

PLAN DIRECTEUR DE QUARTIER  
« PRAILLE-ACACIAS-VERNETS »  
CONCEPT ÉNERGÉTIQUE TERRITORIAL

Version Définitive

Genève, le 30 avril 2013  
GE1304

*[Signature]*  
**OFFICE CANTONAL  
DE L'ÉNERGIE**  
Rue du Puits-Saint-Pierre 4  
Case postale 3920  
1211 Genève 3

17/5/2013  
CET n° 2012-14



## TABLE DES MATIÈRES

<b>RÉSUMÉ</b>	<b>6</b>
<b>1. INTRODUCTION ET MISE EN CONTEXTE</b>	<b>9</b>
1.1 Cadre général	9
1.2 Objectifs de la politique énergétique à considérer	9
1.2.1 Bases légales et règlementaires	9
1.2.2 Objectifs fixés à l'échelle nationale et cantonale	10
1.2.3 Orientations énergétiques fixées pour le périmètre PAV par le Plan directeur cantonal	11
1.2.4 Objectifs spécifiques à fixer pour le quartier PAV	12
1.3 Périmètre d'étude considéré	13
1.3.1 Périmètre restreint	14
1.3.1.1 Données liées au projet d'urbanisation du secteur PAV	14
1.3.1.2 Qualité de l'air	17
1.3.1.3 Conditions géologiques et hydrogéologiques et possibilités d'exploitation de ressources géothermiques	18
1.3.2 Périmètre d'étude élargi	20
1.4 Liste des études énergétiques réalisées à ce jour pour le périmètre PAV	22
<b>2. OBJECTIFS DU CET</b>	<b>23</b>
<b>3. ETAT DES LIEUX ÉNERGÉTIQUE</b>	<b>24</b>
3.1 Potentiel des ressources énergétiques renouvelables et locales ainsi que des rejets thermiques	24
3.1.1 Bois-énergie	25
3.1.2 Récupération de chaleur sur les eaux usées	25
3.1.3 Géothermie	26
3.1.3.1 Sondes géothermiques à faible profondeur	26
3.1.3.2 Géothermie moyenne profondeur	30
3.1.3.3 Géothermie grande profondeur	30
3.1.4 Pompes à chaleur sur air extérieur	33
3.1.5 Energie solaire	34
3.1.6 Hydrothermie	36
3.1.7 Rejets thermiques	36
3.1.8 Opportunités liées à la mise en place de nouveaux quartier à proximité	37
3.2 Etat des lieux des infrastructures	38
3.2.1 Réseau électrique	38
3.2.2 Réseau de gaz	38
3.2.3 Réseaux de chauffage à distance	39
3.2.4 Chaudières existantes	40
3.3 Structure qualitative et quantitative des besoins énergétiques actuels et évolution future	41
3.3.1 Besoins énergétiques actuels	41
3.3.2 Besoins énergétiques futurs	42

3.3.2.1	Besoins de chaleur	43
3.3.2.2	Besoins de froid	48
3.3.2.3	Besoins en électricité	48
3.3.2.4	Pourcentage minimal d'approvisionnement en énergies renouvelables	49
3.4	Synthèse de l'état des lieux : adéquation entre les besoins et les ressources	50
3.5	Acteurs concernés et leur rôle	54
<b>4.</b>	<b>PROPOSITIONS ET ANALYSE DE STRATÉGIES ÉNERGÉTIQUES LOCALES</b>	<b>56</b>
4.1	Choix des stratégies énergétiques locales	56
4.2	Stratégies pour l'approvisionnement en chaleur BT et en froid	58
4.3	Stratégies pour l'approvisionnement en chaleur HT	60
4.4	Réseaux thermiques à créer selon les ressources utilisées	61
4.5	Principes d'accessibilité et d'optimisation de la valorisation des ressources locales	63
4.6	Gestion de la transition énergétique	63
<b>5.</b>	<b>SYNTHÈSE DES ORIENTATIONS ET DES RECOMMANDATIONS POUR LES ACTEURS CONCERNÉS</b>	<b>65</b>

**LISTE DES TABLEAUX**

Tableau 1 : SBP par habitant ou emploi par affectation et par secteur	15
Tableau 2 : SBP des bâtiments neufs et des bâtiments maintenus en fonction de l'affectation	16
Tableau 3: Répartition des SBP par affectation et par secteur	16
Tableau 4: Moyennes annuelles en tonnes/an d'émissions de polluants (CO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> et PM <sub>10</sub> )	18
Tableau 5 : liste des études énergétiques du quartier PAV	22
Tableau 6 : Potentiel de récupération thermique : Jonction et Etoile	25
Tableau 7 : Surfaces touchées par l'interdiction de sondes	26
Tableau 8 : Potentiel géothermique du secteur PAV	28
Tableau 9 : Potentiel solaire thermique maximum et potentiel solaire électrique maximum	34
Tableau 10 : Potentiels solaires thermique et électriques optimaux	35
Tableau 11 : Puissance des chaudières du périmètre PAV par secteurs et vecteurs énergétiques	40
Tableau 12 : Nombre de chaudières où puissance > 150 kW par secteur et par vecteur énergétique	40
Tableau 13 : Valeur des IDE moyens actuels de chaleur, froid et électricité	41
Tableau 14 : Demande actuelle en énergie (TJ/an)	41
Tableau 15 : Demande actuelle en énergie par secteur (GWh/an)	42
Tableau 16 : Besoins futurs en froid	48
Tableau 17 : Besoins futurs en électricité	49
Tableau 18 : Pourcentage minimal d'approvisionnement en énergie renouvelable	49
Tableau 19 : Récapitulatif des ordres de grandeurs offres/besoins	51
Tableau 20 : Résumé des besoins, des ressources et des interactions avec le périmètre élargi	57
Tableau 21 : Recommandations pour la valorisation des ressources BT	58
Tableau 22 : Géothermie faible profondeur vs Genilac	59

## LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Plan Directeur Cantonal 2030 – Energie (novembre 2012)	11
Figure 2: Périmètre d'étude considéré : périmètre restreint et périmètre élargi	13
Figure 3: Projet d'urbanisation (image illustrative)	14
Figure 4: Répartition des SBP : neuf ou rénové - existant	15
Figure 5: Répartition des SBP : logements – activités - équipements	16
Figure 6 : Périmètre d'étude considéré pour l'hygiène de l'air	17
Figure 7 : Contexte géologique et hydrogéologique	19
Figure 8 : Secteurs ayant fait l'objet d'un CET/étude énergétique	21
Figure 9 : Carte générale des ressources locales disponibles sur le périmètre PAV	24
Figure 10 : Récupération de chaleur sur les eaux usées : Etoile (Source : étude (5))	26
Figure 11 : Surface maximale potentiellement utilisable pour l'utilisation de sondes géothermiques	27
Figure 12: Capacité calorifique moyenne du PAV entre 0 et 50 m de profondeur	29
Figure 13 : Zone identifiée pour du stockage géothermique (source : étude (8))	29
Figure 14 : Périmètres disponibles pour la réalisation de géothermie grande profondeur	32
Figure 15 : Potentiel solaire thermique du PDQPAV	34
Figure 16 : Potentiel solaire électrique du PDQPAV	35
Figure 17 : Réseau de gaz du PAV	38
Figure 18 : Chauffage à distance des Tours de Carouge : réseau existant et projeté	39
Figure 19 : Comparaison des besoins de chauffage selon les scénarios	47
Figure 20 : Répartition des besoins de chaud selon l'affectation	47
Figure 21 : Besoins HT en fonction de l'âge du bâti	48
Figure 22 : Besoins en énergie total sur le PAV	50
Figure 23 : Résumé des ressources en énergie renouvelables présentes sur le PAV (GWh/an)	50
Figure 24 : Bilan Ressources/Besoins	51
Figure 25 : Bilan Ressources locales diffuses (solaire et géothermie faible profondeur)/Besoins	52
Figure 26 : Bilan Ressources (géothermie faible profondeur et solaire) – besoins : par secteur	53
Figure 27 : Comparaison des options d'alimentation des besoins de chaleur HT	61
Figure 28 : Tracé de principe de réseaux CAD (BT et HT)	62
Figure 29 : Evolution des besoins de chauffage du PAV	63
Figure 30 : Transition énergétique : utilisation de centrales importantes existantes	64

## ANNEXES

Annexe A : Nomenclature SITG / PAVéne : calculs des besoins actuels	69
Annexe B : Analyse des stratégies	70

## PRÉAMBULE

CSD confirme par la présente avoir exécuté son mandat avec la diligence requise. Les résultats et conclusions sont basés sur l'état actuel des connaissances tel qu'exposé dans le rapport et ont été obtenus conformément aux règles reconnues de la branche.

CSD se fonde sur les prémisses que :

- le mandant ou les tiers désignés par lui ont fourni des informations et des documents exacts et complets en vue de l'exécution du mandat,
- les résultats de son travail ne seront pas utilisés de manière partielle,
- sans avoir été réexaminés, les résultats de son travail ne seront pas utilisés pour un but autre que celui convenu ou pour un autre objet ni transposés à des circonstances modifiées.

Dans la mesure où ces conditions ne sont pas remplies, CSD décline toute responsabilité envers le mandant pour les dommages qui pourraient en résulter.

Si un tiers utilise les résultats du travail ou s'il fonde des décisions sur ceux-ci, CSD décline toute responsabilité pour les dommages directs et indirects qui pourraient en résulter.

## Résumé

<b>Document</b> CSD Ingénieurs, Concept Energétique Territorial du PDQPAV – Avril 2013
<b>Mandant</b> République et Canton de Genève Département de l'urbanisme Office de l'urbanisme Direction des missions opérationnelles Projet Praille Acacias Vernets M. Hervé Lefebvre et Mme Maude Mauvais  <b>Assistance au mandant</b> pour le pilotage du CET :Office Cantonal de l'Energie M. Rémy Beck et M. Fabrice Guignet
<b>Mots-clés</b> Concept Energétique Territorial (CET), Energie Renouvelable, Ressources, Besoins de chaleur, Besoins de froid, Besoins d'électricité, Géothermie faible profondeur, Géothermie grande profondeur, Hydrothermie, Rejets thermiques, Infrastructures, Réseaux thermiques, Acteurs, Stratégies énergétiques, Transition énergétique
<b>Structure de l'étude</b> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Introduction et mise en contexte</li><li>2. Objectifs du CET</li><li>3. Etat des lieux énergétique</li><li>4. Proposition et analyse de stratégies énergétiques locales</li><li>5. Synthèse des orientations et des recommandations pour les acteurs concernés</li></ol>
<b>Périmètre de l'étude et secteurs concernés</b> Périmètre PAV et son périmètre élargi
<b>Objectifs</b> <p>L'objectif est de définir une stratégie pour un approvisionnement énergétique durable, en termes économiques, de compatibilité environnementale et de fiabilité pour le futur quartier de Praille-Acacias-Vernets. La nécessité d'organiser un quartier qui maîtrise ses ressources, tout en assurant les moyens de son progrès implique, d'une part, un large recours aux énergies renouvelables afin de réduire la part du fossile et d'autre part, une diminution importante des besoins finaux en énergie, tout en garantissant l'épanouissement et la qualité de vie de chacun.</p> <p>Le Concept énergétique territorial à établir à l'échelle du PDQPAV doit permettre de définir le rôle stratégique que doit jouer ce territoire en matière d'approvisionnement énergétique durable afin d'établir un cadre clair pour les éléments à développer à un niveau plus opérationnel au niveau des différents PLQ.</p>

## Résumé

Le présent rapport permet de mettre en évidence les éléments déterminants du contexte territorial du PDQ Praille-Acacias-Vernets dans le cadre de son approvisionnement énergétique futur et d'évaluer ses besoins thermiques et électriques futurs.

L'objectif du secteur PAV est de concrétiser la réalisation d'un quartier exemplaire du point de vue énergétique. Cet objectif peut être atteint grâce aux nombreuses ressources d'énergie renouvelables disponibles sur le site.

Pour les ressources « basse température », la géothermie faible profondeur semble être l'option à privilégier. En effet, cette ressource permet de couvrir la totalité des besoins de chaleur BT et de froid. Elle présente un potentiel d'excédent important qui pourrait être valorisé dans les périmètres proches du PAV. Les ressources telles que le Lac Léman, les rejets thermiques, le réseau d'eaux usées et l'Arve peuvent servir d'appoints à l'intérieur de périmètres plus localisés.

Les stratégies d'approvisionnement en chaleur « haute température » dépendent principalement de la confirmation de la possibilité de mise en œuvre de sondages géothermiques de grande profondeur.

Les éléments à planifier (mesures conservatoires, réseaux) à l'échelle du périmètre global PAV durant l'élaboration du PDQ et des phases de planification ultérieures pour garantir l'exemplarité environnementale du quartier nécessitent notamment une coordination efficace entre les différents acteurs de la planification directrice du PDQ PAV, des planifications localisées (PLQ, concours...) et des projets d'initiative privée.

## Couches géoréférencées/référencables

Image illustrative

Bâtiments

Nappes

Courbes isopièzes

Courbes de niveau

Géothermie (autorisation de sondes)

Hydrothermie

Rejets thermiques

Réseau primaire EU

Projet Genilac

Surfaces disponibles pour la géothermie grande profondeur

Réseau gaz

## Commentaires

## A retenir

1. Situation actuelle : 99% des besoins en énergie thermique du périmètre PAV sont couverts par des ressources fossiles
2. Le processus de mutation urbaine qui prévoit la restructuration des voiries / espaces publics et le renouvellement de 85% du tissu bâti crée des conditions cadre optimales pour mettre en œuvre un approvisionnement durable selon les objectifs de la CGE et de la société à 2000 W
3. Selon les hypothèses considérées à l'état futur planifié, malgré l'importante densification prévue (augmentation de la SBP d'un facteur d'environ 1.5 par rapport à l'état actuel) :
  - Les besoins en énergie thermique diminuent d'environ 56% par rapport à l'état actuel. Ils seront constitués de 66% de besoins « haute température » et 34% de besoins « basse température »
  - Les besoins en froid sont estimés à 35 GWh/an
  - Les besoins en électricité sont estimés à 73 GWh/an
4. La valorisation optimale de la géothermie faible profondeur et des autres ressources locales permet de satisfaire la totalité des besoins en chaleur basse température et en froid avec un excédent important pouvant potentiellement être mis à disposition des quartiers voisins
5. La valorisation de la ressource solaire devra être optimisée entre la production de chaleur (haute température) et d'électricité
6. La confirmation de l'aptitude du périmètre PAV à l'exploitation de la géothermie grande profondeur constitue un enjeu de première importance. En cas de faisabilité confirmée (horizon 2018/2020), l'exploitation d'un forage permettrait a priori d'assurer la totalité des besoins de chaleur haute température du périmètre PAV et une part non négligeable des besoins d'électricité  

Cette opportunité importante doit être intégrée de manière adéquate dans la planification du processus de mutation urbaine (réservation de deux emprises de 1.5 ha respectivement situées dans le nord et le sud du PAV pour la phase de chantier et de 5'000 m<sup>2</sup> pour la phase d'exploitation)
7. A partir des potentiels et des contraintes identifiés, différentes options stratégiques ont été élaborées. Le processus de concrétisation et de mise en œuvre nécessite une coordination optimale des différents acteurs identifiés dans le présent CET.
8. La gestion de la phase transitoire constitue également un enjeu primordial. La valorisation des centrales thermiques existantes combinée de manière adéquate avec de nouvelles CCF alimentées au gaz est à envisager.

## 1. Introduction et mise en contexte

### 1.1 Cadre général

Dans le cadre de l'élaboration de Plan Directeur de Quartier relatif au périmètre « Praille-Acacias-Vernets » (PDQPAV) situé sur le territoire des villes de Genève, Carouge et Lancy, l'Office de l'Urbanisme et l'Office cantonal de l'énergie ont mandaté en juillet 2012 le bureau CSD Ingénieurs SA pour en établir le concept énergétique territorial (CET).

Le CET associé au PDQ a pour but d'établir le rôle énergétique du périmètre. Les orientations stratégiques établies dans le présent CET seront développées et traduites à un niveau plus opérationnel dans les CET associés aux PLQ.

La planification est placée sous l'angle de l'exemplarité environnementale : la mise en contexte de l'approvisionnement durable du quartier constitue un enjeu de première importance. Le CET donne des orientations concrètes permettant d'atteindre ces objectifs

Le Plan Directeur de Quartier « Praille-Acacias-Vernets » porte sur une mutation urbaine en profondeur du vaste périmètre concerné de 140 hectares avec une reconstruction à neuf du tissu bâti sur environ 85% de l'emprise concernée. En effet le programme prévoit la création de 11'000 logements et 11'000 emplois supplémentaires à l'intérieur de la modification de zone n° 10788 adoptée par le Grand Conseil le 23 juin 2011.

### 1.2 Objectifs de la politique énergétique à considérer

#### 1.2.1 Bases légales et réglementaires

La réalisation du présent CET est régie par la loi cantonale sur l'énergie (L 2 30, 1987) et son règlement d'application (L 2 30.01, 1988), modifiés respectivement le 7 et le 31 août 2010. Les exigences relatives à la planification énergétique territoriale sont quant à elles définies dans la Directive relative aux concepts énergétiques territoriaux du 4 août 2010.

Les grandes orientations de la politique énergétique du canton sont définies à l'article 1 de la loi sur l'énergie :

1. La présente loi a pour but de favoriser un approvisionnement énergétique suffisant, sûr, économique, diversifié et respectueux de l'environnement.
2. Elle détermine les mesures visant notamment à l'utilisation rationnelle et économe de l'énergie et au développement prioritaire de l'exploitation des sources d'énergies renouvelables.

Dans ce cadre, la loi exige désormais la mise en œuvre d'une planification énergétique territoriale (art. 6, al. 12), dont les buts sont définis comme suit :

*« Le concept énergétique territorial est une approche élaborée à l'échelle du territoire ou à celle de l'un de ses découpages qui vise à :*

- a) organiser les interactions en rapport avec l'environnement entre les acteurs d'un même territoire ou d'un même découpage de ce dernier, notamment entre les acteurs institutionnels, professionnels et économiques;*
- b) diminuer les besoins en énergie notamment par la construction de bâtiments répondant à un standard de haute performance énergétique et par la mise en place de technologies efficaces pour la transformation de l'énergie;*

- c) *développer des infrastructures et des équipements efficaces pour la production et la distribution de l'énergie;*
- d) *utiliser le potentiel énergétique local renouvelable et les rejets thermiques. »*

Ainsi, le périmètre du PDQ Praille-Acacias-Vernets est assujéti à la mise en œuvre d'un concept énergétique territorial (CET), qui fait l'objet du présent rapport.

Le présent CET vise à définir le rôle stratégique que doit jouer le périmètre PAV afin d'assurer un approvisionnement énergétique durable de son propre territoire et des secteurs environnants. Le CET global établi à l'échelle du PDQPAV doit donner les orientations et les bases pour l'établissement de CET plus détaillés à l'échelle des PLQ relatifs au développement d'un secteur spécifique.

Conformément à l'art. 11 LEn, le présent CET doit permettre de coordonner les images directrices des divers plans directeurs pour qu'ils tiennent compte de la conception générale en matière d'énergie et du plan directeur de l'énergie.

## **1.2.2 Objectifs fixés à l'échelle nationale et cantonale**

Les objectifs s'inscrivent en cohérence avec la vision à long terme définie au niveau suisse d'une société à 2000 Watts, qui vise à réduire les émissions de CO<sub>2</sub> par personne des 7.4 tonnes par an actuelles à 1 tonne par an à l'horizon 2150. Au niveau fédéral, les textes de références pour l'énergie sont la Constitution (art.19) ainsi que la Loi sur l'énergie (RS 730.0).

Les objectifs à considérer sont principalement définis par la Conception cantonale générale de l'énergie (CGE 05 – 09) qui porte sur une stratégie de transition permettant de tendre vers une société à 2000 W sans nucléaire. Cette stratégie est déclinée sur 3 axes : mobilité, électricité et chauffage.

