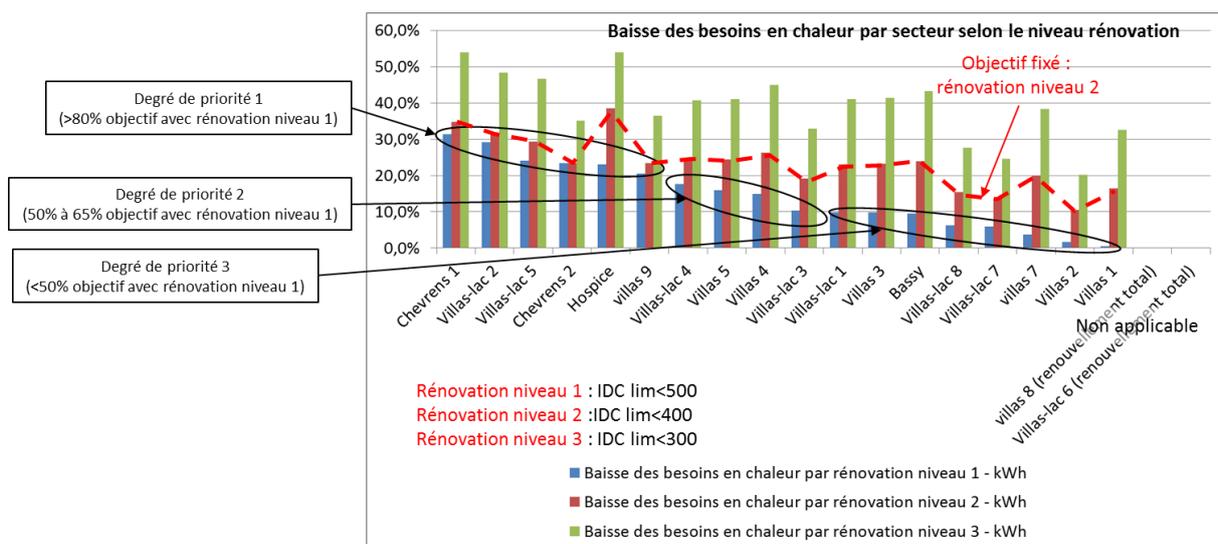


Figure 37 : zones villas/Chevrens/hospice – définition de degrés de priorité de rénovation thermique par secteurs

Analyse des stratégies visant à l'installation de PAC

L'installation de pompes à chaleur (avec ou sans sondes géothermiques) est un volet important de la stratégie définie dans la section 10.1. Tout comme pour la rénovation thermique, la mise en œuvre se fera principalement par des mécanismes d'encouragement. Il est donc intéressant de définir des secteurs prioritaires (selon le découpage de la Figure 36) où l'incitation à l'installation de PAC est à privilégier. Pour ce faire, les hypothèses suivantes sont faites :

- Un objectif d'installation de PAC doit être atteint collectivement sur un secteur, par un effet d'entraînement entre habitants proches, avec la possibilité d'envisager une mutualisation des coûts
- La priorité de l'objectif est d'autant plus grande (degré 1) que la part de bâtiments (ou SRE) chauffés avec une eau à 40 degrés est importante :
 - Meilleure adéquation technique de la PAC.
 - Plus d'impact financier d'une subvention publique.

La définition des priorités est illustrée sur la Figure 38.

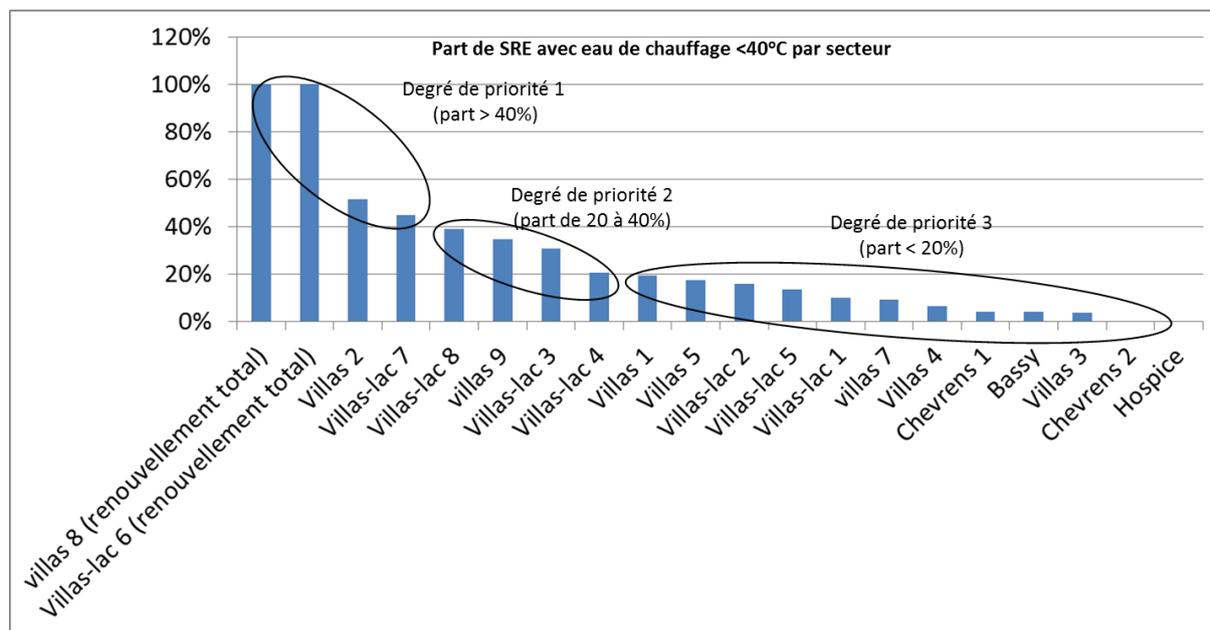


Figure 38 : zones villas/Chevrens/hospice – définition de degrés de priorité, par secteurs, pour l'installation de PAC

Synthèse

La Figure 39 résume l'ensemble des priorités définies précédemment. Il est important de mentionner que les priorités sont définies en s'appuyant sur des données parfois imprécises. La réalisation d'un véritable cadastre de la chaleur permettrait d'affiner l'analyse.