La conception générale de l'énergie du canton de Genève fixe les objectifs suivants aux horizons 2035 et 2050 (exprimés en référence à l'année 2010) :

### **Horizon 2035 :**

- réduction de 13 % de la consommation en énergie primaire par personne,
- réduction du recours aux énergies fossiles de 27% par personne,
- réduction de la consommation en énergie thermique liée au chauffage de 24% par personne,
- augmentation de la part d'énergies renouvelables pour la production de chaleur à 22%,
- réduction de 12 % du besoin en carburants par personne, et augmentation de la part de biocarburants à 10%,
- réduction de la consommation en électricité de 6%. Augmentation jusqu'à 89 % de la part du renouvelable dans l'approvisionnement électrique augmentation de la production d'électricité d'origine renouvelable de 62%.

Ainsi, les objectifs de consommation annuelle à atteindre en moyenne à l'échelle du canton de Genève en 2035 sont les suivants :

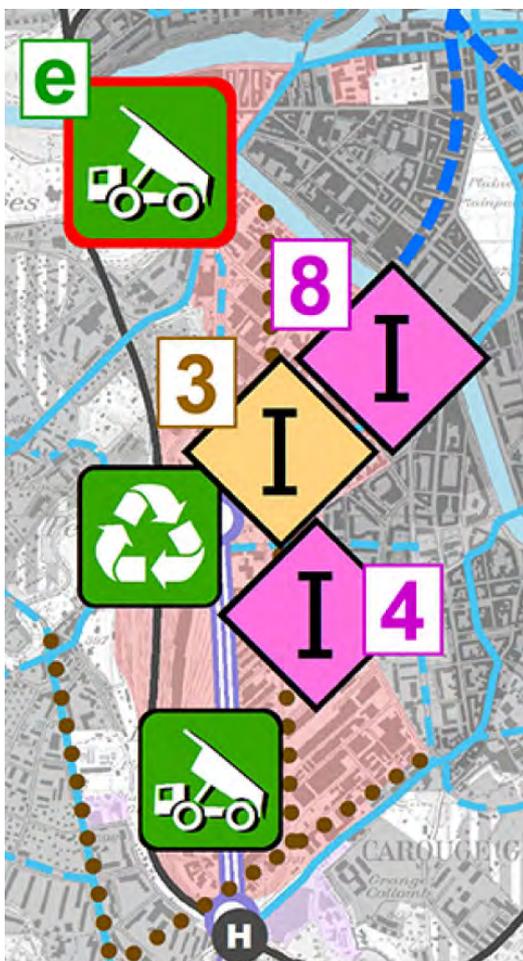
- Mobilité : 5.69 MWh/p (90% fossile)
- Chauffage : 9.86 MWh/p (78% fossile)
- Electricité : 5.78 MWh/p (11% fossile)
- Emission de CO<sub>2</sub> : 3.44 tonnes/p

### **Horizon 2050 :**

- 2000 watts par personne (société à 2000 watts), dont 500 d'origine fossile et 1500 watts d'origine renouvelable.

## 1.2.3 Orientations énergétiques fixées pour le périmètre PAV par le Plan directeur cantonal

Selon l'extrait du Plan Directeur Cantonal 2030 (Annexe aux fiches D02 – D04 – D06 ; Février 2013), le secteur Praille-Acacias-Vernets est une zone d'intérêt particulière : un lieu de transformation de production d'énergie et d'application du principe de l'écologie industrielle. Les possibilités de cogénération et de production et stockage thermiques sont à étudier pour ce territoire.



### Légende :

#	Projet	Etat de la coordination
<i>Projet de Cogénération</i>		
4.	Forage géothermique de moyenne ou grande profondeur du PAV	Information préalable
<i>Projet de production et de stockage thermique</i>		
3.	Valorisation thermique sur le site du PAV	Information préalable
8.	Stockage au nord-est du PAV (ancien site de la caserne des Vernets)	Information préalable

Figure 1 : Plan Directeur Cantonal 2030 – Energie (février 2013)

Selon la figure 1 ci-dessus, les éléments suivants sont à prendre en considération :

- les infrastructures de transformation pour la cogénération ainsi que la production et le stockage thermique
- les principales liaisons du réseau thermique d'eau
- les principales liaisons du réseau thermique de type CAD
- la ligne CEVA (tunnels et tranchées) et gares/haltes en vue de leur exploitation géothermique via des infrastructures

## 1.2.4 Objectifs spécifiques à fixer pour le quartier PAV

A partir des objectifs spécifiques énoncés sur le plan Cantonal, les objectifs du PDQ PAV peuvent être définis comme suit :

- Répondre aux **objectifs de la société à 2000 W** en minimisant les besoins en énergie et en assurant une utilisation rationnelle de l'énergie. Il s'agit de réduire d'un facteur 3 la consommation en énergie par rapport au niveau moyen actuellement constaté en Suisse et de réduire de 75% l'utilisation d'énergies fossiles ;
- Tendre vers un quartier à **énergie positive** afin de mettre le potentiel en ressources énergétiques disponibles sur le périmètre au bénéfice de la transition énergétique d'un périmètre élargi : en particulier, les quartiers voisins des villes de Genève, Carouge et Lancy caractérisées par des contraintes importantes en matière de tissu bâti existant à maintenir et une forte dépendance aux énergies fossiles.

Le concept énergétique du secteur Praille-Acacias doit permettre de concrétiser la réalisation d'un **quartier exemplaire du point de vue environnemental** :

- Utilisation rationnelle de l'énergie par la maîtrise des besoins : respect de hauts standards de performance énergétique, rénovation thermique des anciens bâtiments (plus de 1%/an)
- Valorisation optimale du potentiel de ressources en énergie renouvelable disponible au service de l'approvisionnement du périmètre PAV et de la transition énergétique des périmètres environnants : tendre vers un quartier à énergie thermique positive (thermique) permettant un approvisionnement en énergie renouvelable des quartiers à forte irréversibilité
- Production d'électricité : développer la production locale d'électricité par des centrales chaleur-force et des panneaux solaire photovoltaïques
- Intégrer dans le processus de planification urbaine la mise en œuvre d'infrastructures permettant de concrétiser cet objectif (principes d'aménagement ; mesures conservatoires ; réservation de sites) :
  - Principe mise en œuvre de réseaux
  - Stockage temporaire – déphasage
  - Emprises pour les infrastructures majeures (p.ex. centrale géothermie grande profondeur)

### 1.3 Périmètre d'étude considéré

Le périmètre du PDQ PAV s'étend sur une surface de 230 ha environ, sur les communes de Lancy, Carouge et Genève. Le périmètre de modification de zone (plan MZ N°29712A) a été approuvé par le Grand Conseil le 23 juin 2011 et est présenté dans la figure suivante. Le PDQ PAV sera développé à l'intérieur du périmètre qui englobe le périmètre de la modification de zone. A l'horizon 2035, la mutation du quartier devrait être réalisée.

Deux périmètres sont considérés dans la présente étude (figure 2) :

- Le périmètre restreint, soit le périmètre du PDQ PAV,
- Le périmètre élargi, considérant les quartiers en mutation proches du quartier PAV, le centre-ville de Genève-Carouge et les quartiers proches de Lancy.



Figure 2: Périmètre d'étude considéré : périmètre restreint et périmètre élargi

## 1.3.1 Périmètre restreint

### 1.3.1.1 Données liées au projet d'urbanisation du secteur PAV

Les données d'urbanisation du quartier Praille-Acacias-Vernets à considérer à ce stade sont issues de l'« image illustrative » de 2009 élaborée par le bureau LRS Robbe & Seiler architectes et présentée dans la figure ci-après.

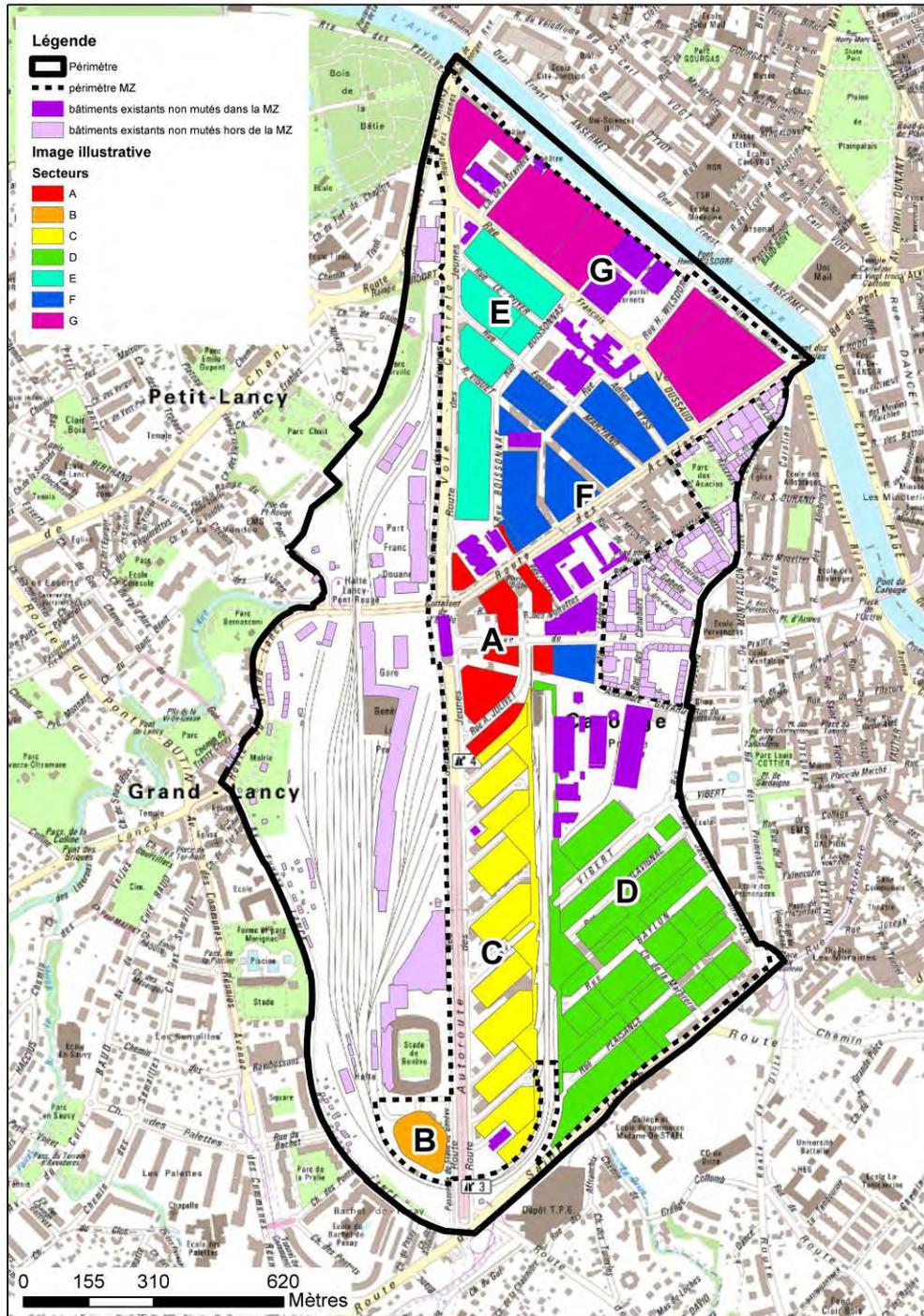


Figure 3: Projet d'urbanisation (image illustrative)

Le projet PAV est découpé en huit secteurs, représentés sur la figure 3 :

- L'Etoile (A)
- Praille Sud-Ouest (Camembert) (B)
- Praille Ouest (C)
- Praille-Est – Grosselin (D)
- Acacias Ouest (E)
- Acacias Est (F)
- Acacias – Bord de l'Arve (G)
- « Hors MZ » : aucun grand projet d'urbanisation n'est prévu dans ce périmètre mais il est intégré dans la réflexion globale du PAV

Les différents secteurs ont une typologie différente en termes de :

- SBP par habitant ou emploi
- Gabarits de bâtiments
- Types d'activités

Secteurs	Affectation	SBP/pop
A	Logement	130 m <sup>2</sup> /habitant
	Activité	30 m <sup>2</sup> /emploi
B et C	Logement	100 m <sup>2</sup> /habitant
	Activité	50 m <sup>2</sup> /emploi
D et E	Logement	100 m <sup>2</sup> /habitant
	Activité	30 m <sup>2</sup> /emploi
F	Logement	100 m <sup>2</sup> /habitant
	Activité	30 m <sup>2</sup> /emploi
G	Logement	100 m <sup>2</sup> /habitant

Tableau 1 : SBP par habitant ou emploi par affectation et par secteur

Selon l'image illustrative, un certain nombre de bâtiments d'activités resteront en place. Ces bâtiments sont présentés à la figure 4 (en violet). Ils ne représentent que 15% des SBP totales prévues dans le périmètre du quartier PAV après mutation urbaine.

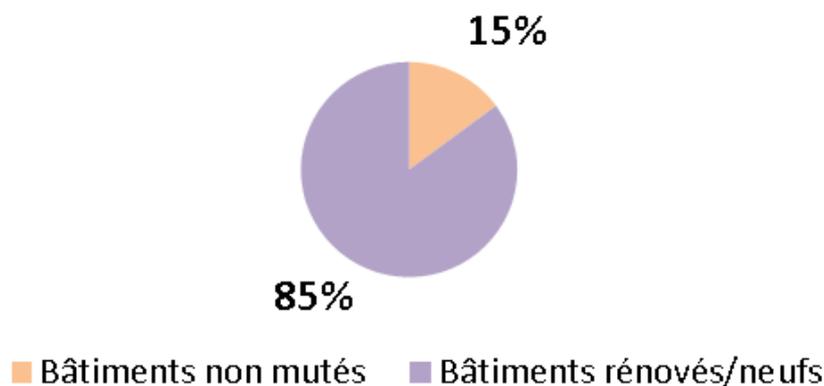


Figure 4: Répartition des SBP : neuf ou rénové - existant

A partir de cette répartition globale, les tableaux ci-après indiquent pour chacune des trois affectations prévues, la répartition entre les bâtiments neufs, bâtiments existants assainis énergétiquement et bâtiments existants maintenus dans leur état actuel. A l'intérieur de la catégorie des bâtiments existants maintenus au terme du processus de mutation (15% des SBP futures), la part des bâtiments assainis énergétiquement a été estimée en considérant un taux d'assainissement annuel de 1%. En tenant compte d'une durée de 20 ans jusqu'à l'horizon de planification (2035), il est considéré que 20% des bâtiments existants conservés seront assainis énergétiquement et 80% maintenus dans leur état actuel.

Affectation	Neuf	Rénové	Existant maintenu	Total
Logements	1'117'100 m <sup>2</sup>	1'600 m <sup>2</sup>	6'300 m <sup>2</sup>	1'125'000 m <sup>2</sup>
Activités	578'000 m <sup>2</sup>	67'900 m <sup>2</sup>	271'600 m <sup>2</sup>	917'500 m <sup>2</sup>
Equipements publics	44'000 m <sup>2</sup>	8'400 m <sup>2</sup>	33'700 m <sup>2</sup>	86'100 m <sup>2</sup>
<b>Total</b>	<b>1'739'100 m<sup>2</sup></b> <b>82%</b>	<b>77'900 m<sup>2</sup></b> <b>3%</b>	<b>311'600 m<sup>2</sup></b> <b>15%</b>	<b>2'128'600 m<sup>2</sup></b>

Tableau 2 : SBP des bâtiments neufs et des bâtiments maintenus en fonction de l'affectation

	SBP (m <sup>2</sup> )								
	Neuf			Rénové			Existant maintenu		
	Logements	Activités	Equipements	Logements	Activités	Equipements	Logements	Activités	Equipements
Secteur A	65'000	152'000	0	0	10'000	0	0	40'000	0
Secteur B	2'000	22'000	0	0	600	0	0	2'400	0
Secteur C	14'000	127'000	0	0	26'600	0	0	106'400	0
Secteur D	313'000	134'000	18'000	0	10'400	200	0	41'600	800
Secteur E	184'000	79'000	0	0	20'000	0	0	80'000	0
Secteur F	254'000	64'000	11'000	0	0	8'200	0	0	32'800
Secteur G	285'000	0	15'000	0	0	0	0	0	0
Hors MZ	0	0	0	1'600	300	0	6'300	1'200	100
<b>Périmètre PAV</b>	<b>1'117'000</b>	<b>578'000</b>	<b>44'000</b>	<b>1'600</b>	<b>67'900</b>	<b>8'400</b>	<b>6'300</b>	<b>271'600</b>	<b>33'700</b>

Tableau 3: Répartition des SBP par affectation et par secteur

La figure 5 ci-dessous présente la répartition des affectations à l'issue du processus de mutation urbaine à l'échelle de l'ensemble du périmètre PAV. Les logements, les activités et les équipements représentent respectivement 53%, 43% et 4% des surfaces brutes de plancher.

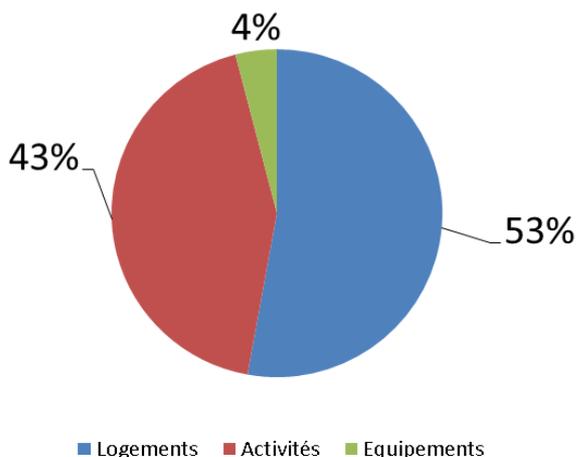


Figure 5: Répartition des SBP : logements – activités - équipements

Les gabarits des bâtiments et leurs caractéristiques ne sont pas encore définis en détail à ce stade. Ils ont été estimés dans le chapitre 3.3.2 pour l'évaluation des besoins énergétiques.

Le projet prévoit également l'aménagement d'un grand parc urbain d'une surface projetée de 7 ha. Son emplacement est prévu sur le site de la Migros, au centre du PAV. Selon l'image illustrative, des parcs diffus seront aménagés dans le périmètre, ainsi l'ensemble des parcs représente environ 11 ha.

Le contexte environnemental dans lequel s'inscrit le projet de PDQ PAV a été décrit en détail dans le cadre des bases de l'Etude Environnementale stratégique, établies par le bureau CSD en avril 2013. Sur cette base, et au vu des enjeux spécifiques relatifs au concept énergétique de quartier, certains éléments influençant les orientations possibles de concept énergétique sont présentés ici. Il s'agit notamment des aspects liés à la qualité de l'air et aux conditions hydrogéologiques au droit du périmètre.

### 1.3.1.2 Qualité de l'air

Conformément aux conditions de simulations du modèle CadaGE (vs 1.4) employé par le Service de l'air, du bruit et les rayonnements non ionisants (SABRA) pour l'évaluation des émissions atmosphériques, la pollution induite sur le périmètre du PDQ est évaluée dans deux périmètres d'une surface de 1 km<sup>2</sup> et un périmètre de 0.75 km<sup>2</sup> centrés sur le projet (hors réseau ferroviaire) avec les principaux axes de circulation sollicités :

- maille Nord : 0.75 km<sup>2</sup>, coordonnées angle sud-ouest : 498'630 – 116'460
- maille Centre : 1 km<sup>2</sup>, coordonnées angle-sud-ouest : 498'630 – 115'460
- maille Sud : 1 km<sup>2</sup>, coordonnées angle-sud-ouest : 498'630 – 114'460

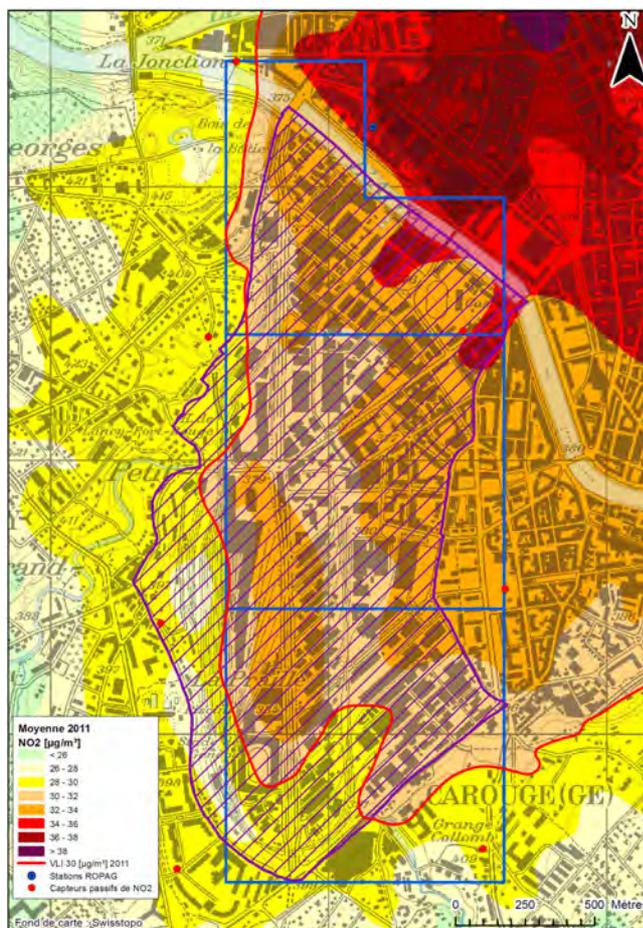


Figure 6 : Périmètre d'étude considéré pour l'hygiène de l'air

Emissions de polluants - Moyenne annuelle en [tonnes/an]											
Polluants	Trafic		Chauffage		Industries		Hors route		Nature		Total [t/an]
CO <sub>2</sub>	21'396	18%	99'058	82%	-	-	370	~0%	-	-	<b>121'094</b>
NO <sub>x</sub>	60.5	53%	35.4	31%	16.1	14%	2.6	2%	0.02	~0%	<b>114.7</b>
PM10	6.3	69%	1.2	14%	0.4	4%	1.2	13%	-	-	<b>9.2</b>

Tableau 4: Moyennes annuelles en tonnes/an d'émissions de polluants (CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> et PM10)

Selon les informations transmises par le SABRA, le réseau des capteurs passifs et le logiciel de simulation CadaGE indiquent des moyennes annuelles 2011 des immissions en NO<sub>2</sub> comprises entre 26 et 38 µg/m<sup>3</sup> pour les mailles kilométriques de référence. La valeur limite d'immissions du NO<sub>2</sub>, fixée à 30 µg/m<sup>3</sup>/an par l'OPair, est donc actuellement dépassée sur le périmètre du PDQ Praille-Acacias-Vernets.

Par ailleurs les immissions de poussières en suspension (PM10) sur le périmètre du projet sont supérieures à la valeur limite de l'OPair (20 µg/m<sup>3</sup>/an), soit 25 µg/m<sup>3</sup>/an sur le périmètre. Les émissions de poussières en suspension calculées par le logiciel CadaGE sur les mailles kilométrique du projet s'élèvent pour leur part à 9.2 t/an

Les immissions d'ozone (O<sub>3</sub>) relevées par la station ROPAG de Sainte-Clotilde, à 200 m au nord du projet, mettent en évidence de nombreux dépassements de la valeur maximale horaire fixée par l'OPair (1 Nb<sup>h</sup> >120 µg/m<sup>3</sup>). Ces immissions excessives sont observées sur l'ensemble du territoire cantonal et découlent d'une problématique régionale, causée par de fortes émissions de polluants primaires (oxydes d'azote - NO<sub>x</sub> et composés organiques volatils - COVs) au niveau de l'agglomération genevoise et de la région dans son ensemble.

Sur cette base, en tenant compte du niveau d'immissions en dioxyde d'azote et en particules fines sur le périmètre partiellement et intégralement non conforme aux exigences de l'OPAir, l'installation de centrales thermiques au bois est à proscrire pour le PDQ Praille Acacias Vernets. De plus, le caractère limité de la réserve potentielle de bois de chauffage à l'échelle de l'agglomération franco-valdo-genevoise confirme l'inadéquation de l'utilisation de cette ressource pour le CET du PDQ « Praille-Acacias-Vernets ».

### 1.3.1.3 Conditions géologiques et hydrogéologiques et possibilités d'exploitation de ressources géothermiques

La quasi-totalité du périmètre PAV est située au droit de nappe superficielle de Carouge-La Praille qui ne présente aucun intérêt pour l'exploitation d'eau potable. La présence de cet aquifère n'engendre aucune contrainte pour l'implantation de sondes géothermiques

En revanche, l'extrémité sud du périmètre du PDQPAV est caractérisée par la présence de la nappe profonde du domaine public du Genevois. Cette nappe étant exploitée pour la production d'eau potable, la réalisation de sondes géothermiques verticales (SGV) sur cette emprise est interdite.

La figure ci-après présente le contexte géologique et hydrogéologique du PDQ Praille-Acacias-Vernets.

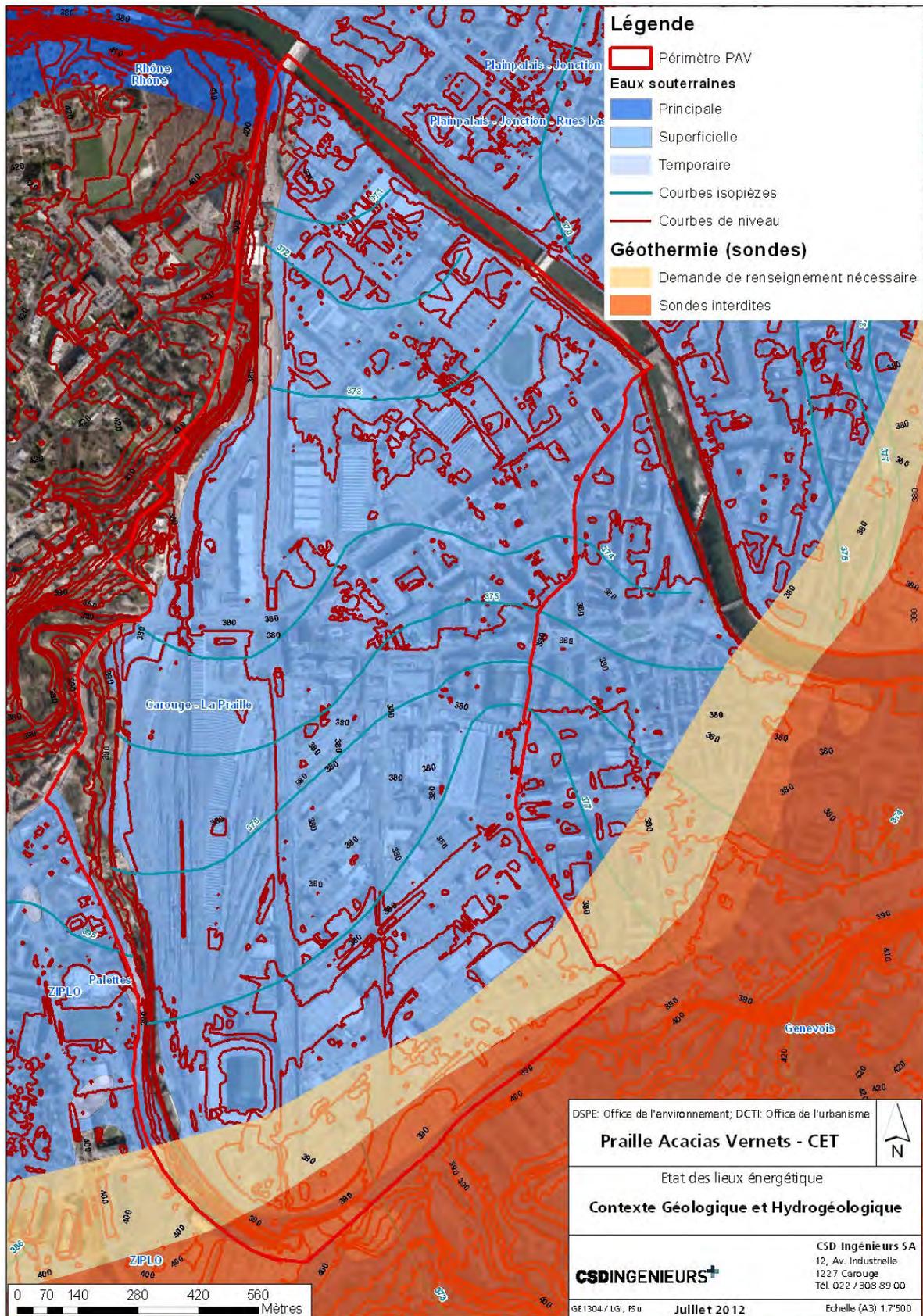


Figure 7 : Contexte géologique et hydrogéologique

## 1.3.2 Périmètre d'étude élargi

Le périmètre PAV est situé à proximité immédiate du cœur de l'agglomération de Genève (Ville de Genève et Ville de Carouge), caractérisé par un tissu bâti dense présentant un degré d'irréversibilité élevé et une très forte dépendance aux énergies fossiles.

Les stratégies énergétiques développées dans le cadre de la planification du PAV devront optimiser les possibilités de mettre les ressources valorisables et les infrastructures prévues à l'intérieur de ce périmètre en mutation urbaine, au service de la transition énergétique de ce vaste secteur du cœur urbain de Genève.

La majorité de ce périmètre est en effet caractérisée par le maintien à long terme du tissu bâti existant (niveau de contrainte élevé pour la mise en œuvre d'infrastructures de production énergétique, p.ex. sondes géothermiques) avec la mise en œuvre d'un assainissement énergétique des bâtiments selon les principes fixés par la loi cantonale sur l'énergie.

Les besoins thermiques (chaud) estimés sur la base de concepts énergétiques territoriaux (CET) à l'horizon de planification sont les suivantes :

- Le Vieux-Carouge : environ 100 GWh/an (CET 2012-11)
- Lancy : environ 340 GWh/an (CET 2011-03)
- Plan-les-Ouates : environ 160 GWh/an (CET 2011-09)
- Genève Jonction : environ 200 GWh/an (CET 2011-08)

Outre ces vastes quartiers caractérisés par le maintien global de leur tissu bâti existant, le périmètre d'étude élargi comporte également d'importants secteurs planifiés de densification/rénovation urbaine, dont la plupart ont déjà fait l'objet de CET, ainsi que des projets de nouvelles infrastructures énergétiques. Ces projets et leurs orientations énergétiques sont des éléments importants du contexte élargi qui doivent être pris en compte dans le cadre de l'établissement du présent CET. En outre, différentes sources potentielles d'énergie renouvelable sont également présentes dans le périmètre d'étude élargi. La figure 8 ci-après représente l'implantation de ces différents projets.

Les principaux quartiers caractérisés par une densification / mutation urbaine à proximité du PAV et pouvant présenter des synergies en matière de stratégies énergétiques sont les suivants :

- La Jonction : la Pointe de la Jonction et l'Ecoquartier « Carré Vert »
- Surville
- SOVALP
- Les Semailles – Palettes
- Chapelle-les-Sciers

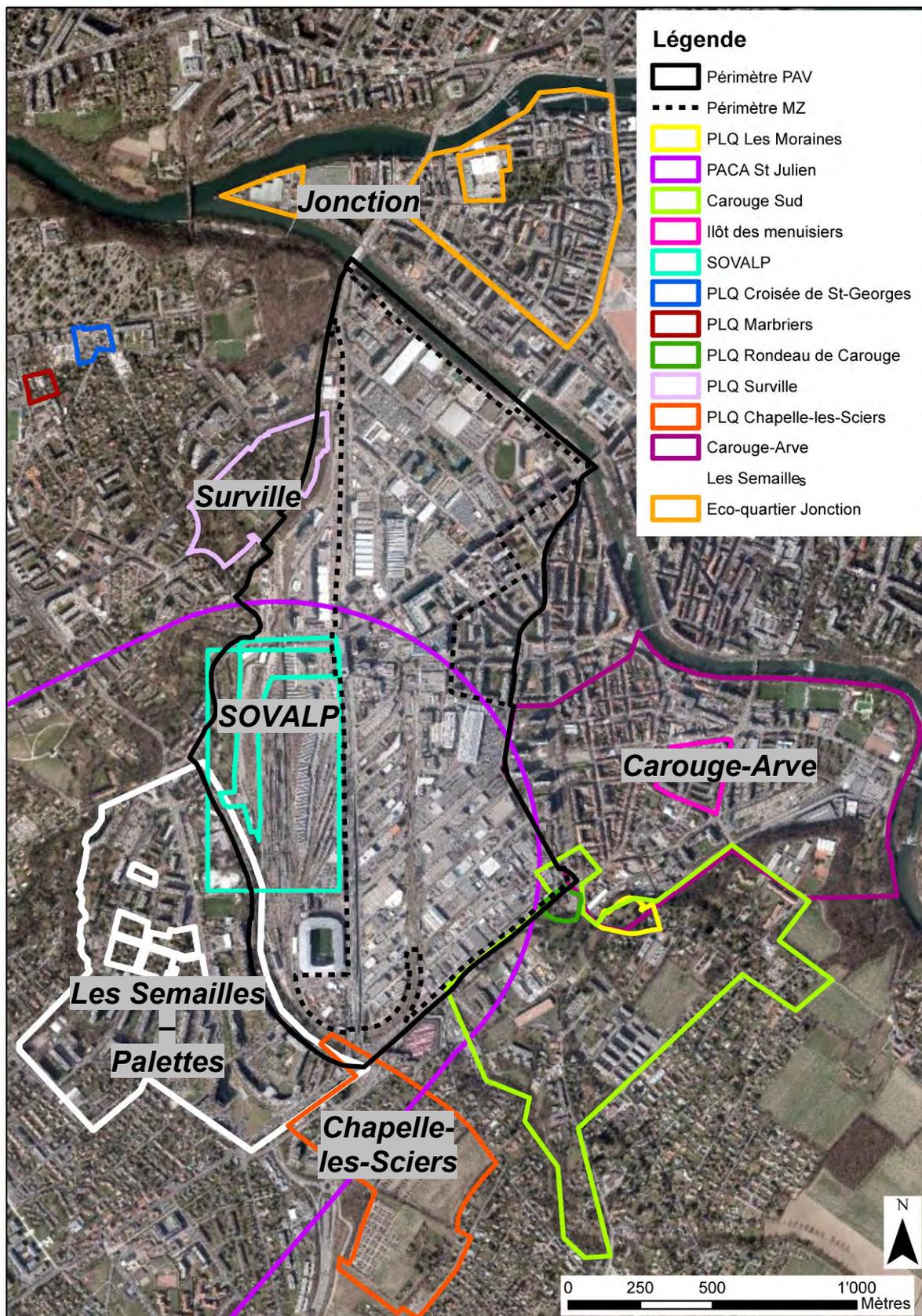


Figure 8 : Secteurs ayant fait l'objet d'un CET/étude énergétique

## 1.4 Liste des études énergétiques réalisées à ce jour pour le périmètre PAV

Le périmètre Praille-Acacias-Vernets a fait l'objet d'un nombre important d'études énergétiques depuis 2009, notamment par le Groupement PAVéne (EPFL, Amstein+Walthert, Conti & Associés SA, BG Ingénieurs Conseils SA, Darius Golchan Atelier d'architecture et d'urbanisme).

Les données issues de ces différents rapports sont utilisées comme éléments de base pour le présent CET : les données pertinentes à l'échelle du périmètre global PAV sont intégrées dans les chapitres ci-après.

La liste de ces études est détaillée dans le tableau 5 ci-dessous. Les références à ces études dans les chapitres ci-après seront indiquées en mentionnant le numéro défini.

#	Date	Titre	Auteur
1.	Octobre 2009	Etude du <b>potentiel géothermique</b> du secteur PAV	BG Ingénieurs-Conseils SA
2.	Octobre 2009	Note de synthèse – étude exploratoire de la <b>demande et de l'offre d'énergie 2008-2030</b>	PAVéne (EPFL, Amstein+Walthert, Conti & Associés SA, BG Ingénieurs Conseils SA, Darius Golchan Atelier d'architecture et d'urbanisme)
3.	Octobre 2009	<b>Demande d'énergie et courbes de charge</b> de Praille-Acacias-Vernets : Situation en 2008 et à l'horizon 2030	PAVéne (EPFL, Amstein+Walthert, Conti & Associés SA, BG Ingénieurs Conseils SA, Darius Golchan Atelier d'architecture et d'urbanisme)
4	Octobre 2009	Etude sur le potentiel de <b>récupération de chaleur sur les eaux de l'Arve</b> bordant la zone Praille-Acacias-Vernets pour production de chaud et de froid	PAVéne (EPFL, Amstein+Walthert, Conti & Associés SA, BG Ingénieurs Conseils SA, Darius Golchan Atelier d'architecture et d'urbanisme)
5.	Octobre 2009	Etude sur le potentiel de <b>récupération de chaleur sur les eaux usées</b> transitant par la zone Praille-Acacias-Vernets pour production de chaud et de froid	PAVéne (EPFL, Amstein+Walthert, Conti & Associés SA, BG Ingénieurs Conseils SA, Darius Golchan Atelier d'architecture et d'urbanisme)
6.	Octobre 2010	Analyse exploratoire et pré-localisation visant une optimisation des transformations fossiles et une valorisation du renouvelable par recours à la <b>cogénération</b>	PAVéne (EPFL, Amstein+Walthert, Conti & Associés SA, BG Ingénieurs Conseils SA, Darius Golchan Atelier d'architecture et d'urbanisme)
7	Novembre 2010	Etude d'avant-projet <b>d'interconnexions énergétiques</b> des sites de Rolex Acacias et des Vernets – Phase A	Amstein+Walthert
8	Janvier 2011	Projet Rolex Vernets – Phase D : Boucle d'anergie	Amstein+Walthert

Tableau 5 : liste des études énergétiques du quartier PAV

## 2. Objectifs du CET

L'objectif est de définir une stratégie pour un approvisionnement énergétique durable, en termes économiques, de compatibilité environnementale et de fiabilité pour le futur quartier de Praille-Acacias-Vernets. La nécessité d'organiser un quartier qui maîtrise ses ressources, tout en assurant les moyens de son progrès implique, d'une part, un large recours aux énergies renouvelables afin de réduire la part du fossile et d'autre part, une diminution importante des besoins finaux en énergie, tout en garantissant l'épanouissement et la qualité de vie de chacun.

Le Concept énergétique territorial à établir à l'échelle du PDQPAV doit permettre de définir le rôle stratégique que doit jouer ce territoire en matière d'approvisionnement énergétique durable afin d'établir un cadre clair pour les éléments à développer à un niveau plus opérationnel au niveau des différents PLQ.

Dans ce contexte, les objectifs généraux du présent CET peuvent être formulés comme suit :

- Diminuer des besoins énergétiques
- Valoriser le potentiel local de production d'énergies renouvelables et des rejets thermiques
- Viser à garantir un approvisionnement énergétique sans émissions de CO<sub>2</sub> à l'échelle locale
- Planifier le développement d'infrastructures et équipements efficaces pour la production et la distribution d'énergie
- Construire les bâtiments du PDQ selon le standard de Haute Performance Energétique (HPE) au minimum (minimum légal)
- Valoriser les opportunités de mise en place de réseaux de chauffage à distance
- Tendre vers un quartier à énergie positive afin de valoriser de manière optimale le potentiel de ressources disponibles au bénéfice de la transition énergétique des quartiers voisins du cœur urbain de Genève
- Prise en compte et organisation des relations entre les acteurs en rapport avec leur environnement.
- Coordonner les images directrices des divers plans directeurs pour qu'ils tiennent compte de la conception générale en matière d'énergie et du plan directeur des énergies de réseau (art. 11 LEn)

En ce qui concerne les horizons temporels, la présente étude tient compte des 2 horizons suivants :

- ⇒ **Etat actuel** : basé sur les données disponibles relatives à **l'année 2013** ou légèrement antérieures pour certains types de données.
- ⇒ **Etat futur** : **Horizon 2035**, en cohérence avec l'horizon de planification défini par les démarches du projet PAV

### 3. Etat des lieux énergétique

#### 3.1 Potentiel des ressources énergétiques renouvelables et locales ainsi que des rejets thermiques

Les potentiels de production d'énergie renouvelable sur le périmètre d'influence du quartier Praille-Acacias-Vernets sont représentés ci-dessous et développés dans le présent chapitre.