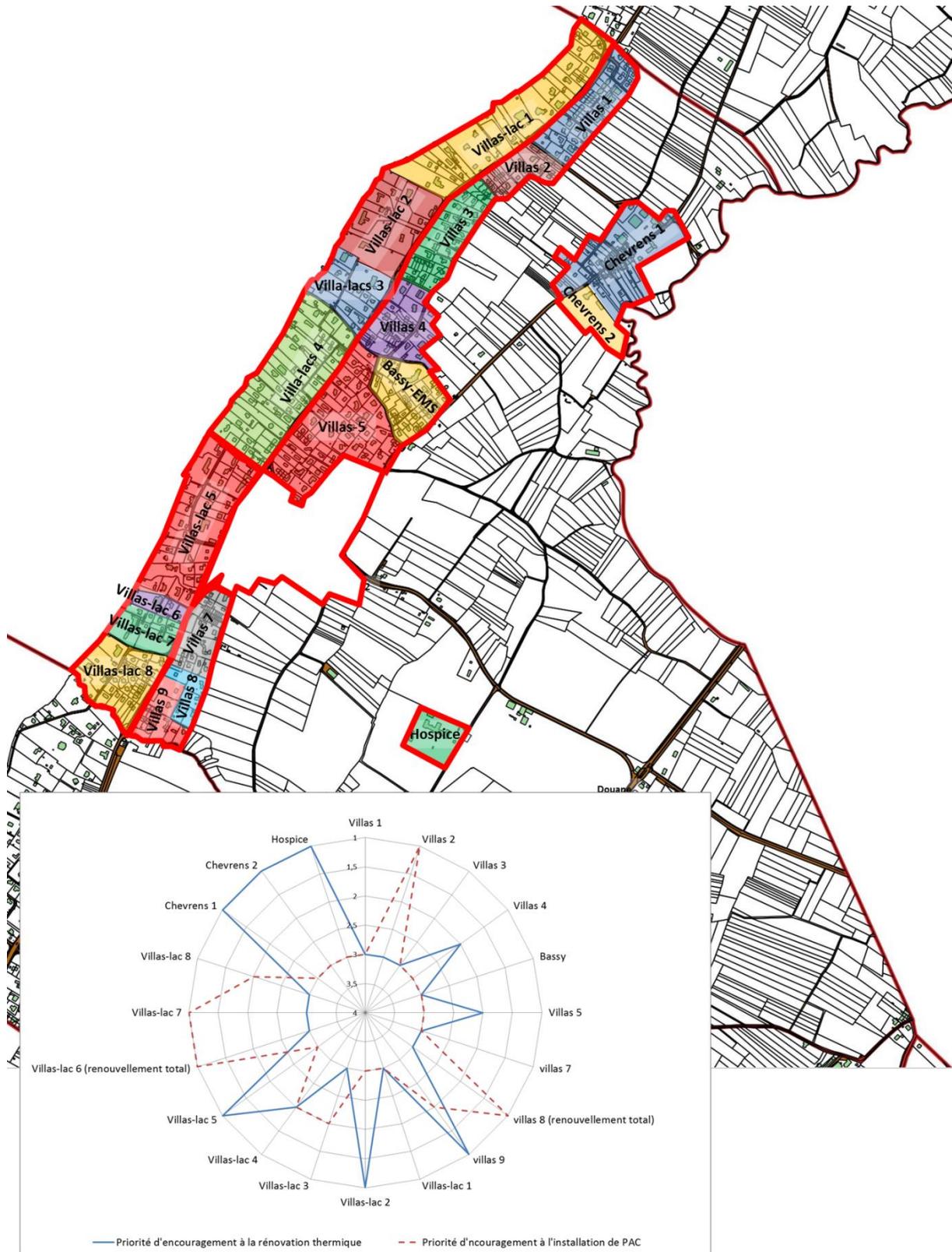


Figure 39 : zones villas/Chevrems/hospice – priorités par secteurs pour la rénovation thermique et l'installation de PAC

15.2 Zone village

Analyse des stratégies visant à la maîtrise des besoins thermiques

De façon analogue aux zones villas, la zone village est découpée en secteurs (Figure 40). La commune est propriétaire de nombreux bâtiments dans les différents secteurs (quasiment 100% dans village 2, environ 50% dans village 1), aussi en plus du mécanisme d'encouragement, le rôle d'exemplarité peut ici avoir un rôle important.

L'objectif de rénovation niveau 2 pourrait être défini avec un degré de priorité 1 dans toute la zone. Dans les secteurs village 3 et villas 6, il peut être quasiment atteint avec des rénovations de niveau 1. Dans les autres secteurs, la commune possédant de nombreux bâtiments d'importance, leur rénovation ambitieuse doit aider à atteindre globalement l'objectif. Dans le secteur village 2, un objectif de rénovation de niveau 3 pourrait même être fixé, car la commune y détient quasiment tout le bâti.

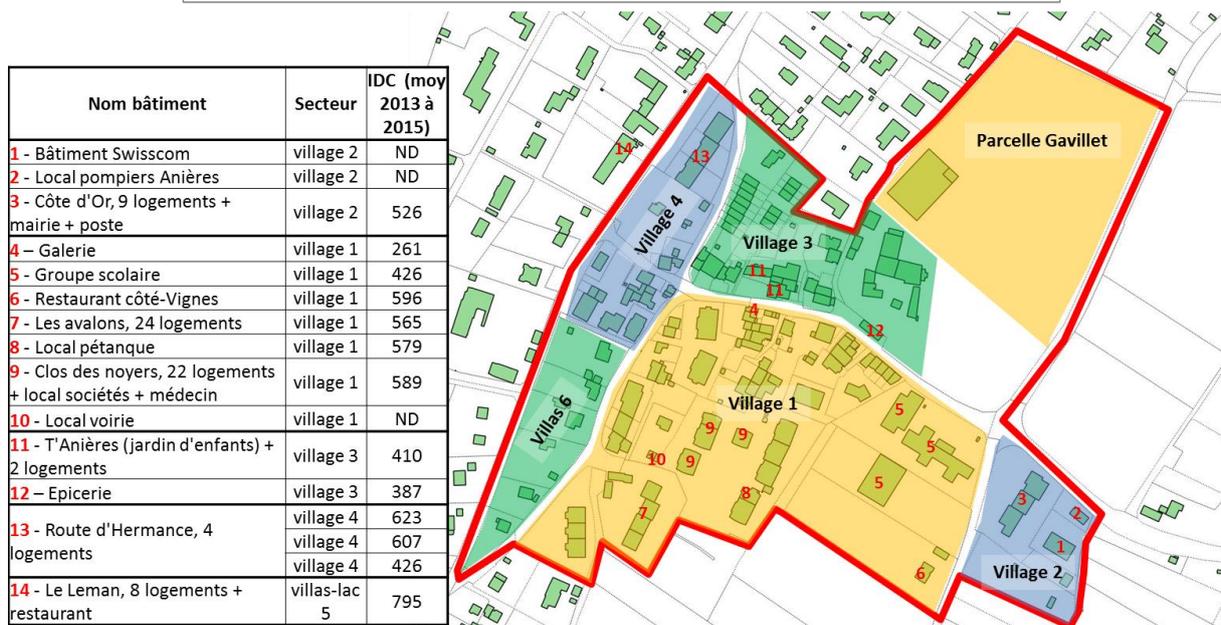
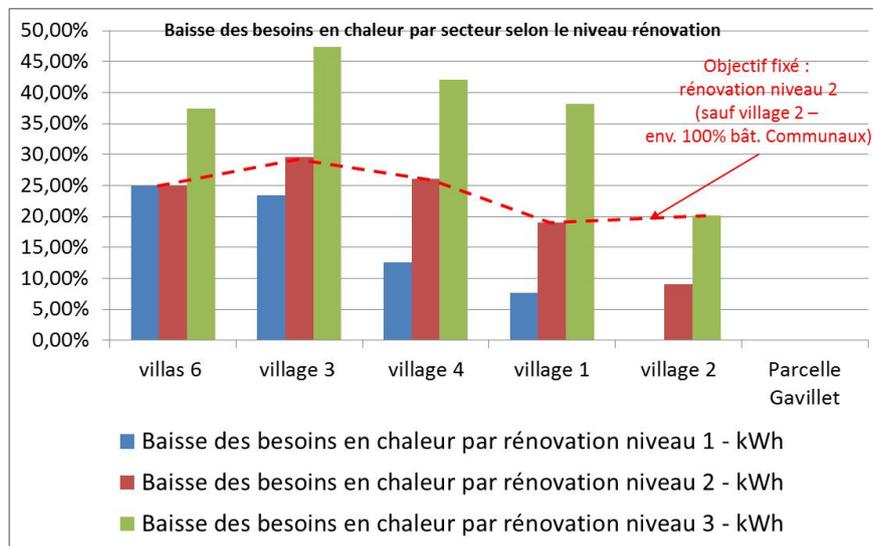


Figure 40 : zone village – objectifs de rénovation – indication des bâtiments propriétés de la commune

Analyse des 3 options de réseau de CàD

La commune est aujourd'hui très motivée à soutenir le développement d'un réseau de CàD. Toutefois, il est important d'analyser la robustesse des 3 options proposées, en évaluant les contraintes ou les opportunités qui peuvent influencer leur mise en œuvre. Pour cela les 5 catégories suivantes sont utilisées :

- Catégorie 1 : l'environnement bâti et son évolution (temporalités, spatialités probables)
- Catégorie 2 : état de l'art scientifique et technique (maîtrise technologique, connaissance des ressources ...).
- Catégorie 3 : coûts, modèles économiques possibles
- Catégorie 4 : social et organisationnel (par ex. niveau de motivation, d'organisation des acteurs).
- Catégorie 5 : politique et institutionnel.

Trois degrés de confiance possible sont attribués aux 5 catégories :

- Degré 1 : grandes imprécisions ou incomplétudes dans la maîtrise des paramètres de la catégorie, générant des incertitudes fortes qu'il n'est pas possible de réduire au stade actuel. Cela peut conduire à des irréversibilités ou des blocages dans la mise en œuvre de l'option. Des mesures conservatoires ou transitoires doivent être envisagées le cas échéant.
- Degré 2 : imprécisions ou incomplétudes dans la maîtrise des paramètres, générant des incertitudes dans la mise en œuvre de l'option. Il est possible de réduire l'impact de ces incertitudes, moyennant la mise en œuvre d'actions ciblées avec des réseaux d'acteurs spécifiques.
- Degré 3 : connaissance suffisante des paramètres de la catégorie, ne générant pas d'incertitudes sur la mise en œuvre de l'option.

L'attribution des degrés de confiance aux 3 options et selon les 5 catégories est explicité dans Tableau 6 et représenté dans des diagrammes en araignée sur la Figure 41.