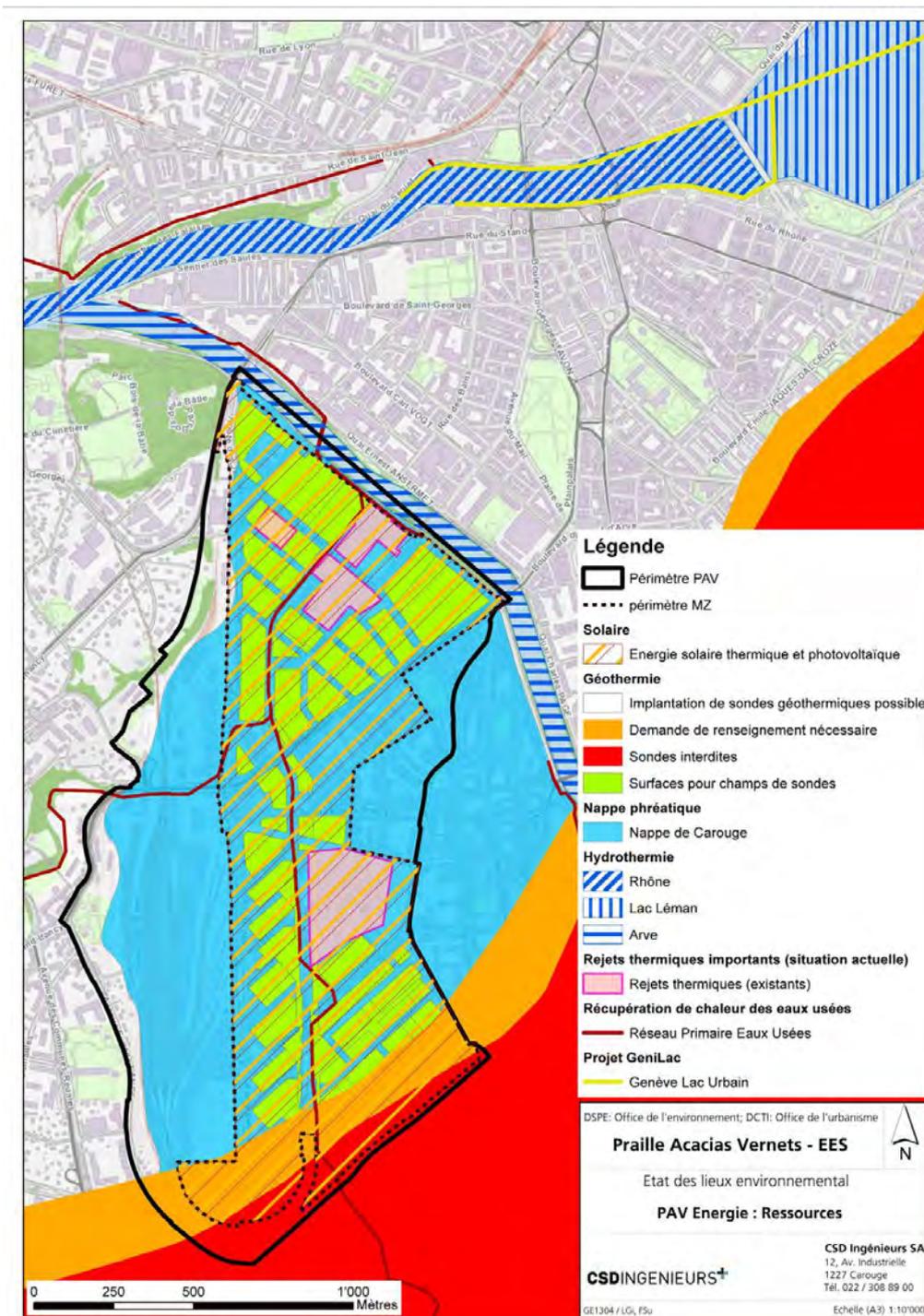


Figure 9 : Carte générale des ressources locales disponibles sur le périmètre PAV

## 3.1.1 Bois-énergie

Sur la base de l'état des lieux de la qualité de l'air du périmètre PAV présenté au paragraphe 1.3.1.2, qui ne respectent pas intégralement les exigences de l'OPAir, la mise en œuvre de centrales thermiques à base de bois est à proscrire pour le quartier Praille-Acacias-Vernets.

Cette position est également justifiée par le cadre d'une stratégie de valorisation rationnelle de cette ressource présentant un potentiel limité, à l'échelle de l'ensemble de l'agglomération franco-valdo-genevoise.

## 3.1.2 Récupération de chaleur sur les eaux usées

Selon rapport du groupement PAVène d'Octobre 2009 « Etude sur le potentiel de récupération de chaleur sur les eaux usées transitant par la zone Praille-Acacias-Vernets pour la production de chaud et de froid » (5), la récupération sur les eaux usées est possible mais limitée. Les conditions suivantes doivent être respectées :

- Contrôle de la température d'entrée de STEP avec possibilité d'interrompre la récupération aux températures basses
- Limiter la récupération à un petit débit pour avoir une influence minimale sur la température d'entrée de STEP grâce à l'apport de débits des autres provenances du réseau.

Ainsi, la récupération devrait être potentiellement envisagée où le débit est maximal, soit au Pont de la Jonction au nord du PAV selon la configuration du réseau eaux usées « primaire » présent à l'intérieur du périmètre PAV (cf. schéma de la figure 10 ci-après). Dans ce secteur, cette ressource entre en compétition avec d'autres potentiels locaux tel que l'Arve.

La récupération de chaleur des eaux usées serait également envisageable dans le secteur de la place de l'Etoile.

Les potentiels de récupération de chaleur depuis le réseau eaux usées estimés dans le cadre de l'étude PAVène sont présentés dans le tableau ci-dessous

Calcul du potentiel de récupération			
	Unité	Jonction	Etoile
Débit (l/sec)	(l/sec)	285.00	176.00
Débit (m3/h)	(m3/h)	1'026.00	633.60
Delta T	°K	3.00	3.00
Puissance source froide	kW	3'570.48	2'204.93
COP	-	4.00	4.00
<b>Puissance chaleur</b>	<b>kW</b>	<b>4760.64</b>	<b>2939.90</b>

Tableau 6 : Potentiel de récupération thermique : Jonction et Etoile (Source : étude (5))

La puissance de récupération source froide au niveau de la place de l'Etoile est 2.2 MWth. Pour la chaleur, la puissance de récupération de chaleur s'élève à 2.9 MWth, correspondant à une production d'environ 14.5 GWh/an

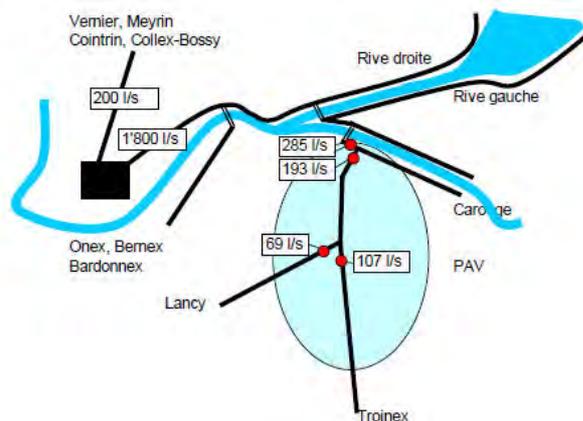


Figure 10 : Récupération de chaleur sur les eaux usées : Etoile (Source : étude (5))

### 3.1.3 Géothermie

#### 3.1.3.1 Sondes géothermiques à faible profondeur

La géothermie faible profondeur ( $p < 250$  m) peut être exploitée comme source de chaleur en hiver (moyennant un relèvements de température au moyen d'une pompe à chaleur), comme source de froid en été et comme réservoir de stockage de chaleur saisonnier.

Comme expliqué au paragraphe 1.3.1.3, il est possible d'implanter des sondes géothermiques sur la quasi-totalité du périmètre du PDQPAV.

Les zones du périmètre considérées comme utilisables pour la géothermie sont les nouvelles surfaces prévues pour accueillir les logements et activités (mixte), les parcs et les écoles, à l'exclusion des emprises de bâtiments existants et des infrastructures de transport (route ; rail) dont le maintien est prévu à terme dans le cadre du projet urbain..

Les secteurs C et D du périmètre sont concernés par l'interdiction de sondes géothermiques sur environ 3.3 ha. Les surfaces nécessitant une demande de renseignement représentent environ 8.6 ha des 2 mêmes secteurs du projet.

Sur cette base, la surface potentiellement exploitable pour l'implantation de sondes géothermiques est évaluée à environ 642'000 m<sup>2</sup>, comme représenté sur la figure suivante.

Secteur	Affectation	Statut interdiction	Surface (m <sup>2</sup> )
Secteur B	Mixte	demande de renseignement nécessaire	13'381
Secteur C	Mixte	demande de renseignement nécessaire	15'835
		sondes interdites	1'128
	Parc	demande de renseignement nécessaire	3'057
		sondes interdites	4'258
Secteur D	Mixte	demande de renseignement nécessaire	29'632
		sondes interdites	18'409
	Parc	demande de renseignement nécessaire	19'284
		sondes interdites	4'023
	Ecole	demande de renseignement nécessaire	5'518
		sondes interdites	5'263

Tableau 7 : Surfaces touchées par l'interdiction de sondes ou surfaces nécessitant des demandes de renseignement

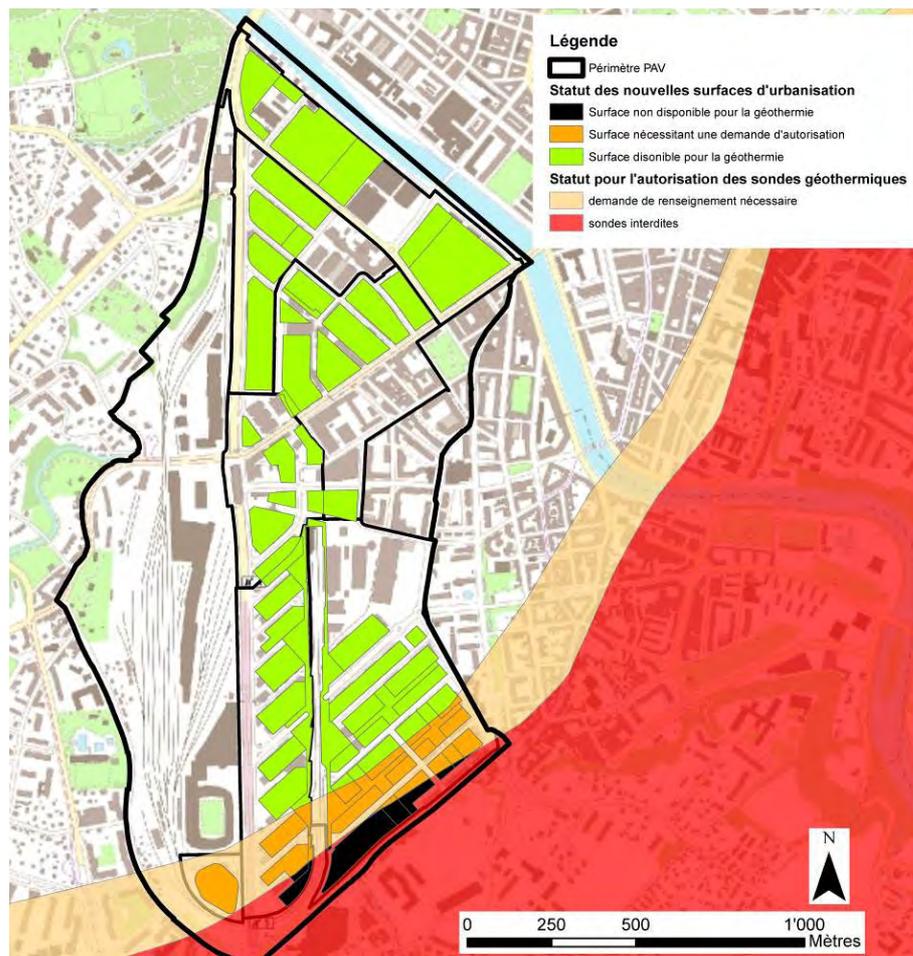


Figure 11 : Surface maximale potentiellement utilisable pour l'utilisation de sondes géothermiques

Malgré l'interdiction de mise en œuvre de sondes géothermiques verticales en lien avec la protection de la nappe du Genevois, la mise en œuvre d'installations géothermiques de faible profondeur (telles que la mise en œuvre de « corbeilles géothermiques » d'une profondeur de quelques mètres) pourrait être examinée à un stade ultérieur du projet, moyennant la définition de conditions strictes de mise en œuvre permettant d'exclure tout risque d'atteinte à la nappe. Dans ce secteur, le toit de l'aquifère protégé du Genevois se situe entre 10 et 15 m de profondeur.

Selon le rapport "Etude du potentiel géothermique du secteur PAV" (1), il a été évalué que dans le périmètre PAV la puissance linéaire moyenne de sonde est de 45 W/m : cette valeur est considérée comme minimum dans le secteur PAV. Le périmètre PAV présente une variabilité spatiale relativement faible (trois couches sont présentes sur le PAV avec une conductivité thermique  $\lambda > 1.3 \text{ W/mK}$ ).

Les hypothèses de la présente étude s'appuient sur celles prises dans le rapport de l'étude (1) : une puissance linéaire moyenne de sonde de 45 W/ml pour un fonctionnement équivalent de 2'200 h/an pour le chaud et 1'000 h/an pour le froid, une emprise de 70 m<sup>2</sup> par sonde ainsi qu'une longueur de 250 m par sonde. Dû aux différents niveaux de températures liés aux prestations de rafraîchissement, il n'est possible de ne réinjecter dans le sol que 50% de la puissance soutirée afin d'assurer la recharge thermique du terrain.

Ainsi, le potentiel de production d'énergie par l'intermédiaire de sondes géothermiques à faible profondeur pour le quartier PAV est estimé à 185 GWh/an pour la chaleur et 46 GWh/an pour le refroidissement. Le détail par secteur est présenté dans le tableau suivant :

Secteur	Surface disponible pour la géothermie	Surface par sonde (m <sup>2</sup> )	Nombre de sondes	Longueur des sondes (m)	Chaleur par m de sonde (kWh/ml)	Froid par m de sonde (kWh/ml)	Potentiel de production de chaud (GWh/an)	Potentiel de production froid (GWh/an)
Secteur A	40'240	70	575	250	99	45	14	4
Secteur B	0	70	0	250	99	45	0	0
Secteur C	83'142	70	1188	250	99	45	29	7
Secteur D	104'652	70	1495	250	99	45	37	9
Secteur E	71'911	70	1027	250	99	45	25	6
Secteur F	97'612	70	1394	250	99	45	35	9
Secteur G	124'499	70	1779	250	99	45	44	11
<b>Total</b>	<b>522'056</b>						<b>185</b>	<b>46</b>

Tableau 8 : Potentiel géothermique du secteur PAV

Les sondes géothermiques faible profondeur peuvent également être valorisées pour le stockage saisonnier de chaleur (déphasage) afin de permettre par exemple d'exploiter en hiver la chaleur produite par les rejets thermiques ou les panneaux solaires durant la période estivale.

La capacité du sous-sol à stocker la chaleur est directement liée à sa capacité calorifique.

La figure 12 ci-après montre que la grande majorité du périmètre PDQPAV présente une très bonne aptitude au stockage saisonnier avec une capacité calorifique supérieure à 2.5 MJ/m<sup>3</sup>/K liée à une présence importante d'argile dans le sous-sol (0-50 m de profondeur).

Sur cette base, l'étude (8) propose un site de stockage saisonnier sur le site de la caserne des Vernets (figure 13).

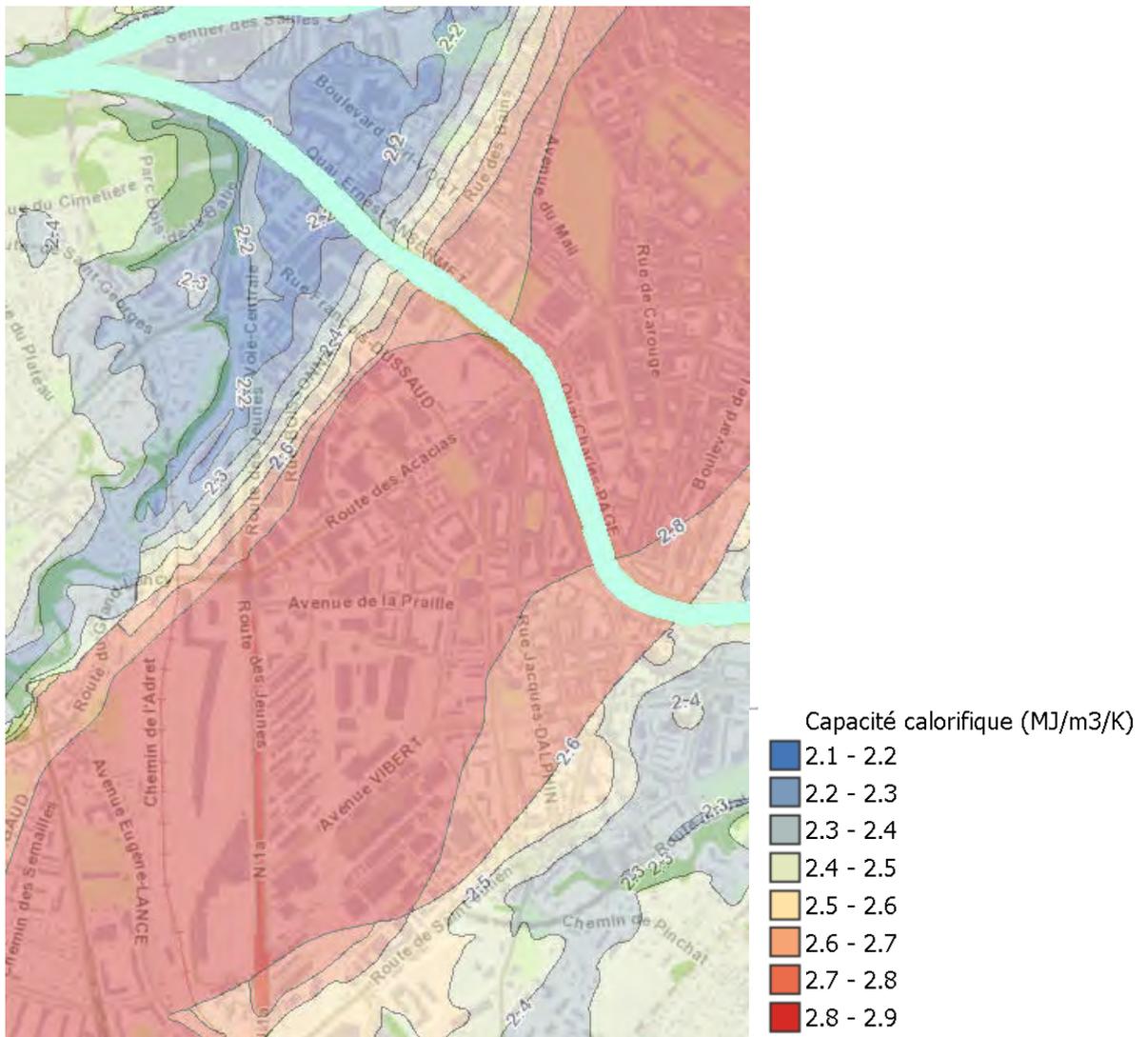


Figure 12: Capacité calorifique moyenne du PAV entre 0 et 50 m de profondeur

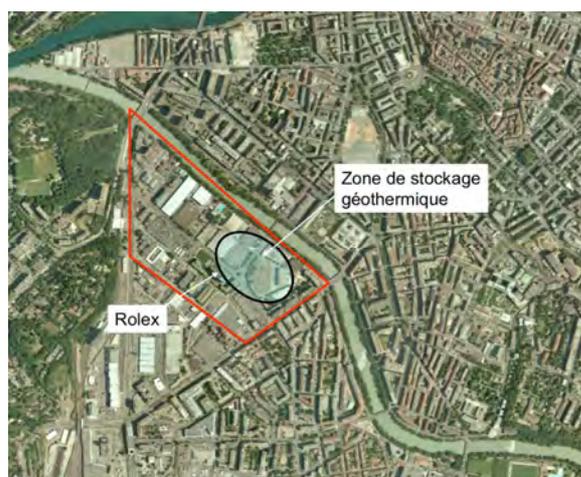


Figure 13 : Zone identifiée pour du stockage géothermique (source : étude (8))

### 3.1.3.2 Géothermie moyenne profondeur

Des développements techniques récents permettraient d'envisager la mise en œuvre de sondes géothermiques d'une profondeur de l'ordre de 800 m avec une configuration permettant d'intégrer ce type de forage en milieu urbain.