	Option 1 - Eau du lac – degré de confiance		Option 2 - Géothermie sur aquifère – degré de confiance		Option 3 - Bois avec cogénération – degré de confiance	
Catégorie 1	Tissu urbain bien maîtrisé pour l'implantation du réseau mais incertitude sur le lieu de pompage adéquat	2	Tissu urbain bien maîtrisé pour l'implantation du réseau mais incertitude sur un lieu de forage possible	2	Tissu urbain bien maîtrisé pour l'implantation de l'infrastructure (réseau, accès bois)	3
Catégorie 2	principe technique déjà éprouvé	3	Incertitude sur les capacités de l'aquifère	1	principe technique bien maîtrisé mais peu développé	2
Catégorie 3	Les coûts sont connus et un modèle économique peut être défini	3	Les coûts présentent une grande incertitude liée au prix du forage	2	Les coûts sont connus et un modèle économique peut être défini	3
Catégorie 4	<u>Organisationnel</u> : la commune est motivée pour lancer ce genre d'opération - <u>Social</u> : pas de réticence envisageable en raison du faible impact physique et visuel, incertitudes par rapport à l'acceptabilité du coût de l'énergie mise à disposition dans les bâtiments	2	<u>Organisationnel</u> : la commune est motivée pour lancer ce genre d'opération - <u>Social</u> : pas de réticence envisageable en raison du faible impact physique et visuel, inconnue sur le coût final de l'énergie qui pourra être proposé	1	<u>Organisationnel</u> : la commune est motivée pour lancer ce genre d'opération - <u>Social</u> : réticence envisageable en raison de l'impact physique (cheminée), incertitudes par rapport à l'acceptabilité du coût de l'énergie mise à disposition dans les bâtiments	2
Catégorie 5	Soutien des autorités très probable	3	Soutien des autorités très probable	3	Soutien des autorités très probable avec une grande exigence sur la qualité de la filtration des gaz d'échappement (la législation va peut-être évoluer)	2

Tableau 6 : zone village – analyse de la robustesse des 3 options de réseau de C&D

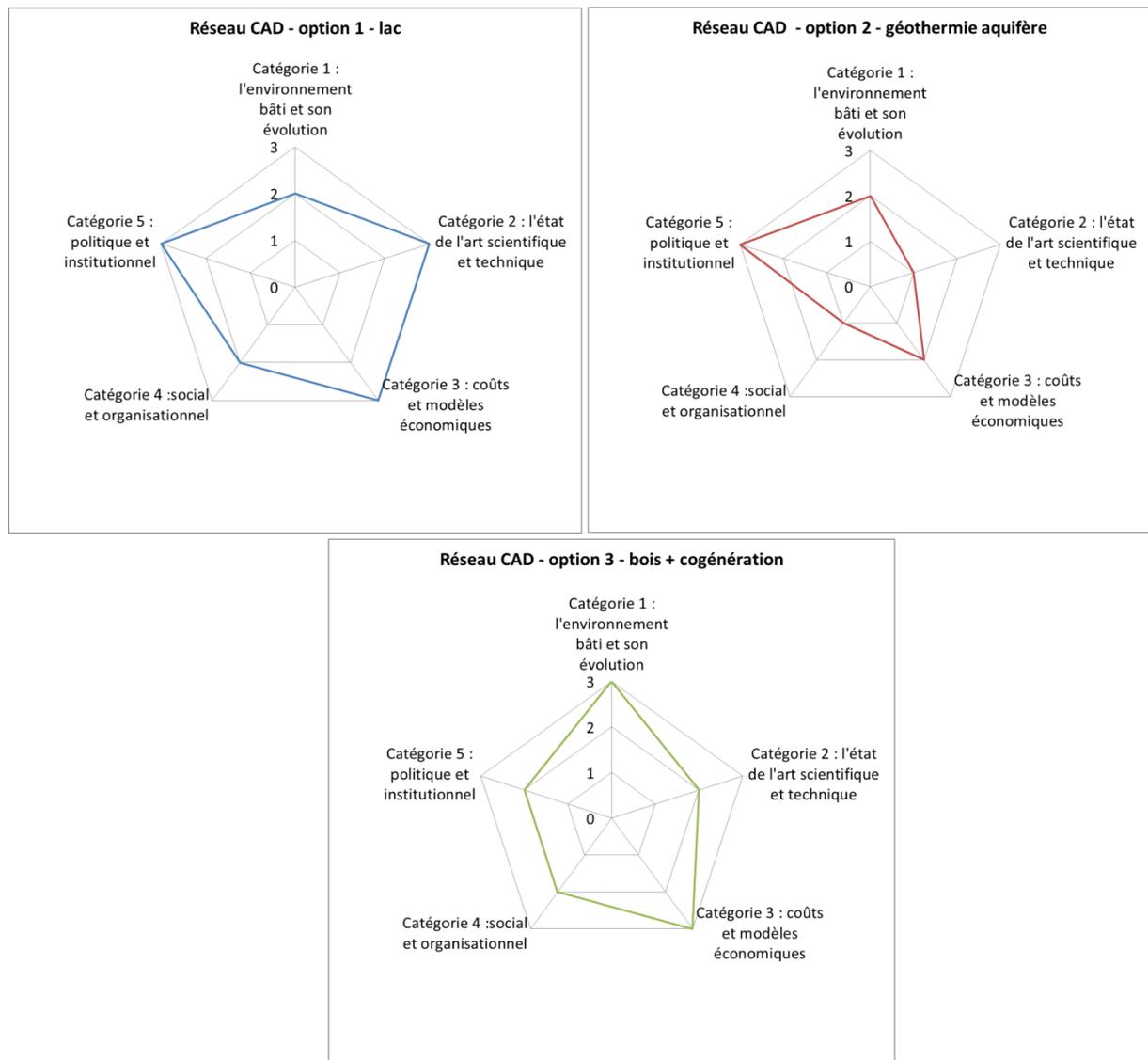


Figure 41 : zone village – représentation des degrés de confiance sur la robustesse des options de réseau de CàD

Afin de compléter l'analyse, une évaluation économique des trois options est effectuée, en termes de prix de revient de la chaleur (Tableau 7). L'option 2, présente le prix de revient le plus élevé. En outre, comme expliqué précédemment, le coût du forage reste encore très incertain à ce stade.

L'option 2 n'est en fait pas adaptée pour le village, car la ressource géothermique sera très probablement surdimensionnée par rapport aux besoins à fournir. Le choix d'étendre l'usage de la géothermie sur la zone villa, afin de mieux exploiter la capacité de la ressource, est risqué, car il impliquerait un développement du réseau de chaleur très coûteux et peu rentable. La géothermie sur aquifère est donc écartée

Il est aussi à noter que le grand nombre de chaudières dans la zone village (voir Figure 32) implique a priori un nombre élevé de sous-stations (environ 70) ce qui constitue un gros poste budgétaire. Aussi, la possibilité de réduire le nombre de sous-stations, notamment en reliant certains bâtiments entre eux, lorsque cela est praticable, devrait être étudiée au préalable.

Incertitude sur le coût du forage

Part importante de l'investissement dans les sous-stations

Coût de l'énergie potentiellement le plus avantageux mais coût de l'investissement le plus important

		Eau du lac	géothermie	bois
Mise à disposition de la ressource		CHF 800 000	CHF 2 500 000	CHF 800 000
Centrale de production		CHF 1 200 000	CHF 1 000 000	CHF 4 000 000
Investissements CàD/fouilles		CHF 1 920 000	CHF 1 920 000	CHF 1 920 000
Investissements génie civil centrale		CHF 300 000	CHF 200 000	CHF 1 300 000
Investissements sous-stations (70 SST)		CHF 3 500 000	CHF 5 600 000	CHF 3 500 000
Investissement honoraires ingénieurs, architectes		CHF 500 000	CHF 500 000	CHF 500 000
total investissements		CHF 8 220 000	CHF 11 720 000	CHF 12 020 000
Chaleur annuelle livrée	CHF/kWh	0,21	0,23	0,22
	kWh	5 000 000	5 000 000	5 000 000
Electricité vendu par RPC	CHF/kWh			0,30
	kWh			850 000
Consommation bois	CHF/kWh			0,05
	kWh			6 100 000
Consommation gaz annuelle	CHF/kWh			0,10
	kWh			2 000 000
Consommation électricité	CHF/kWh	0,18	0,18	0,18
	kWh	3 000 000	2 500 000	600 000
rendement annuel de l'investissement		3,00%	3,00%	3,00%
Durée amortissement (ans)		30	30	30
Vente énergie annuelle		CHF 1 069 378	CHF 1 157 946	CHF 1 336 251
Achat énergie annuelle		CHF 540 000	CHF 450 000	CHF 613 000
maintenance et exploitation annuelle		CHF 110 000	CHF 110 000	CHF 110 000
Bénéfices annuels		CHF 419 378	CHF 597 946	CHF 613 251
Temps de retour (ans)		19,6	19,6	19,6
Amortissement		CHF 419 378	CHF 597 946	CHF 613 251
Revenu annuel		CHF 0	CHF 0	CHF 0
Part variable kWh - coût de l'énergie achetée (R1) - centimes		10,80	9,00	7,16
Part fixe kWh - coût de maintenance et exploitation (R2) - centimes		2,20	2,20	2,20
Part fixe kWh - prix amortissement (R3) - centimes		8,39	11,96	12,27
Coût total kWh chaleur - centimes		21,39	23,16	21,63

Tableau 7 : zone village – comparaison économique des trois options de CàD

16 Objectifs à atteindre par la commune

Au vu des stratégies et analyses précédentes, des objectifs énergétiques, à l'horizon 2035, sont proposés à la commune, soit (voir aussi Figure 42) :

- Des rénovations de niveau 3 (IDC limité à 300 MJ/m²) dans la zone village où la commune détient de nombreux bâtiments et peut jouer un rôle d'exemplarité. L'installation, dans la zone village, d'un CàD utilisant l'eau du lac ou le bois énergie (avec cogénération)
- Dans les zones villas/Chevrens/hospice :
 - un objectif moyen avec des rénovations de niveau 1 (IDC limité à 500 MJ/m²) et l'installation de PAC géothermiques avec une densité de sondes correspondant à une distance moyenne inter sondes de 75 m.
 - un objectif ambitieux avec des rénovations de niveau 3 (IDC limité à 300 MJ/m²) et l'installation de PAC géothermiques avec une densité de sondes correspondant à une distance moyenne inter sondes de 50 m.

En ce qui concerne la mobilité, il est supposé, en première approximation que l'effet combiné de l'évolution de la population et l'amélioration de la performance des moteurs ne modifie pas la consommation de carburant. L'hypothèse est plutôt conservatrice, car une part croissante de véhicules électriques devrait s'observer dans les années à venir. Il est toutefois difficile de la prévoir de façon fiable.

Les enseignements principaux sont :

- L'ambition des objectifs, appliqués dans les zones villas, joue un rôle prépondérant dans la maîtrise des consommations et la substitution des énergies fossiles au niveau communal
- Dans la zone village, la mise en œuvre d'un CAD avec l'eau du lac donne les meilleurs résultats dans la réduction des consommations et la substitution des énergies fossiles.
- La comparaison avec les objectifs cibles de la société à 2000 W, dans son étape intermédiaire de 2050, montre que ceux concernant les consommations (en W/habitants) sont atteints, mais pas ceux concernant les émissions de GES (ou équivalents CO₂). Pour ce dernier point, il est important de noter que les émissions de GES sont aussi dépendantes du mix électrique considéré (nous avons pris ici le mix de production suisse), dont le bilan global, en termes d'énergie renouvelable, présente encore une marge de progression importante.