Ce type de sonde permettrait d'obtenir une meilleure efficacité du fait d'une valorisation de la chaleur du sous-sol à une température supérieure à celle des sondes faible profondeur.

Le périmètre du PDQPAV constitue une opportunité permettant de concrétiser la mise en œuvre de cette technologie, par exemple dans le cadre d'un projet pilote.

### 3.1.3.3 Géothermie grande profondeur

La géothermie grande profondeur, qui vise à exploiter des gisements d'eau chaude présents à plus de 2 km de profondeur, présente un potentiel beaucoup plus intéressant qui pourrait être à même de fournir de l'eau à une température directement exploitable pour l'approvisionnement en énergie thermique et électrique (turbinage dans des modules ORC). On entre cependant dans une autre problématique, plus complexe à évaluer, impliquant une campagne de prospection systématique et très conséquente. L'énergie disponible dépend de la température de l'aquifère intercepté et du débit soutirable.

Le développement de la géothermie profonde représente un des axes forts de la politique énergétique du canton de Genève et constitue un objectif du programme de législature 2010-2013. Il représente ainsi une des solutions retenues pour renforcer à l'échelle du canton la part des énergies renouvelables locales dans notre consommation de chaleur et d'électricité.

Dans ce cadre, le canton de Genève (GESDEC ; OCEN) a engagé en collaboration avec SIG le projet « Géothermie 2020 », qui prévoit un programme de prospection et d'exploration du sous-sol profond genevois dans un délai de 5 à 7 ans selon trois phases :

1. La « prospection préliminaire » : localisation des structures d'intérêt – 2 ans
2. La « prospection détaillée » : campagne sismique avec maillage plus fin sur des périmètres restreints et établissement des modèles géologiques détaillés – 2 ans
3. L'« exploration » : forages exploratoires pour déterminer les débits d'eau souterraine

Sur la base des données actuellement disponibles, le périmètre du PAV se situe au droit d'une zone potentiellement intéressante, caractérisée par la présence de la faille du Coin.

Ce secteur constitue a priori une zone à prospecter en priorité puisqu'elle présente un potentiel géologique très prometteur associé à une forte demande en énergie actuelle et future liée aux projets d'urbanisation.

Selon le programme « Géothermie 2020 », la caractérisation de l'intérêt du périmètre PAV pour la géothermie grande profondeur, avec la localisation des secteurs d'intérêt géologique sur la base des lignes sismiques le cas échéant, devrait intervenir d'ici 2017 – 2018. Au cas où l'intérêt serait confirmé, la réalisation des forages d'exploration, qui seraient conçus pour être directement valorisés en forages d'exploitation le cas échéant, pourrait être envisagée à l'horizon 2020.

L'aptitude du périmètre PAV à l'exploitation de la géothermie grande profondeur reste donc à préciser. Il n'est donc pas possible à ce stade d'estimer concrètement le potentiel de production d'énergie thermique et électrique lié à l'implantation d'une telle infrastructure sur le périmètre du PAV.

Les ordres de grandeur suivants peuvent néanmoins être évoqués, selon les indications du responsable du projet « Géothermie 2020 » aux SIG, sur la base de forages en exploitation dans le sud de l'Allemagne (secteurs présentant a priori des caractéristiques géologiques similaires à celles du bassin genevois) :

- Puissance thermique : entre 10 et 40 MW (chaleur haute température)
- Puissance électrique : entre 2 et 3 MW

Sur la base de ces ordres de grandeur, l'énergie produite par un forage géothermique grande profondeur s'établirait entre :

- 30-110 GWh/an de chaleur (haute température) représentant 40-150% des besoins estimés pour le périmètre PAV à l'état futur
- 10-16 GWh/an d'électricité, représentant 15-20% des besoins estimés pour le périmètre PAV à l'état futur

Les conditions et contraintes relatives à la mise en œuvre et à l'implantation des centrales énergétiques liées à la géothermie grande profondeur peuvent être résumées comme suit à ce stade :

- afin d'atteindre et d'exploiter les zones d'intérêt géologiques identifiées à l'issue des campagnes de prospection à une profondeur supérieure à 2 – 3 km, la réalisation de forages inclinés (jusqu'à un angle de 30°) est envisageable ; la centrale de production qui doit être implantée au droit de la tête de forage pourra ainsi être localisée dans un rayon d'environ **500 m** à partir des secteurs d'intérêt
- en cas de confirmation de l'intérêt géologique du périmètre PAV, l'implantation de 2 forages de géothermie grande profondeur pourrait être envisagée en principe (l'étude sur le potentiel thermique genevois – PGG imagine à l'horizon 2030 la réalisation de 10 forages d'exploitation), sans risques d'interférence moyennant le respect d'une distance minimale de l'ordre de 500 m, selon l'expérience acquise sur des sites en exploitation ; l'implantation de 2 centrales localisées respectivement à l'intérieur des secteurs PAV Nord et PAV sud pourrait être envisageable ;
- **en phase d'exploitation**, la centrale abritant la tête de forage devrait se présenter sous la forme d'un bâtiment d'une emprise d'environ **5'000 m<sup>2</sup>** ; en cas d'installation assurant la cogénération d'électricité et de chaleur, la mise en œuvre d'infrastructures complémentaires permettant d'assurer la dissipation de la chaleur en période estivale pourrait s'avérer nécessaire ;
- la **phase de travaux** implique la mise en œuvre d'installations de chantier très conséquentes, nécessitant la mise à disposition d'une emprise **minimale de 1.5 hectares**

A partir de ces éléments, les principes et mesures conservatoires suivants pour la géothermie grande profondeur sont à intégrer au stade de la planification directrice afin de permettre l'intégration d'une, voire deux infrastructures d'exploitation de la géothermie grande profondeur dans le cadre du processus de mutation urbaine du périmètre PAV :

- a) Maintien en disponibilité de deux emprises d'une superficie minimale de 1.5 ha (une à l'intérieur du secteur PAV Nord et une dans le PAV Sud) afin d'accueillir les chantiers de forage, puis dans un 2<sup>ème</sup> temps, la centrale d'exploitation avec une emprise moindre (5'000 m<sup>2</sup>)
- b) Mesures conservatoires et de planification permettant d'assurer la mise en œuvre d'un réseau CAD (axe principal Nord-Sud)

En ce qui concerne le premier point, les espaces à privilégier sont :

- Les parcs importants
- Les îlots urbains avec une surface > 1.5 ha (et si possible avec une maîtrise foncière de l'Etat) dont la mutation est prévue

Les critères d'exclusions sont les voies et les routes à maintenir ainsi que les périmètres bâtis dont la mutation n'est pas prévue ou les périmètres dont le projet d'urbanisation est déjà lancé. La localisation est adéquate si l'emplacement choisi est à proximité d'importants besoins à satisfaire et d'un futur réseau primaire. Sur cette base, la carte suivante a été établie :

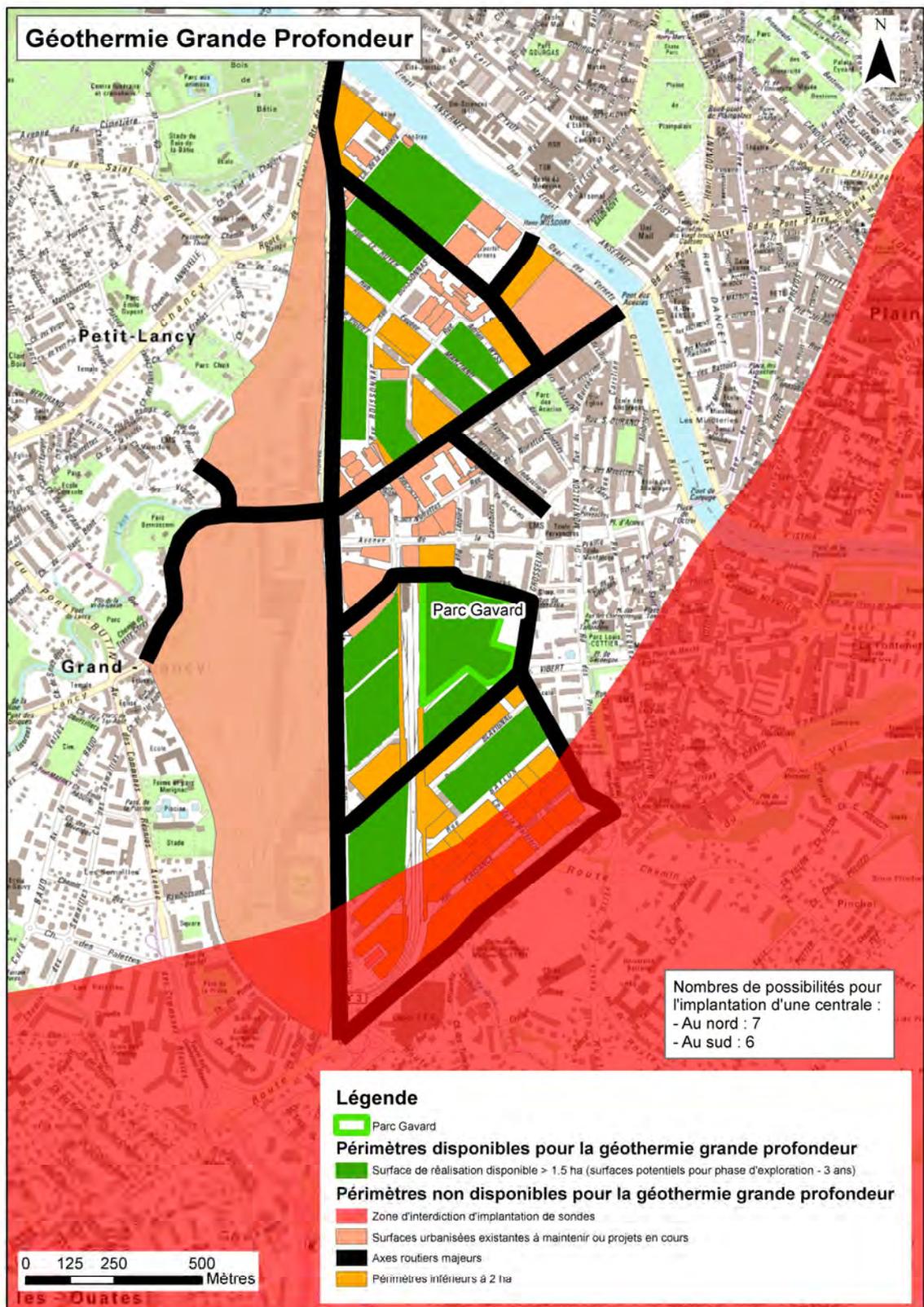


Figure 14 : Périmètres disponibles pour la réalisation de géothermie grande profondeur

Sur la base de cette approche, on constate qu'un nombre important d'emplacements répond aux exigences d'implantation d'un chantier de géothermie grande profondeur : 6 emplacements dans le secteur PAV Sud (dont celui du Parc Gavard) et 7 emplacements dans le secteur PAV Nord.

Afin de pouvoir intégrer la valorisation du potentiel énergétique considérable lié à la géothermie grande profondeur dans le cadre du projet de mutation urbaine du PAV il est donc indispensable de maintenir disponible jusqu'à l'horizon 2020 environ, au moins une emprise de 1.5 hectares adéquate implantée dans le secteur PAV Sud et une située dans le secteur PAV Nord.

Les aspects liés à l'intégration de la centrale énergétique d'une surface d'environ 5'000 m<sup>2</sup> devront être précisés à un stade ultérieur.

Dans le cas où la centrale intégrerait une fonction de production électrique (ce qui pourrait être souhaitable sur le plan de la politique énergétique et également pour des questions de financement : selon les principes actuels, les subventions les plus importantes octroyées par la Confédération sont liées à la production électrique) : la problématique de la dissipation des importants excédents de chaleur en été devra être résolue en tenant compte du contexte d'insertion urbanisé et des contraintes environnementales (rejet dans le cours d'eau a priori pas envisageable).

### 3.1.4 Pompes à chaleur sur air extérieur

L'air extérieur, représente une ressource thermique accessible présentant peu de contraintes au niveau des infrastructures à mettre en place et des aspects réglementaires à considérer. En effet, l'exploitation de la chaleur de l'air ambiant peut être réalisée par la mise en place de pompes à chaleur, constituées d'une prise d'air extérieure sur laquelle un échangeur thermique extrait une partie de la chaleur ambiante et la transmet dans le bâtiment à chauffer, par ventilo-convecteurs, radiateurs ou planchers chauffants.

Au niveau technique toutefois, plusieurs limitations sont à prendre en compte lors du choix d'une PAC sur air ambiant comme système de chauffage :

- Les émissions sonores et le rayon d'action des prises d'air
- Le COP fortement variable du système en fonction de la température extérieure
- La nécessité de coupler ce système de chauffage avec un second système de chauffage pour l'ECS et selon le type de construction également d'un appoint pour le chauffage permettant d'écarter les pointes de puissances

Sur cette base, on peut donc considérer les valeurs suivantes quant à l'évaluation globale du potentiel de pompes à chaleur sur air ambiant :

- Rayon d'action d'une prise d'air : 5m => surface d'influence d'une prise d'air = 80 m<sup>2</sup>
- Puissance installée moyenne par PAC : 1,2 kW
- COP moyen : 2,5

Ainsi le calcul du potentiel de PACs sur air ambiant peut être évalué à 45 kWh/m<sup>2</sup>/an thermiques, impliquant une consommation d'énergie électrique de 18 kWh/m<sup>2</sup>/an.

Le calcul du potentiel global de cette ressource sur le périmètre d'étude doit prendre en compte le fait que ces pompes à chaleur sur air ambiant sont des installations décentralisées, implantées à proximité des bâtiments à chauffer.

Le rapport entre la chaleur produite et les besoins d'électricité induits, directement lié au faible COP de cette technologie, impliquerait une augmentation disproportionnée des besoins d'électricité par rapport à la chaleur produite en cas de mise en œuvre à large échelle de ce procédé. De plus comme évoqué précédemment, les PAC sur air ambiant ne peuvent répondre sans appoint à la structure de besoins thermiques courants. Pour ces deux raisons, l'exploitation de ce potentiel n'est pas à préconiser à large échelle dans le cadre de la stratégie énergétique régionale.

La valorisation de la chaleur de l'air extérieur peut néanmoins être considérée en tant que ressource d'appoint permettant d'assurer une part non négligeable des besoins en chauffage avec un fonctionnement en « ruban » sur l'ensemble de la période concernée.

## 3.1.5 Energie solaire

Le potentiel de valorisation de l'énergie solaire pour le PDQPAV a été évalué sur la base des hypothèses suivantes :

- Installation possible uniquement en toiture, dont la surface brute a été estimée à environ 464'000 m<sup>2</sup>.
- 25% de la surface brute de toiture n'est pas utilisable (coordination avec les superstructures, équipements aérauliques, etc...).
- En considérant un angle de 30° pour les panneaux solaires thermiques, la surface brute de toiture nécessaire à l'installation de 1 m<sup>2</sup> est de 3 m<sup>2</sup>.
- En considérant un angle de 15° pour les panneaux solaires photovoltaïques, la surface brute de toiture nécessaire à l'installation de 1 m<sup>2</sup> est de 2 m<sup>2</sup>.
- Production de chaleur annuelle moyenne spécifique des panneaux solaires thermiques de 500 kWh/m<sup>2</sup>/an.
- Production d'électricité annuelle moyenne spécifique des panneaux solaires photovoltaïques de 180 kWh/m<sup>2</sup>/an.

Sur la base de ces hypothèses la surface nette maximale de panneaux solaires pouvant être potentiellement installés en toiture s'établit à environ 58'000 m<sup>2</sup> pour les panneaux thermiques et 86'000 m<sup>2</sup> pour les panneaux photovoltaïques pour les bâtiments neufs.

Ainsi, le potentiel maximal de production d'énergie solaire thermique du PDQ Praille-Acacias-Vernets s'établit donc à environ 29 GWh/an alors que celui de la production d'électricité photovoltaïque est évalué à 15.6 GWh/an. Ces potentiels maximum par secteur sont présentés dans le tableau 9 ci-après. Les figures 15 et 16 mettent en évidence l'énergie produite (thermique ou électrique) par m<sup>2</sup> de panneau.

Secteur	Surface maximale de panneaux thermiques (m <sup>2</sup> )	Potentiel thermique max HT (GWh/an)	Surface maximale de panneaux photovoltaïques (m <sup>2</sup> )	Potentiel électrique max (GWh/an)
A	1'100	0.5	1'600	0.3
B	600	0.3	900	0.2
C	17'700	8.9	26'600	4.8
D	13'400	6.7	20'100	3.6
E	6'600	3.3	9'800	1.8
F	9'300	4.7	14'000	2.5
G	9'000	4.5	13'500	2.4
<b>Total</b>	<b>57'700</b>	<b>28.8</b>	<b>86'500</b>	<b>15.6</b>

Tableau 9 : Potentiel solaire thermique maximum et potentiel solaire électrique maximum

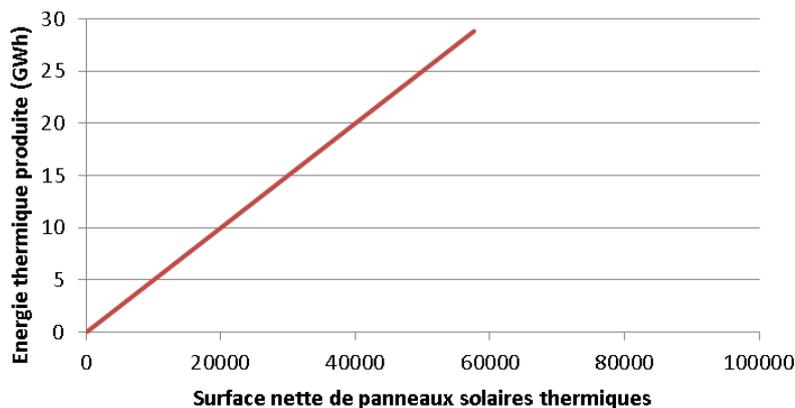


Figure 15 : Potentiel solaire thermique du PDQPAV

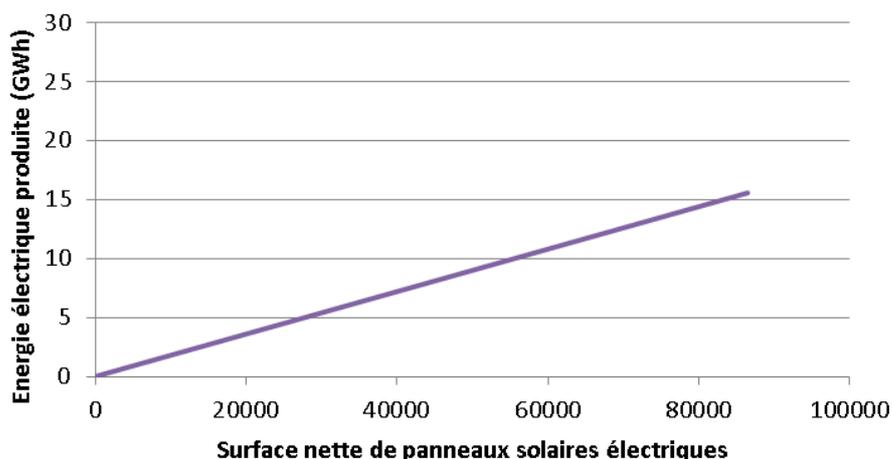


Figure 16 : Potentiel solaire électrique du PDQPAV

L'optimum technique et économique consiste à répondre à 40% des besoins d'ECS et des besoins de chauffage des logements par des panneaux solaires thermiques. Sur la base de cette approche, il a ensuite été considéré d'affecter le solde d'espace disponible en toiture à l'implantation de panneaux solaires photovoltaïques.