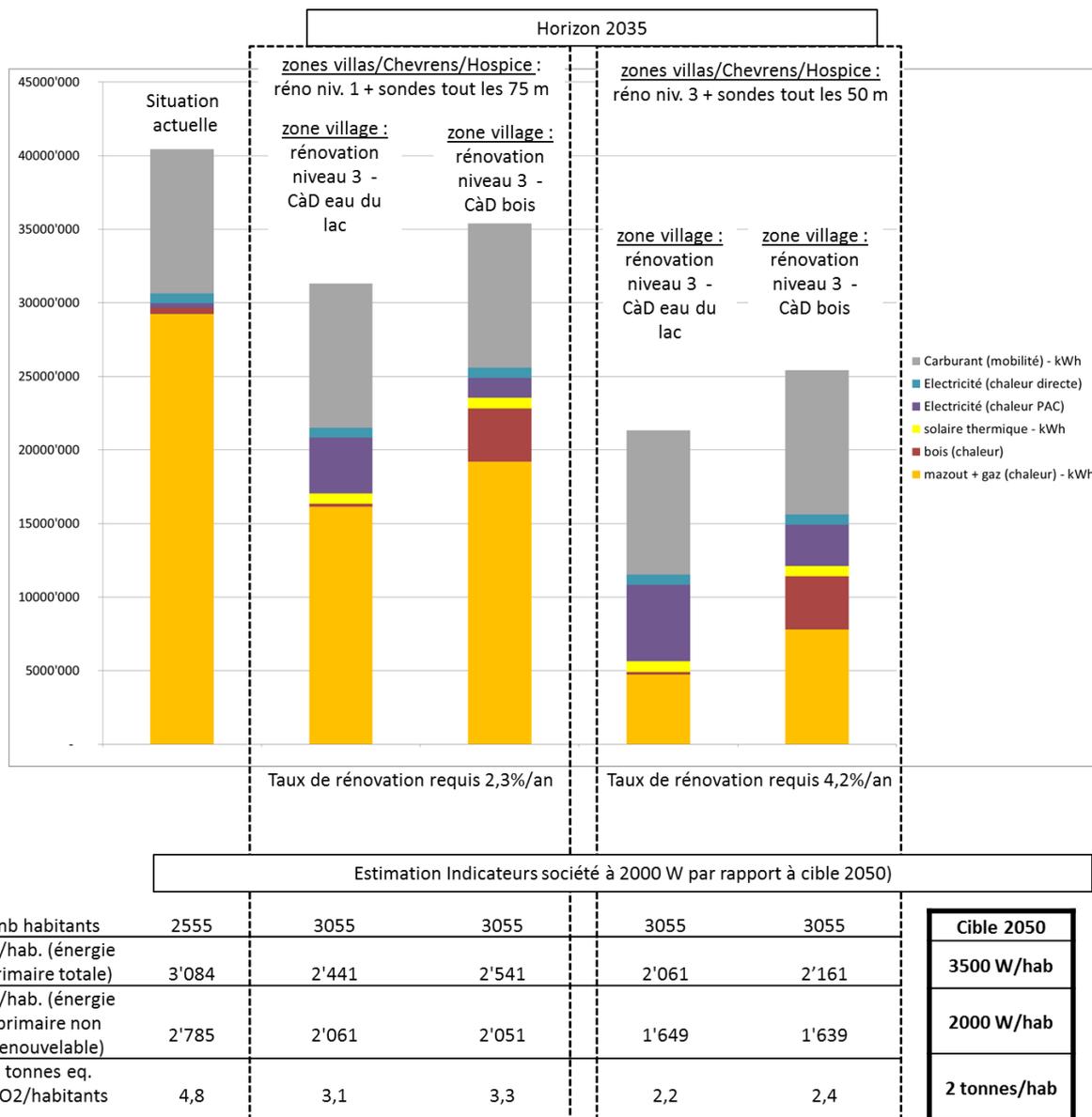


Figure 42 : synthèses des objectifs pour la commune et comparaison avec ceux de la société à 2000 W

17 Fiches action

Les fiches action sont renseignées avec les rubriques suivantes :

- Application à une zone énergétique précise ou sur l'ensemble du territoire communal.
- Domaine d'action correspondant, selon la référence de la démarche citée de l'énergie.
- Un descriptif.
- Des échéances temporelles.
- Les réseaux d'acteurs à impliquer
- Les moyens à mettre en œuvre (notamment financiers)
- Le niveau d'intervention de la commune par rapport à ses prérogatives.
- Les objectifs à atteindre
- Les moyens de vérification des objectifs
- L'état de l'action selon trois niveaux :
 - réglé : l'action engage les acteurs concernés vers une réalisation effective, car il n'y a pas d'obstacles ou d'incertitudes à lever pour la mise en œuvre.
 - En cours : l'action engage les acteurs concernés vers la mise en route d'un projet, dont l'opportunité est établie, mais pour lequel un certain nombre d'incertitudes doivent encore être levées.
 - Information préalable : l'action engage les acteurs concernés dans des démarches destinées à encourager l'émergence future d'un projet, dont la faisabilité doit encore être établie.