Il a été également considéré qu'environ 20% de la surface des toitures des bâtiments existants non mutés seraient équipés en panneaux solaires thermiques ou électriques, correspondant ainsi à la production potentielle maximale de 3 GWh/an thermiques ou 1.6 GWh/an électriques.

Secteur	Surface maximale de panneaux thermiques (m²)	Potentiel thermique max HT (GWh/an)	Surface maximale de panneaux photovoltaïques (m²)	Potentiel électrique max (GWh/an)
A	1'500	0.8	0	0.0
B	100	0.0	800	0.1
C	700	0.3	25'600	4.6
D	14'000	6.1	4'800	0.9
E	8'000	3.5	1'100	0.2
F	11'100	4.8	1'900	0.3
G	8'700	4.4	2'500	0.4
<b>Total</b>	<b>44'100</b>	<b>19.8</b>	<b>36'600</b>	<b>6.6</b>

Tableau 10 : Potentiels solaires thermique et électriques optimaux

Dans ces conditions, le potentiel solaire disponible sur le périmètre PAV a été considéré d'être valorisé selon la répartition suivante :

- 19.8 GWh/an pour le thermique
- 6.6 GWh/an pour l'électrique.

Au total, le potentiel solaire s'élève à environ 26.4 GWh/an par la mise en place de 44'100 m² de panneaux thermiques et 36'600 m² de panneaux photovoltaïques.

## 3.1.6 Hydrothermie

### L'Arve

La principale problématique liée à l'utilisation de l'eau de l'Arve est la présence de sables et de limons dans les eaux pompées et le faible débit en hiver. Une filtration efficace est nécessaire au bon fonctionnement des installations. Dans le secteur, Uni-Mail utilise déjà les eaux de l'Arve pour rafraîchir son bâtiment.

Dans le rapport PAVène « Etude sur le potentiel de récupération de chaleur sur les eaux de l'Arve bordant la zone Praille-Acacias-Vernets pour production de chaud et de froid » (4), le potentiel thermique de l'Arve a été considéré comme important.

Cependant, au vu du faible débit de l'Arve en hiver (minimum 7 m<sup>3</sup>/s) et comme le mentionne la thèse de Jérôme Faessler (2011) « Valorisation des énergies renouvelables dans l'agglomération franco-valdo-genevoise (VIRAGE) dans une perspective de société à 2000W », cette rivière ne présente en fait qu'un gisement thermique limité pour les prestations de chaud. Le potentiel de fourniture de froid en période estival est pour sa part limité par la contrainte de ne pas réchauffer les eaux de l'Arve et du Rhône

En tenant compte d'un débit moyen de pompage de 2 m<sup>3</sup>/s, la production de chaud BT et de froid liée à l'Arve s'établit respectivement à 29 et 15 GWh/an au maximum. L'Arve représente seulement un intérêt local.

### Le Lac Léman

Le potentiel d'extension du projet de réseau Genève-Lac Urbain de Genilac sur le périmètre PAV est à définir. Le quartier PAV apparaît dans le déploiement prévu du réseau (horizon à définir).

## 3.1.7 Rejets thermiques

### PAV nord

L'approche du groupement PAVène a permis d'identifier 3 sources de rejets thermiques : Rolex, Aligro, le Nouvel Hôtel de Police et le centre sportif des Vernets. Ces acteurs ont des rejets thermiques inhérents à leurs activités par leurs importantes installations de climatisation. La température des rejets est de minimum 20°C.

Ces rejets sont présents toute l'année mais de manière fluctuante : ils sont plus importants en été qu'en hiver, d'où la nécessité d'un stockage saisonnier dans le sous-sol au moyen de sondes géothermiques. Les rejets étant très « dégradés » (environ 20°C), une rehausse des température est impérative pour leur valorisation ultérieure.

Les études (7) et (8) proposent deux solutions possibles :

- 1) Rehausse générale de la boucle d'eau par une PAC centralisée
- 2) Rehausse ponctuelle par unité de consommateur au moyen de PACs décentralisées

Une variante optionnelle pour améliorer les performances de récupération des rejets de chaleur serait de mettre en place un couple chaleur force (CCF) pour produire de l'électricité. Cette option nécessite l'utilisation de gaz de ville.

Les rejets de chaleur de ces trois entités s'élèvent à 25.2 GWh/an.

## **PAV sud**

Dans le périmètre sud, l'inventaire des activités a permis d'identifier une source potentielle majeure de rejets de chaleur : la Migros. A priori, aucune autre source importante de rejet thermique n'est présente.

Le centre Migros a des rejets thermiques inhérents à ses besoins importants de climatisation dans les locaux réfrigérés pour la manipulation des produits alimentaires. Une part importante de ces rejets thermiques sont réutilisées directement sur le site pour le chauffage de ses locaux.

Ainsi, le potentiel de valorisation des rejets thermiques de la Migros peuvent être estimés à 1.62 GWh en hiver et 3.24 GWh en été, soit environ 4.9 GWh/an.

## **Chaleurs ambiantes des tunnels CFF**

Dans le cadre du CET Surville, la faisabilité de mettre en place des échangeurs de chaleur au niveau du tunnel au nord-ouest du PAV a été évaluée : le gabarit réduit du tunnel ne permet pas de dégager suffisamment de place pour installer des échangeurs de chaleur.

Le tunnel du Bachet-Pesay au sud du périmètre présente un potentiel qui sera déjà exploité pour le quartier Chapelle-Les Sciers.

### **3.1.8 Opportunités liées à la mise en place de nouveaux quartier à proximité**

Le présent paragraphe porte sur l'identification des besoins de coordination et potentiels de synergie avec les nouveaux quartiers planifiés à proximité du périmètre PAV, représentés sur la figure 8.

#### **La Jonction (CET 2011-08 A, B et C)**

L'écoquartier de la Jonction « Carré-Vert » a fait l'objet de trois CET. Toutefois, les stratégies énergétiques retenues actuellement pour l'écoquartier diffèrent sensiblement de celles mises évidence dans les CET (option avec 100% de valorisation des eaux usées). Un concept de valorisation thermique de l'eau du Rhône (EDR) puis de l'eau du lac (Genilac à moyen terme) pour l'écoquartier puis pour le périmètre élargi (alimentation des bâtiments de l'Etat et de la Ville de Genève du quartier de la Jonction) est à l'étude. Selon les CET, l'horizon temporel de construction de l'écoquartier est fixé à 2016.

Les besoins de ce périmètre estimés à 69.5 GWh seront intégralement couverts par l'EDR avec relevage de température avec une PAC. Les toitures seront affectées au solaire photovoltaïque.

#### **SOVALP (CET 2011-17, 18 A, B et C)**

Les CET pour le quartier SOVALP prévoient la mise en place d'un réseau CAD avec pompes à chaleurs sur sondes géothermiques. L'idée est de réaliser un « stock » géothermique dans lequel les utilisateurs peuvent puiser de l'énergie pour répondre à leurs besoins de chaud, via des pompes à chaleur, ou leurs besoins de froid via géocooling, tout en visant une exploitation équilibrée et durable de la ressource géothermique. Un contrat global de « contracting énergétique » a été établi pour la mise en œuvre et l'exploitation à long terme du dispositif global.. A priori, pas ou peu d'excédents sont à valoriser pour le périmètre extérieur.

#### **Carouge-Arve (CET 2012-11) – Les Semailles – Palettes (CET 2011-36)**

Ces périmètres ne disposent pas de sources d'énergies renouvelables suffisantes pour répondre à leurs besoins, malgré des hypothèses de rénovation importantes. Il est donc impératif pour ces périmètres de créer des synergies avec les sites environnants, tels que le quartier du PAV

#### **Chapelle-les-Sciers (CET 2011-30)**

L'option choisie pour ce futur quartier est la mise en place d'une production centralisée alimentée en bois (50%), géothermie CEVA (10%) et gaz (40%). Aucun excédent de cette ressource n'est pas disponible pour d'autres quartiers en développement.

## Surville (CET 2013 – validation en cours)

Dans le périmètre de Surville, le CET suggère l'implantation de champs de sondes et de panneaux solaires pour répondre à son besoin en énergie thermique. Le quartier devrait auto-suffisant thermiquement : aucun excédent d'énergie disponibles pour d'autres quartiers n'est envisagé.

## 3.2 Etat des lieux des infrastructures

### 3.2.1 Réseau électrique

L'ensemble de la zone est desservie par le réseau électrique

### 3.2.2 Réseau de gaz

L'ensemble de la zone est desservie par un réseau de gaz.

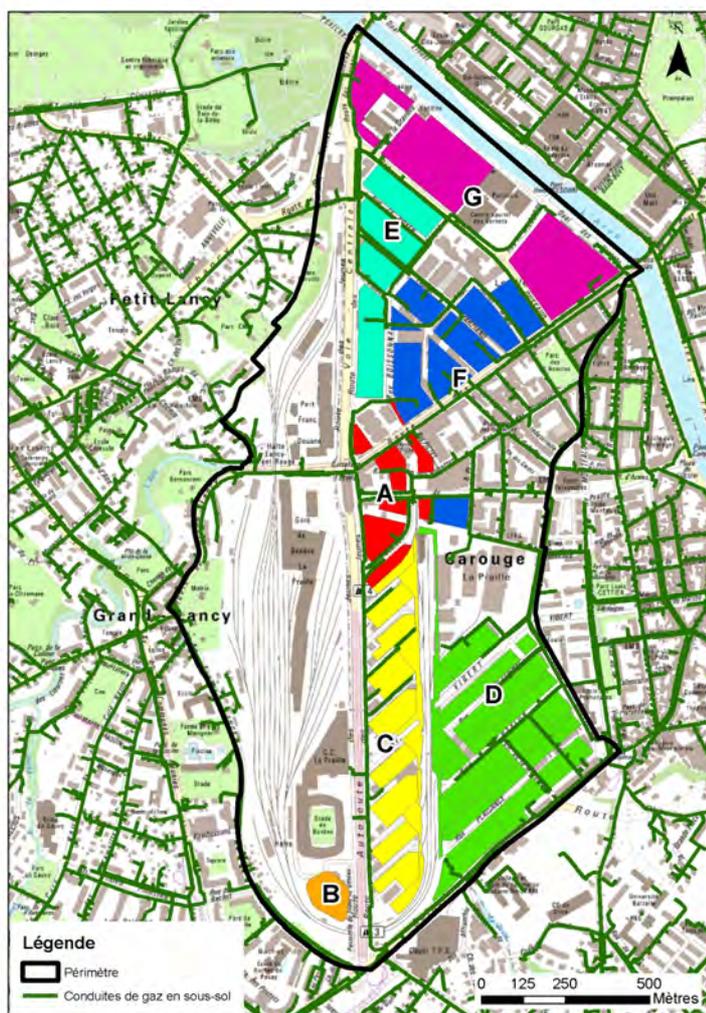


Figure 17 : Réseau de gaz du PAV

### 3.2.3 Réseaux de chauffage à distance

Aucun réseau de chauffage à distance important n'est présent à l'intérieur du périmètre PAV.

En ce qui concerne le périmètre d'influence, le seul réseau de chauffage à distance inventorié est celui des Tours de Carouge. Ce réseau de chaleur haute température est situé entre la rue du Centenaire et la rue Jacques-Grosselin. Une extension de ce réseau est prévue :

- Au sud, pour la maison Baylon (rue Baylon)
- Au nord, pour l'école des Pervenches (rue Louis De-Montfalcon)

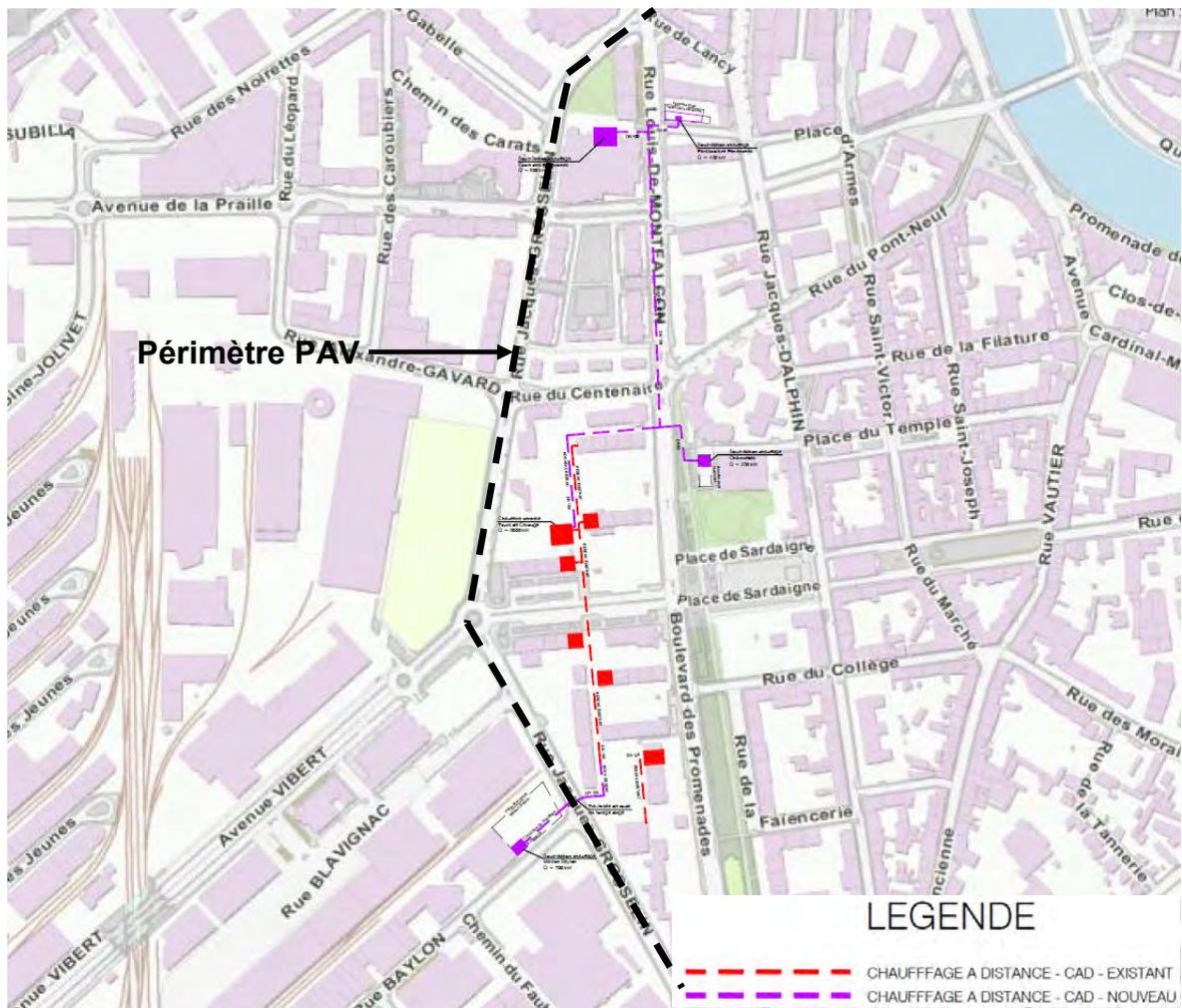


Figure 18 : Chauffage à distance des Tours de Carouge : réseau existant et projeté

## 3.2.4 Chaudières existantes

Le périmètre actuel est principalement alimenté par des ressources fossiles qui couvrent plus de 99% des besoins de chaleur existants du périmètre PAV. Les puissances totales des chaudières inventoriées par l'OCEN par secteur et par vecteur énergétique sont présentées dans le tableau 11 ci-après.

Secteur	Bois (MW)	Gaz (MW)	Mazout (MW)	Puissance totale par secteur
A	0.0	3.2	4.3	<b>7.5</b>
B	0.0	0.0	1.1	<b>1.1</b>
C	0.6	0.9	9.5	<b>11.0</b>
D	0.0	17.4	18.8	<b>36.3</b>
E	0.0	9.7	15.7	<b>25.4</b>
F	0.0	12.0	12.6	<b>24.7</b>
G	0.0	4.4	12.3	<b>16.7</b>
Puissance totale par vecteur énergétique	<b>0.6</b>	<b>47.8</b>	<b>74.4</b>	<b>122.7</b>

Tableau 11 : Puissance des chaudières du périmètre PAV par secteurs et par vecteurs énergétiques

Afin de considérer la valorisation des chaudières existantes dans le cadre de la transition énergétique du quartier vers un approvisionnement énergétique durable (l'amélioration des performances thermiques des bâtiments raccordés aux chaudières concernées permet de dégager un potentiel excédentaire pouvant être mis à disposition d'autres bâtiments), un inventaire des chaudières a été réalisé en considérant comme valeur seuil des centrales d'une puissance supérieure à 150 kW, soit une puissance permettant d'alimenter en ECS et chauffage une surface de 5'000 m<sup>2</sup> avec un standard HPE.

Ces chaudières, sont répertoriées dans le tableau 12 ci-après.

Secteur	nb de chaudière > 150 kW	Vecteur			Puissance totale MW
		Bois	Gaz	Mazout	
A	21	0	11	10	7.0
B	4	0	0	4	0.9
C	20	1	2	17	9.2
D	42	0	10	32	34.4
E	34	0	8	26	24.7
F	45	0	24	21	22.8
G	19	0	4	15	16.5
<b>Total</b>	<b>185</b>	<b>1</b>	<b>59</b>	<b>125</b>	<b>115.5</b>

Tableau 12 : Nombre de chaudières où puissance > 150 kW par secteur et par vecteur énergétique

### 3.3 Structure qualitative et quantitative des besoins énergétiques actuels et évolution future

#### 3.3.1 Besoins énergétiques actuels

Dans le cadre du groupement de planification énergétique PAVéne (étude (3)) pour le secteur Praille-Acacias-Vernets, une modélisation spatiale de la demande en énergie en 2008 a été faite sur la base des nouveaux secteurs de PAV définis par le Projet de Loi de Modification de zones d'après le plan n°29'712 (novembre 2008) et la configuration du périmètre PAV de 2008 issu du SITG.

Les principales hypothèses qui avaient été utilisées pour cette étude sont les suivantes :

- Le nombre de planchers :
  - La hauteur minimale d'un étage des bâtiments classés sous « industrie » est 4.25 m
  - La hauteur minimale d'un étage pour les autres bâtiments est 3 m
  - Lorsque la hauteur d'un bâtiment n'est pas connue on lui assigne un étage
- La surface de référence énergétique (SRE) correspond à la surface brute de plancher (SBP)
- Les affectations sont attribuées selon la nomenclature fournie par les SITG, conformément aux normes SIA (voir annexe A)

Les indices de dépense énergétiques par affectation ont été déterminées dans l'étude (3) et sont présentées dans le tableau ci-après.

Affectation	IDE Moyen CH & ECS [MJ/m <sup>2</sup> .an]	IDE Moyen Froid [MJ/m <sup>2</sup> .an]	IDE Moyen Electricité [MJ/m <sup>2</sup> .an]
Logement	515	0	194
Commerce	358	77	175
Administration	534	39	210
Industrie	499	0	500
Hôtellerie	431	29	139
Santé	617	42	337
Sport	801	0	270
Ecole	610	6	89
Autre	0	0	0

Tableau 13 : Valeur des IDE moyens actuels de chaleur, froid et électricité (Source : étude (3))

Dans le cadre du présent rapport, l'évaluation de la demande en énergie pour le secteur PAV a été recalculée sur la base des données actualisées du SITG (année de référence 2011) en reprenant les hypothèses énoncées précédemment pour le périmètre MZ du PAV.

La demande totale en énergie pour le périmètre restreint s'élève sur cette base à environ 395 GWh/an.

Demande en chaud (chauffage+ECS) [GWh/an]	Demande en froid [GWh/an]	Demande en électricité [GWh/an]
246	23	126

Tableau 14 : Demande actuelle en énergie (GWh/an)

La répartition de ces besoins (exprimés en GWh/an) par secteur dans le périmètre PAV est présentée dans le tableau ci-dessous :

	Besoins ECS&CH (GWh/an)	Besoins Froid (GWh/an)	Besoins électricité (GWh/an)	Besoins totaux en énergie (GWh/an)
Secteur A	18.3	2.4	9.0	29.7
Secteur B	1.1	0.2	0.6	2.0
Secteur C	25.1	3.0	15.0	43.1
Secteur D	61.1	7.5	35.7	104.3
Secteur E	25.9	3.2	14.8	43.9
Secteur F	48.1	3.8	27.0	79.0
Secteur G	65.1	2.3	23.6	91.1
Hors MZ	0.9	0.1	0.3	1.3
<b>Périmètre PAV</b>	<b>245.7</b>	<b>22.6</b>	<b>126.0</b>	<b>394.3</b>

Tableau 15 : Demande actuelle en énergie par secteur (GWh/an)

### 3.3.2 Besoins énergétiques futurs

Les surfaces brutes de plancher prises en compte pour l'évaluation des besoins futurs dans le périmètre du PDQPAV sont issues de l'image illustrative présentée au chapitre 1.3.1.1 (figure 3). Sur cette base, les surfaces de référence énergétique (SRE) équivalent aux surfaces brutes de plancher : à l'horizon de concrétisation du projet les SRE se présentent comme suit :

- Nouveaux bâtiments ou bâtiments rénovés : 1'816'900 m<sup>2</sup> (85%)
- Bâtiments existants non rénovés : 311'600 (15%)

#### Bâtiments existants non rénovés

Pour les bâtiments existants non mutés, la méthode de calcul pour l'évaluation des besoins de bâtiments existants non rénovés est celle utilisée au chapitre 3.3.1.

Le taux de rénovation appliqué est environ 1% par an. Ainsi, selon cette hypothèse, environ 20% des surfaces brutes de plancher des bâtiments existants auront fait l'objet d'un assainissement énergétique en 2035.

#### Bâtiments rénovés

Pour les SBP rénovées et assainies énergétiquement, le standard de consommation considéré pour l'évaluation des besoins énergétiques est le standard Haute Performance Energétique (HPE).

#### Nouveaux bâtiments

La forme des bâtiments a été estimée selon des formes-type par secteur :

- Secteur de l'Etoile (secteur A) : tours (L = 20 m, l = 20 m et H = 150 m)
- Secteur Praille-Ouest (secteur C) : halles d'activité (L = 60 m, l = 20 m et H = 15 m)
- Autres secteurs (activités et logements) : immeubles mixtes (L = 45 m, l = 15 m et H = 30 m)

Ainsi, les facteurs de forme adimensionnels calculés sont : 0.6 (secteur de l'Etoile), 2 (secteur Praille-Ouest) et 0.73 (autres secteurs).

Ces paramètres de base ayant été définis, le calcul des besoins de chaleur  $Q_{h,li}$  de l'ensemble des bâtiments du PDQ PAV a été effectué selon les chapitres 2.3.8 et 2.3.9 de la **norme SIA 380/1 :2009**, en prenant en compte les facteurs de correction relatifs à la température moyenne à Genève.

Dans le secteur C (Praille-Ouest), les volumes des halles d'activité dont l'implantation peut être présumée selon l'état actuel de planification, nécessitent un chauffage à HT soit pour le maintien hors gel soit pour garder un niveau de température admis à 18°C. Ainsi, les besoins en énergie thermique estimés pour ce secteur diffèrent des autres secteurs sur les plans quantitatifs et qualitatifs (nécessité de chauffer les halles de gros volumes avec une source HT. A ce stade de planification, les besoins thermiques de ces halles ont été estimées sur la base des hypothèses suivantes :

- 30% des SBP sont attribuées à des activités standards : le besoins de chauffage sont en basse température
- 70% des SBP constitue de grands volumes nécessitant un chauffage haute température dont la répartition a été admise comme suit : 20% pour le maintien hors gel et 50% pour le chauffage en HT pour le maintien d'une température à 18°C.

### Scénarios de consommation

Trois scénarios de consommation ont été considérés :

**Scénario A :** Les nouveaux bâtiments respectent les normes constructives fixées actuellement par le canton de Genève : 100% Haute Performance Energétique (HPE)

**Scénario B :** 20% des nouveaux bâtiments respecte le standard de Très Haute Performance Energétique (THPE) et 80% des nouveaux bâtiments respectent le standard HPE – les surfaces rénovées des bâtiments existants sont en HPE

**Scénario C :** 70% des nouveaux bâtiments respecte le standard de Très Haute Performance Energétique (THPE) et 30% des nouveaux bâtiments respectent le standard HPE – les surfaces rénovées des bâtiments existants sont en HPE

### **3.3.2.1 Besoins de chaleur**

Afin de respecter les exigences de **Haute Performance Energétique (HPE)** au sens de l'art. 15 al. 1 de la Loi sur l'énergie, les bâtiments du PDQ PAV devront être construits de manière à consommer au **maximum 80% des besoins de chaleur  $Q_{h,li}$**  définis par la norme SIA 380/1 :2009. Pour satisfaire les exigences de **Très Haute Performance Energétique (THPE)**, les bâtiments devront être construits de manière à consommer au **maximum 60% des besoins de chaleur  $Q_{h,li}$**  définis par la norme SIA 380/1 :2009.

Le calcul des besoins de chaleur pour le chauffage de l'ECS des nouveaux bâtiments a été réalisé selon le chapitre 4.3 de la norme SIA 380/1 :2009. Cette évaluation est valable pour le standard HPE et également pour le standard THPE.

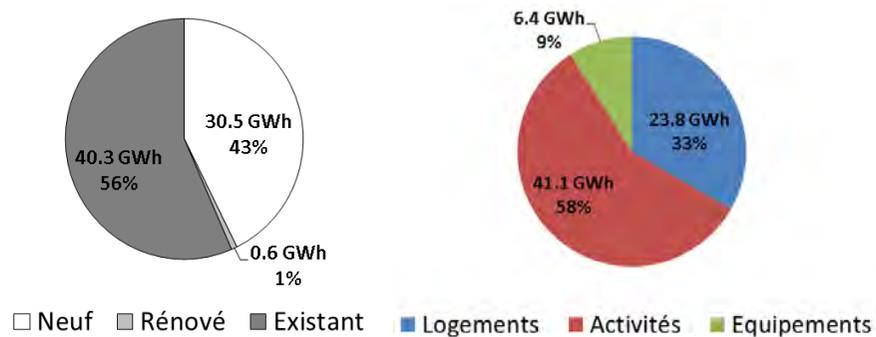
Les besoins de chaleur par secteur pour les trois scénarios de consommation considérés sont présentés au page suivantes (L : logements – A : activités – E :équipements) :

## Scénario A : Standard HPE pour l'ensemble des nouvelles constructions

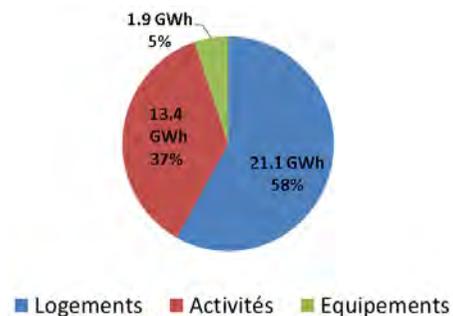
Scénario A	SBP (m²)									Besoins HT									Besoins BT						Total des besoins de chaleur
	Neuf			Rénové			Existant maintenu			Neuf			Rénové			Existant maintenu			Neuf			Rénové			
	L	A	E	L	A	E	L	A	E	L	A	E	L	A	E	L	A	E	L	A	E	L	A	E	
Secteur A	65'100	151'800	0	0	9'940	0	0	39'760	0	1.4	1.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	4.2	0.0	1.1	3.2	0.0	0.0	0.2	0.0	11.3
Secteur B	2'400	21'700	0	0	540	0	0	2'160	0	0.1	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8
Secteur C	14'200	127'400	0	0	26'540	0	0	106'160	0	0.3	3.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.5	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	6.5
Secteur D	312'700	134'000	17'800	0	10'480	180	0	41'920	720	6.5	0.9	0.1	0.0	0.2	0.0	0.0	11.8	0.0	5.9	3.1	0.7	0.0	0.6	0.0	29.8
Secteur E	183'600	78'700	0	0	20'000	0	0	80'000	0	3.8	0.5	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	6.0	0.1	3.4	1.8	0.0	0.0	0.2	0.0	16.1
Secteur F	254'500	63'600	11'100	0	0	8'280	0	0	33'120	5.3	0.4	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0	11.2	0.0	4.8	1.5	0.4	0.0	0.5	0.0	24.3
Secteur G	284'600	0	14'700	0	0	0	0	0	0	5.9	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	5.9	5.3	0.0	0.6	0.0	0.0	0.2	18.1
Hors MZ	0	0	0	1'580	300	20	6'320	1'200	80	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8
<b>Périmètre PAV</b>	<b>1'117'100</b>	<b>577'200</b>	<b>43'600</b>	<b>1'580</b>	<b>67'800</b>	<b>8'480</b>	<b>6'320</b>	<b>271'200</b>	<b>33'920</b>	<b>23.3</b>	<b>6.9</b>	<b>0.3</b>	<b>0.0</b>	<b>0.5</b>	<b>0.1</b>	<b>0.5</b>	<b>33.8</b>	<b>6.1</b>	<b>21.1</b>	<b>11.8</b>	<b>1.7</b>	<b>0.0</b>	<b>1.6</b>	<b>0.2</b>	<b>107.7</b>
		<b>1'737'900</b>			<b>77'860</b>			<b>311'440</b>						<b>0.6</b>			<b>40.3</b>			<b>34.6</b>				<b>1.8</b>	

Pour le scénario A, les besoins de chaleur sont :

- **Chaud HT : 71.4 GWh/an**



- **Chaud BT : 36.3 GWh/an**

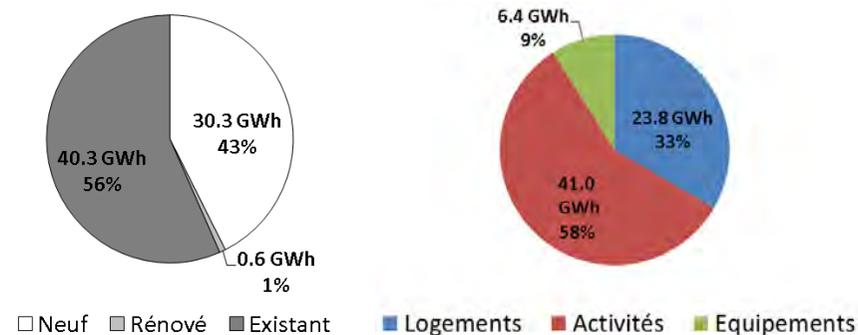


## Scénario B : Standard HPE pour 80% des nouvelles constructions et THPE pour 20% des nouvelles constructions

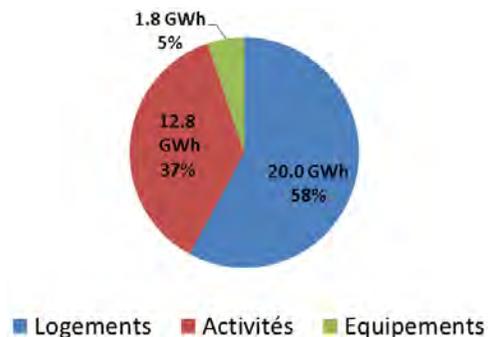
Scénario B	SBP (m²)									Besoins HT									Besoins BT						Total des besoins de chaleur
	Neuf			Rénové			Existant maintenu			Neuf			Rénové			Existant maintenu			Neuf			Rénové			
	L	A	E	L	A	E	L	A	E	L	A	E	L	A	E	L	A	E	L	A	E	L	A	E	
Secteur A	65'100	151'800	0	0	9'940	0	0	39'760	0	1.4	1.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	4.2	0.0	1.1	3.1	0.0	0.0	0.2	0.0	11.1
Secteur B	2'400	21'700	0	0	540	0	0	2'160	0	0.1	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7
Secteur C	14'200	127'400	0	0	26'540	0	0	106'160	0	0.3	3.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.5	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	6.3
Secteur D	312'700	134'000	17'800	0	10'480	180	0	41'920	720	6.5	0.9	0.1	0.0	0.2	0.0	0.0	11.8	0.0	5.6	3.0	0.7	0.0	0.6	0.0	29.3
Secteur E	183'600	78'700	0	0	20'000	0	0	80'000	0	3.8	0.5	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	6.0	0.1	3.3	1.7	0.0	0.0	0.2	0.0	15.8
Secteur F	254'500	63'600	11'100	0	0	8'280	0	0	33'120	5.3	0.4	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0	11.2	0.0	4.5	1.4	0.4	0.0	0.5	0.0	24.0
Secteur G	284'600	0	14'700	0	0	0	0	0	0	5.9	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	5.9	5.1	0.0	0.5	0.0	0.0	0.2	17.8
Hors MZ	0	0	0	1'580	300	20	6'320	1'200	80	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8
Périmètre PAV	1'117'100	577'200	43'600	1'580	67'800	8'480	6'320	271'200	33'920	23.3	6.8	0.3	0.0	0.5	0.1	0.5	33.8	6.1	20.0	11.2	1.6	0.0	1.6	0.2	105.8
		1'737'900			77'860			311'440		30.3				0.6		40.3		32.8		1.8					

Pour le scénario B, les besoins de chaleur sont :

- Chaud HT : 71.2 GWh/an



- Chaud BT : 34.6 GWh/an

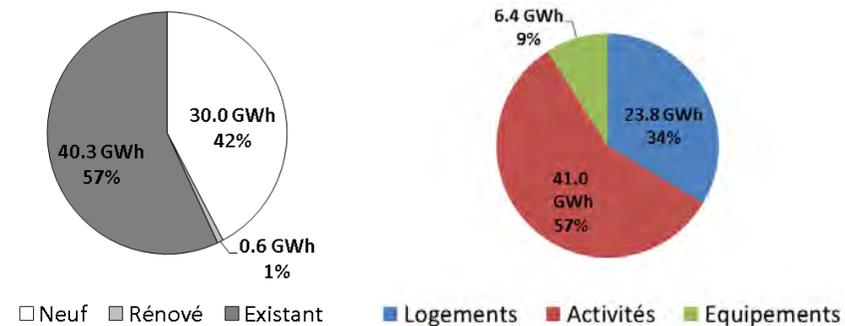


## Scénario C : Standard HPE pour 30% des nouvelles constructions et THPE pour 70% des nouvelles constructions

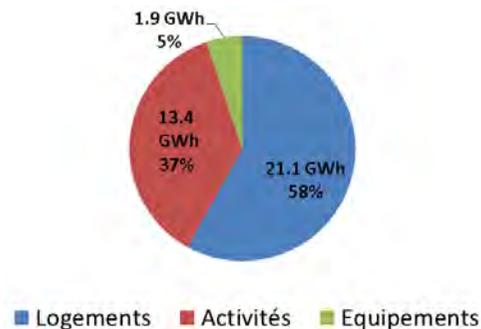
Scénario C	SBP (m <sup>2</sup> )									Besoins HT									Besoins BT						Total des besoins de chaleur
	Neuf			Rénové			Existant maintenu			Neuf			Rénové			Existant maintenu			Neuf			Rénové			
	L	A	E	L	A	E	L	A	E	L	A	E	L	A	E	L	A	E	L	A	E	L	A	E	
Secteur A	65'100	151'800	0	0	9'940	0	0	39'760	0	1.4	1.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	4.2	0.0	0.9	2.7	0.0	0.0	0.2	0.0	10.5
Secteur B	2'400	21'700	0	0	540	0	0	2'160	0	0.1	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7
Secteur C	14'200	127'400	0	0	26'540	0	0	106'160	0	0.3	3.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.4	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	5.7
Secteur D	312'700	134'000	17'800	0	10'480	180	0	41'920	720	6.5	0.9	0.1	0.0	0.2	0.0	0.0	11.8	0.0	4.8	2.6	0.6	0.0	0.6	0.0	28.1
Secteur E	183'600	78'700	0	0	20'000	0	0	80'000	0	3.8	0.5	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	6.0	0.1	2.8	1.5	0.0	0.0	0.2	0.0	15.2
Secteur F	254'500	63'600	11'100	0	0	8'280	0	0	33'120	5.3	0.4	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0	11.2	0.0	3.9	1.2	0.4	0.0	0.5	0.0	23.2
Secteur G	284'600	0	14'700	0	0	0	0	0	0	5.9	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	5.9	4.4	0.0	0.5	0.0	0.0	0.2	17.1
Hors MZ	0	0	0	1'580	300	20	6'320	1'200	80	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8
Périmètre PAV	1'117'100	577'200	43'600	1'580	67'800	8'480	6'320	271'200	33'920	23.3	6.4	0.3	0.0	0.5	0.1	0.5	33.8	6.1	17.4	9.7	1.4	0.0	1.6	0.2	101.2
		1'737'900			77'860			311'440		30.0				0.6		40.3		28.5		1.8					

Pour le scénario C, les besoins de chaleur sont :

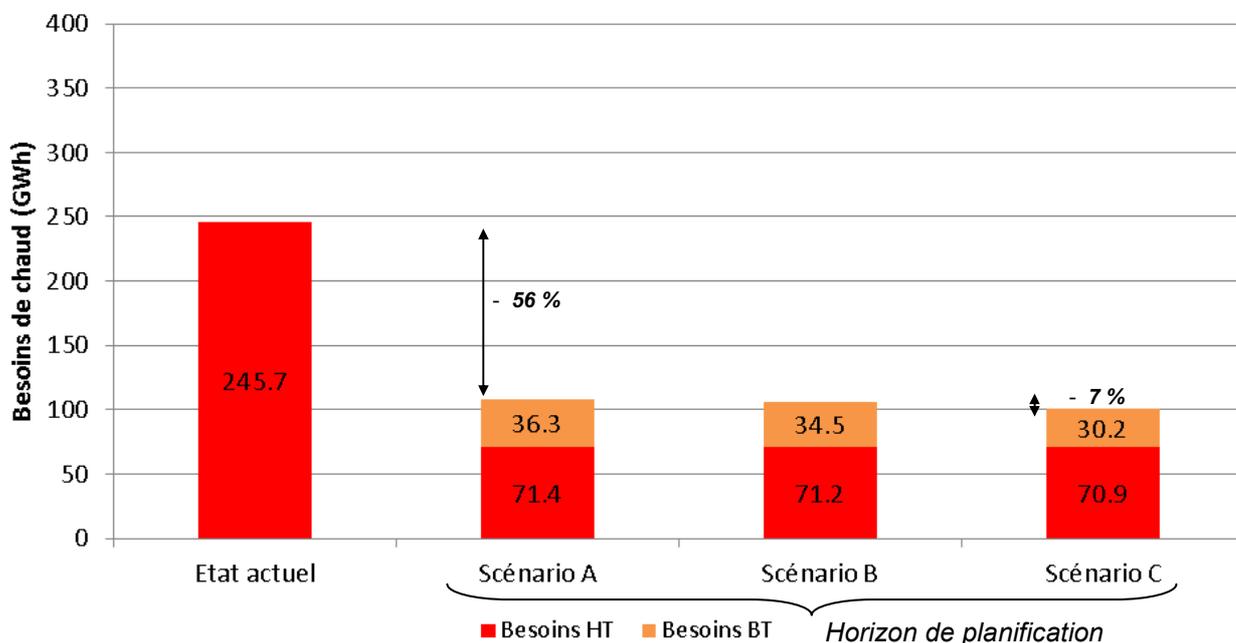
- **Chaud HT : 70.9 GWh/an**



- **Chaud BT : 30.3 GWh/an**

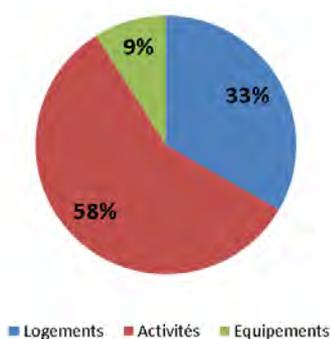


Le graphique ci-dessous présente la synthèse des besoins en chaleur du périmètre PAV pour l'état actuel et l'état futur planifié avec les 3 scénarios considérés :



Les besoins de chaleur (HT et BT) pour le chauffage et l'ECS s'élèvent à environ 108 GWh/an pour le Scénario A, soit une diminution de plus de 56% par rapport à l'état actuel (figure 19). En augmentant la proportion de nouvelles constructions avec le standard THPE, les besoins de chaud diminuent d'environ 7% (Scénario C : 70% THPE et 30 % HPE).