17.1 Réalisation d'un cadastre de la chaleur
Zones villas/Chevrens
Domaine cité de l'énergie
Collaboration et communication
Descriptif
Réalisation d'une cartographie interactive des consommations de chaleur à destination des propriétaires de villas. Les informations sont présentées de façon simple et accessible : carte de couleur selon niveau de consommation, étiquette de performance énergétique ...
Pour des questions de confidentialité et d'acceptabilité des parties prenantes, le cadastre ne serait accessible qu'aux propriétaires (et autorités communales). La fourniture d'un accès personnalisé à ceux-ci, pourrait avoir un effet de confiance et de sérieux les engageant à consulter les informations
Échéances temporelles
Fin 2018
Réseaux d'acteurs concernés
Autorités communales & propriétaires de bâtiment & prestataires agréés pour calcul IDC ou CECB
Moyens à mettre en œuvre
Faire une information aux propriétaires et obtenir l'accord de SIG/Propriétaires sur la mise à disposition régulière des consommations (2'000 CHF)
Subventionner le calcul des IDC ou CECB la première année (200 CHF x 580 bâtiments au maximum) puis mise à jour automatique des consommations
Mettre en place une plate forme interactive (environ 15'000 à 20'000 CHF)
Coût global estimé à : 150'000 CHF
Niveau d'intervention de la commune par rapport à ses prérogatives
La commune a un contrôle totale sur cette opération
Objectifs à atteindre
Obtenir une sensibilisation suffisante des propriétaires et l'intérêt de ceux-ci à engager une opération de rénovation thermique
Vérification des objectifs
Réaliser un sondage auprès des propriétaires



Etat : en cours

Engager des discussions avec des partenaires éventuels pour le développement et la faisabilité d'une plate-forme interactive dans le contexte d'Anières

Obtenir l'accord du conseil municipal sur le principe de la subvention pour le calcul du CECB/IDC, ainsi que l'investissement dans une plate-forme interactive

**17.2 Incitation à la rénovation thermique et à l'installation de PAC (avec ou sans géothermie)****Zones villas/Chevrens****Domaine cité de l'énergie**

Collaboration et communication

Descriptif

Réalisation de dépliants et (ou) organisation de séance d'information ciblés pour les propriétaires, sur les sujets suivants :

Nouveaux barèmes cantonaux pour la pose d'isolation (jusqu'à 70 CHF/m²)

Subvention cantonale pour l'installation de PAC avec sondes géothermiques (3000 CHF + 800 CHF/kW)

Subvention cantonale pour l'installation de PAC air/eau (3000 CHF + 400 CHF/kW)

Subventions du programme chaleur renouvelable de SIG pour l'installation de PAC (environ 10% de subvention et 100% de l'investissement déductibles du revenu imposable)

Le contenu des information pourra être ciblé selon le type d'incitation visée en fonction des secteurs de villas (plutôt rénovation thermique, plutôt installation de PAC).

Échéances temporelles

Automne 2017

Réseaux d'acteurs concernés

Autorités communales & propriétaires de bâtiment & SIG/OCEN & prestataires pour la communication

Moyens à mettre en œuvre

Concevoir, réaliser, envoyer les dépliants (10'000 CHF)

Organiser des séances d'information (voir si l'appui de SIG/OCEN pourrait être utile)

Coût global estimé à : 10'000 CHF

Niveau d'intervention de la commune par rapport à ses prérogatives

La commune a un contrôle totale sur cette opération

Objectifs à atteindre

Obtenir une sensibilisation suffisante des propriétaires et l'intérêt de ceux-ci à engager une opération de rénovation thermique et (ou) d'installation de pompes à chaleur

Vérification des objectifs

Réaliser un sondage auprès des propriétaires



Etat : réglé

Action pouvant être a priori engagé rapidement sans obstacles particulier

17.3 Mutualisation de l'espace pour l'implantation de sondes géothermique

Zones villas/Chevrens

Domaine cité de l'énergie

Batiments et installations

Descriptif

Proposer à des propriétaires qui souhaiteraient installer des sondes géothermiques, d'utiliser des parcelles du domaine public ou bien de les mettre en commun.

Une investigation préalable est nécessaire afin d'évaluer la faisabilité de l'implantation et l'intérêt des propriétaires

Cette mise à disposition de parcelles ciblerait des zones de villas denses (par ex. mitoyennes) dans lesquelles la surface de terrain disponible pour l'implantation de sondes est limitée. Par exemple le forage mutualisé de deux sondes de 300 m (au lieu des 150 m qui est plutôt la moyenne sur les installations existantes) pourrait potentiellement alimenter 4 à 5 villas.

Échéances temporelles

Investigation préalable fin 2017

Réalisation mi-2018

Réseaux d'acteurs concernés

Autorités communales & propriétaires de bâtiment & Canton (autorisation pour parcelles du DP cantonal)

Moyens à mettre en œuvre

Evaluation par la commune des possibilités au cas par cas.

Coût global estimé à : 0 CHF

Niveau d'intervention de la commune par rapport à ses prérogatives

La commune a la possibilité de mettre les parcelles à disposition et d'inciter des groupes de propriétaires au cas par cas.

Objectifs à atteindre

La réalisation effective d'un petit nombre d'installation serait déjà un succès.

Vérification des objectifs

Constater les installations réalisées

Etat : information préalable

La faisabilité n'étant pas prouvée, l'objectif est d'abord de réaliser une investigation préalable

**17.4 Elaboration d'un règlement communal avec l'octroi de subventions**

Toute la commune

Domaine cité de l'énergie

Collaboration et communication

Descriptif

Elaboration d'un règlement communal avec l'octroi d'un bonus par rapport au subventions cantonales pour :

Opérations de rénovation thermique

Installation de PAC (avec ou sans géothermie - ciblé sur habitations individuelles)

Achat d'un vélo électrique

Installation de panneaux solaires

Échéances temporelles

2019

Réseaux d'acteurs concernés

Autorités communales

Moyens à mettre en œuvre

Définir l'étendue des objets concernés par un bonus et déterminer une enveloppe de subvention annuelle

Elaborer le règlement

Discuter et obtenir l'approbation du conseil municipal

Coût global estimé à : enveloppe de la subvention CHF/an

Niveau d'intervention de la commune par rapport à ses prérogatives

La commune a un contrôle totale sur cette opération

Objectifs à atteindre

Obtenir une incitation suffisante des propriétaires et l'intérêt de ceux-ci à solliciter des bonus

Vérification des objectifs

Constater la quantité de de bonus sollicités

Etat : en cours

Les possibilités de financement sont à déterminer

L'accord du conseil municipal doit être obtenu

**17.5 Réalisation d'un réseau de chauffage à distance (CAD)****Village****Domaine cité de l'énergie**

Approvisionnement et dépollution

Descriptif

Soutenir et accompagner le développement d'un réseau de chaleur à distance utilisant une source de chaleur renouvelable (eau du lac ou bois)

Le réseau doit couvrir tout le périmètre du village, ainsi que les nouvelles constructions qui y sont prévues (par exemple le projet de logements route de l'Hospice). Le futur ensemble que devrait accueillir la parcelle gaviilet est aussi à inclure dans le périmètre.

Échéances temporelles

2020

Réseaux d'acteurs concernés

Autorités communales & propriétaires de bâtiment (i.e. futurs clients du réseau) & Investisseurs tiers (ou contracteurs) & Entreprise exploitante & Bureaux d'ingénieurs spécialisés

Moyens à mettre en œuvre

Réaliser au préalable une étude de faisabilité technico-économique permettant de faire un choix sur la source renouvelable et fixer une enveloppe budgétaire.

Choisir un partenaire pour l'exploitation du réseau, qui pourrait aussi être co-investisseur

Elaborer un plan d'affaire pour la réalisation (mode d'investissement, coût de mise à disposition de l'énergie)

Convaincre suffisamment de clients pour se raccorder au réseau

Obtenir l'approbation du conseil municipal sur le lancemet du projet

Réaliser une étude de conception détaillée pour la réalisation du projet

Construction et mise en route du réseau

Coût global estimé à : 7'000'000 à 13'000'000 CHF

Niveau d'intervention de la commune par rapport à ses prérogatives

La commune a un contrôle important sur l'opération, éventuellement complet si elle est la seule à investir (mais cela implique plus de moyens et reponsabilités internes à mettre en œuvre)

Objectifs à atteindre

Réalisation du réseau et rentabilité atteinte

Vérification des objectifs

Evident



Etat : information préalable

De nombreuses étapes sont encore à franchir à commencer par une étude faisabilité

Dans l'intervalle, des mesures conservatoires sont recommandées :

- Prolonger le délais d'assainissement des chaudières dans le périmètre concerné
- Faire une investigation technique sur la possibilité de réduire le nombre de chaudières (i.e. de futures sous-station) par exemple en reliant entre eux des bâtiments mitoyens ou proches. En effet le nombre actuel élevé de chaudière est un élément péjorant sur la réussite commerciale du projet

**17.6 Engagement de la commune sur la performance thermique de ses bâtiments****Village****Domaine cité de l'énergie**

Organisation interne

Descriptif

Engagement de la commune sur un objectif de performance thermique des ses bâtiment (par exemple IDC limité à 400 MJ/m2)

Cette engagement est ancré dans la législation.

Échéances temporelles

2020

Réseaux d'acteurs concernés

Autorités communales & Bureaux d'ingénieurs spécialisés & Entreprises de maintenance

Moyens à mettre en œuvre

Etablir un diagnostic (ou audit) des bâtiments pour évaluer leur besoins en terme de rénovation, estimer un objectif raisonnable pour l'IDC limite et déterminer une enveloppe budgétaire

Obtenir l'approbation de l'enveloppe budgétaire et l'inscription dans la législation auprès du conseil municipal

Lancer les actions de rénovation

Coût global estimé à : très variable selon l'état des bâtiments et les actions déjà réalisées en la matière

Niveau d'intervention de la commune par rapport à ses prérogatives

La commune a un contrôle total sur l'opération

Objectifs à atteindre

Réalisation des opérations de rénovation nécessaire

Vérification des objectifs

Les IDC des bâtiments restent sous la limite fixée

Etat : en cours

Un engagement sur une performance limite plus ou moins ambitieux paraît faisable techniquement

Toutefois, l'approbation de l'investissement et le principe de l'inscription dans la législation communale est encore à obtenir.



17.7 Navettes pour la population et le ramassage scolaire
Toute la commune
<u>Domaine cité de l'énergie</u>
Mobilité
<u>Descriptif</u>
Afin d'éviter l'utilisation de la voiture individuelle par les parents-taxi, des navettes de ramassage scolaire desservant la commune pourrait être mise en place. Des navettes à la disposition des Aniérois en général seraient mises en place dans le même temps
<u>Échéances temporelles</u>
2018
<u>Réseaux d'acteurs concernés</u>
Autorités communales & Entreprise de transport & Bureau ingénieurs transport
<u>Moyens à mettre en œuvre</u>
Etudier les trajets de navettes à mettre en place, les horaires et points d'arrêts nécessaire et déterminer un coût annuel
Enquête auprès de la population
Inscrire le coût annuel dans le budget communal
Coût global estimé à : >200'000 CHF/an
<u>Niveau d'intervention de la commune par rapport à ses prérogatives</u>
La commune a un contrôle total sur l'opération
<u>Objectifs à atteindre</u>
Obtenir un taux de remplissage suffisant
<u>Vérification des objectifs</u>
Evident
<u>Etat : Information préalable</u>
Cette fiche action est déjà couverte par une étude en cours lancée par les autorités.
Le coût annuel est important et doit être approuvé dans le budget communal
L'adhésion des parents n'est pas certaine