A l'état futur planifié, 60% des besoins de chaud sont liés aux activités sur le PAV bien qu'elles ne représentent que 40% des SBP.



Comme le montre la figure 21, les besoins thermiques haute température sont principalement issus des bâtiments existants non assainis, bien que leur proportion de SBP à chauffer ne représente que 15% de la SBP totale.

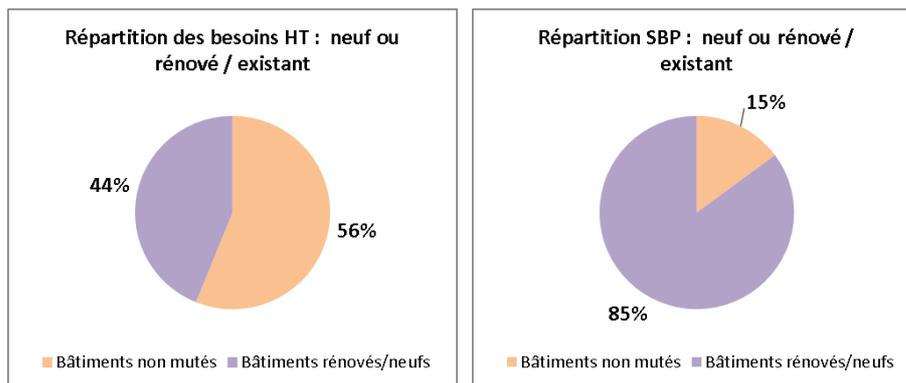


Figure 21 : Besoins HT en fonction de l'âge du bâti

### 3.3.2.2 Besoins de froid

Les caractéristiques architecturales et les affectations précises des futurs bâtiments du PDQ PAV n'étant pas connues à ce stade de planification, une évaluation simplifiée des besoins de refroidissement a été effectuée sur la base des hypothèses suivantes :

- Nouveaux logements : pas de besoins de refroidissement
- Nouvelles activités : Puissance moyenne spécifique 50 W/m<sup>2</sup>, 1000 heures de refroidissement par année

Sur cette base, le besoin de refroidissement potentiel du PDQ PAV est évalué à 28.9 GWh/an pour les nouveaux bâtiments et 5.6 GWh/an pour les bâtiments existants non rénovés, soit un **total de 34.5 GWh/an**.

Le détail par secteur est présenté dans le tableau ci-après.

	Besoins froid activités (fr) [GWh/an]
Secteur A	8.6
Secteur B	1.1
Secteur C	6.4
Secteur D	9.2
Secteur E	4.4
Secteur F	4.4
Secteur G	0.3
Hors MZ	0.1
<b>Périmètre PAV</b>	<b>34.5</b>

Tableau 16 : Besoins futurs en froid

Rappelons que les besoins de froid du PDQ Praille-Acacias-Vernets devront faire l'objet à un stade ultérieur d'une justification au sens de la norme SIA 382/1, et les exigences constructives minimales définies par cette norme devront être respectées au préalable de toute demande d'autorisation d'installation de refroidissement.

### 3.3.2.3 Besoins en électricité

Les besoins en électricité du PDQ Praille-Acacias-Vernets ont été estimés à ce stade sur les valeurs cibles relatives à la demande globale en énergie définies par la **norme SIA 380/4** pour la ventilation/climatisation et l'éclairage.

Les besoins en électricité (éclairage, ventilation et équipements) pour les nouveaux bâtiments sont les suivants :

- 30.7 kWh/m<sup>2</sup> pour les logements
- 28 kWh/m<sup>2</sup> pour les activités

Les besoins totaux en électricité du PDQ Praille-Acacias-Vernets s'élèvent à env. 51.7 GWh/an pour les nouvelles surfaces d'urbanisation et 21.1 GWh pour les bâtiments non mutés, soit un **besoin total en électricité de 72.8 GWh/an**.

	Besoins d'électricité [GWh/an]
Secteur A	8.8
Secteur B	0.7
Secteur C	4.1
Secteur D	20.0
Secteur E	12.4
Secteur F	15.0
Secteur G	11.5
Hors MZ	0.3
<b>Périmètre PAV</b>	<b>72.8</b>

Tableau 17 : Besoins futurs en électricité

### 3.3.2.4 Pourcentage minimal d'approvisionnement en énergies renouvelables

La construction de bâtiments au standard HPE implique le respect de deux exigences quant au pourcentage minimum d'approvisionnement énergétique par des sources renouvelables, stipulées dans l'art. 12B al 2 let. b du REn et l'art 15 al 2 de la Len :

- « La part d'énergie non renouvelable pour couvrir les besoins de chauffage et d'eau chaude sanitaire est inférieure ou égale à 60% des besoins admissibles de chaleur définis par la norme SIA 380/1 » art 12B al 2 let b REn
- « Tout nouveau bâtiment ou toute extension d'un bâtiment existant sont en principe équipés de capteurs solaires thermiques, lesquels couvrent au minimum 30% des besoins de chaleur admissibles pour l'eau chaude sanitaire. Le règlement prévoit des exceptions, notamment lorsque ces besoins sont couverts par d'autres énergies renouvelables, ou en cas de toiture mal orientée, de locaux inoccupés pendant l'été ou de faible besoin en eau chaude sanitaire en raison notamment de l'affectation de l'immeuble. ».art. 15 al 2 Len

Pour le standard THPE, la part d'énergie non renouvelable doit être inférieure ou égale à 50%.

En prenant en compte ces éléments, le calcul de la **part minimale d'énergies renouvelables pour les bâtiments neufs et rénovés du PDQ Praille-Acacias-Vernets** est donné dans le tableau ci-après pour les trois scénarios de consommation considérés.

	Part maximale d'énergie non renouvelable (GWh/an)			Part minimale d'énergie renouvelable (GWh/an)			Part minimale d'énergie renouvelable (%)		
	Scénario A	Scénario B	Scénario C	Scénario A	Scénario B	Scénario C	Scénario A	Scénario B	Scénario C
Secteur A	4.9	4.6	3.9	2.1	2.2	2.4	30%	32%	38%
Secteur B	0.5	0.5	0.4	0.2	0.2	0.2	29%	32%	38%
Secteur C	4.1	3.8	3.1	2.2	2.2	2.3	35%	37%	42%
Secteur D	12.5	11.7	10.0	5.6	5.8	6.4	31%	33%	39%
Secteur E	6.8	6.4	5.5	3.1	3.3	3.6	31%	34%	40%
Secteur F	9.0	8.5	7.2	4.1	4.3	4.7	31%	34%	39%
Secteur G	8.3	7.8	6.6	3.9	4.1	4.5	32%	35%	41%
Hors MZ	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	-	-	-
<b>Périmètre PAV</b>	<b>46.2</b>	<b>43.4</b>	<b>36.7</b>	<b>21.2</b>	<b>22.2</b>	<b>24.1</b>	<b>31%</b>	<b>34%</b>	<b>40%</b>

Tableau 18 : Pourcentage minimal d'approvisionnement en énergie renouvelable selon le scénario de consommation

### 3.4 Synthèse de l'état des lieux : adéquation entre les besoins et les ressources

A partir de l'inventaire des ressources renouvelables et locales dressé au chapitre 3.1 et de l'estimation des besoins établie au chapitre 3.3 un bilan global de l'adéquation entre ressources et besoins peut être établi à l'échelle de l'ensemble du périmètre PAV à l'horizon de planification considéré.

La figure 22 ci-dessous présente de manière synthétique l'ensemble des besoins en énergie du périmètre PAV à l'horizon de planification (besoins en chaleur estimés selon le scénario A)

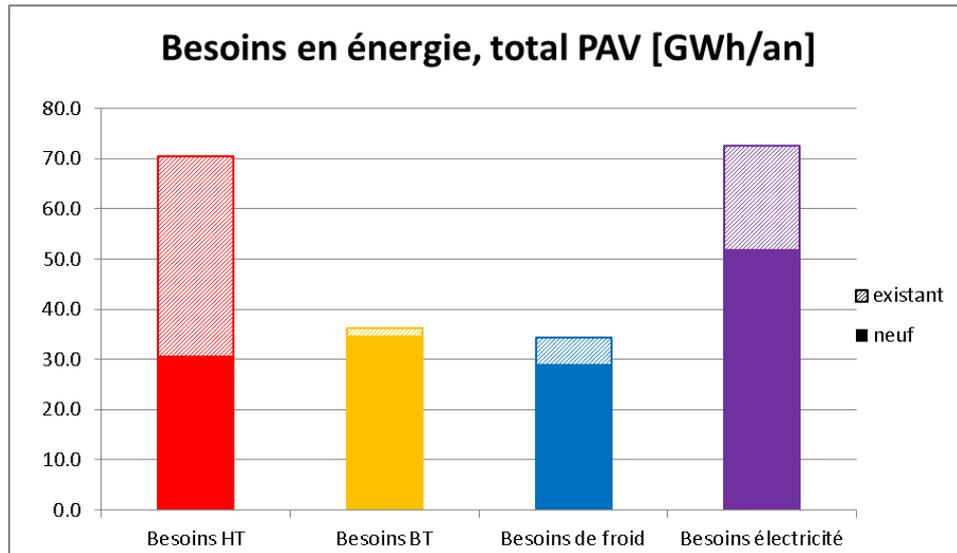


Figure 22 : Besoins en énergie total sur le PAV (Scénario 1)

La synthèse des disponibilités en ressources en énergie renouvelable et locale établie au chapitre 3.1 est résumé sur la figure 23 ci-dessous :

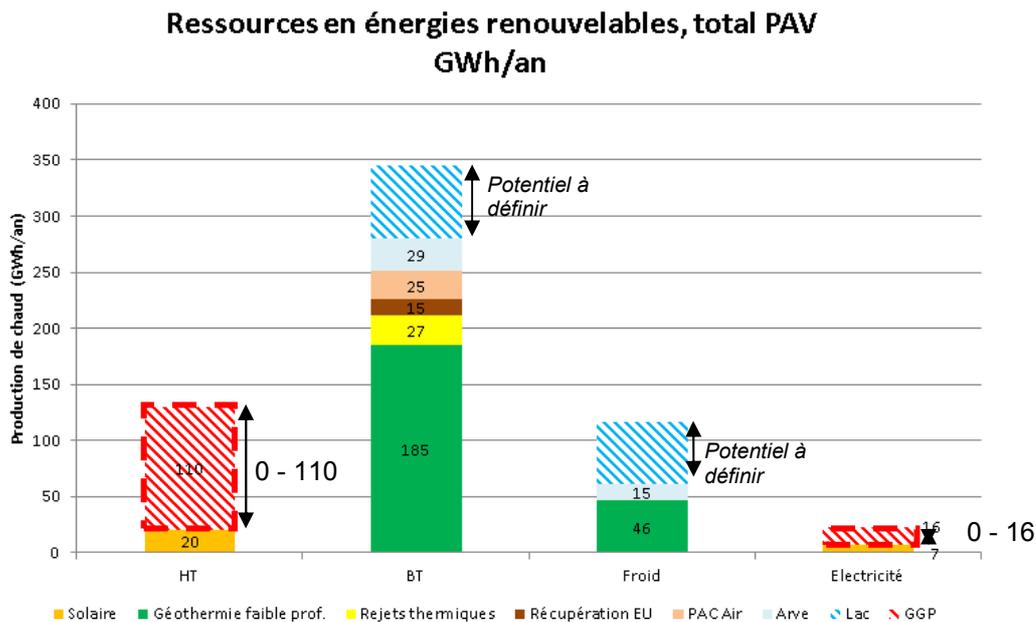


Figure 23 : Résumé des ressources en énergie renouvelables présentes sur le PAV (GWh/an)

Ce graphique met en évidence l'important potentiel en ressources énergétiques renouvelables disponible à l'échelle du PAV, particulièrement en ce qui concerne la chaleur BT (250 GWh/an) et le froid (30 GWh/an). La géothermie basse température s'avère être la ressource prépondérante.

Le potentiel en ressources directement valorisables pour la production de chaleur HT et d'électricité est plus limité. Il repose sur le potentiel solaire et sur la potentialité, qui doit encore être confirmée, de l'exploitation de la géothermie grande profondeur sur le périmètre PAV. Au stade de la présente étude, le potentiel de production lié à la géothermie grande profondeur est indiqué en traitillé avec la production indicative liée à une centrale, basée sur des installations similaires en exploitation.

Le bilan entre besoins en énergie à l'horizon de planification (scénario A) et ressources renouvelables disponibles fait l'objet de la figure 24 et du tableau 19 ci-dessous :

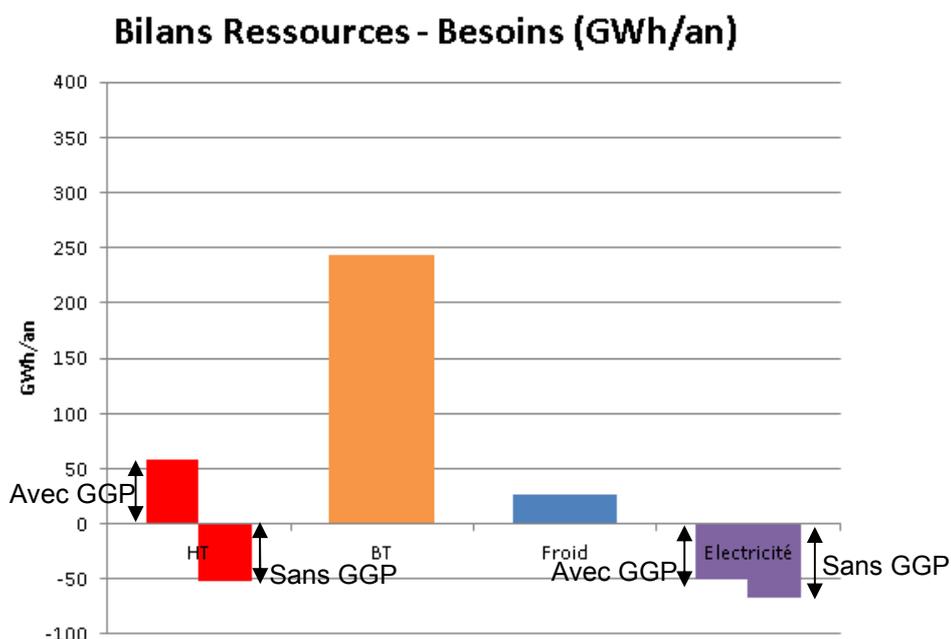


Figure 24 : Bilan Ressources/Besoins (Scénario A)

Besoins d'énergie du PDQ PAV	Solaire	Géothermie faible profondeur	Rejets thermiques	Récupération EU	PAC Air	Arve	Lac	Géothermie grande profondeur
Chaleur pour le chauffage (BT) [GWh/an]	36.3	185	30	15	25	29	A définir	
Chaleur pour l'ECS et le chauffage du bâti existant (HT) [GWh/an]	71.4	19.8						0-110
Refroidissement [GWh/an]	34.5	46				15	A définir	
Electricité [GWh/an]	72.8	6.6						0-16

Tableau 19 : Récapitulatif des ordres de grandeurs offres/besoins

La figure 25 ci-dessous présente le même type de bilan en ne considérant pour le volet « ressources », uniquement le potentiel lié à la géothermie faible profondeur et au solaire, soit des ressources présentes de manière « diffuse » sur l'ensemble ou la quasi totalité du périmètre PAV :

## Bilans Ressources (solaire et géothermie) - Besoins (GWh/an)

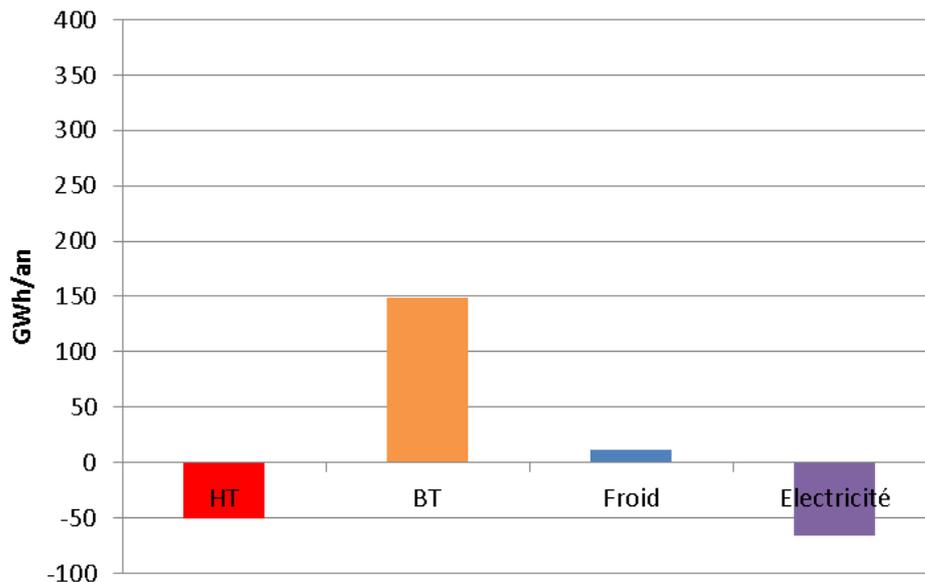


Figure 25 : Bilan Ressources locales diffuses (solaire et géothermie faible profondeur)/Besoins (Scénario A)

Ces bilans permettent d'établir les constats suivants :

- Le potentiel de production d'énergie renouvelable sur le site et dans le périmètre élargi est largement supérieur aux besoins de chaleur BT et de froid du PDQPAV. Les besoins en chaleur BT et en froid peuvent même être intégralement couverts par la seule mise à contribution de la géothermie faible profondeur à l'échelle du périmètre PAV, selon les bases de calcul considérées.
- Les besoins de chaud HT et d'électricité sont supérieurs au potentiel de production sur le site et dans le périmètre élargi : des déficits de respectivement 51 GWh/an et 66 GWh/an doivent être comblés par d'autres ressources que le solaire. En effet cette ressource ne satisfait que 28% des besoins de chaud HT et 10% des besoins en électricité.

Dans le cas où la faisabilité de la GGP sur le périmètre du PAV serait confirmée, la mise à contribution de cette ressource permettrait de couvrir intégralement les besoins en chaleur HT du périmètre PAV et probablement de dégager un excédent pouvant être mis à disposition des périmètres environnants. La mise en œuvre de la GGP permettrait également de générer une production d'électricité locale potentiellement significative.

Ces constats confirment l'importance stratégique que revêt le potentiel de production de la géothermie grande profondeur pour le périmètre PAV et la nécessité de réserver les emprises nécessaires à la mise en œuvre des installations de forage jusqu'à ce que la faisabilité de cette option ait été définitivement évaluée (horizon 2020).

La figure 26 ci-après présente le bilan Ressources (géothermie faible profondeur)/Besoins par secteur du PAV. Les déficits de chaleur haute température et d'électricité est une problématique qui se généralise sur tout le périmètre. Pour le secteur B (« Camembert ») situé dans la zone d'interdiction d'implantation de sondes géothermiques, des déficits de chaleur BT et de froid peuvent être relevés.

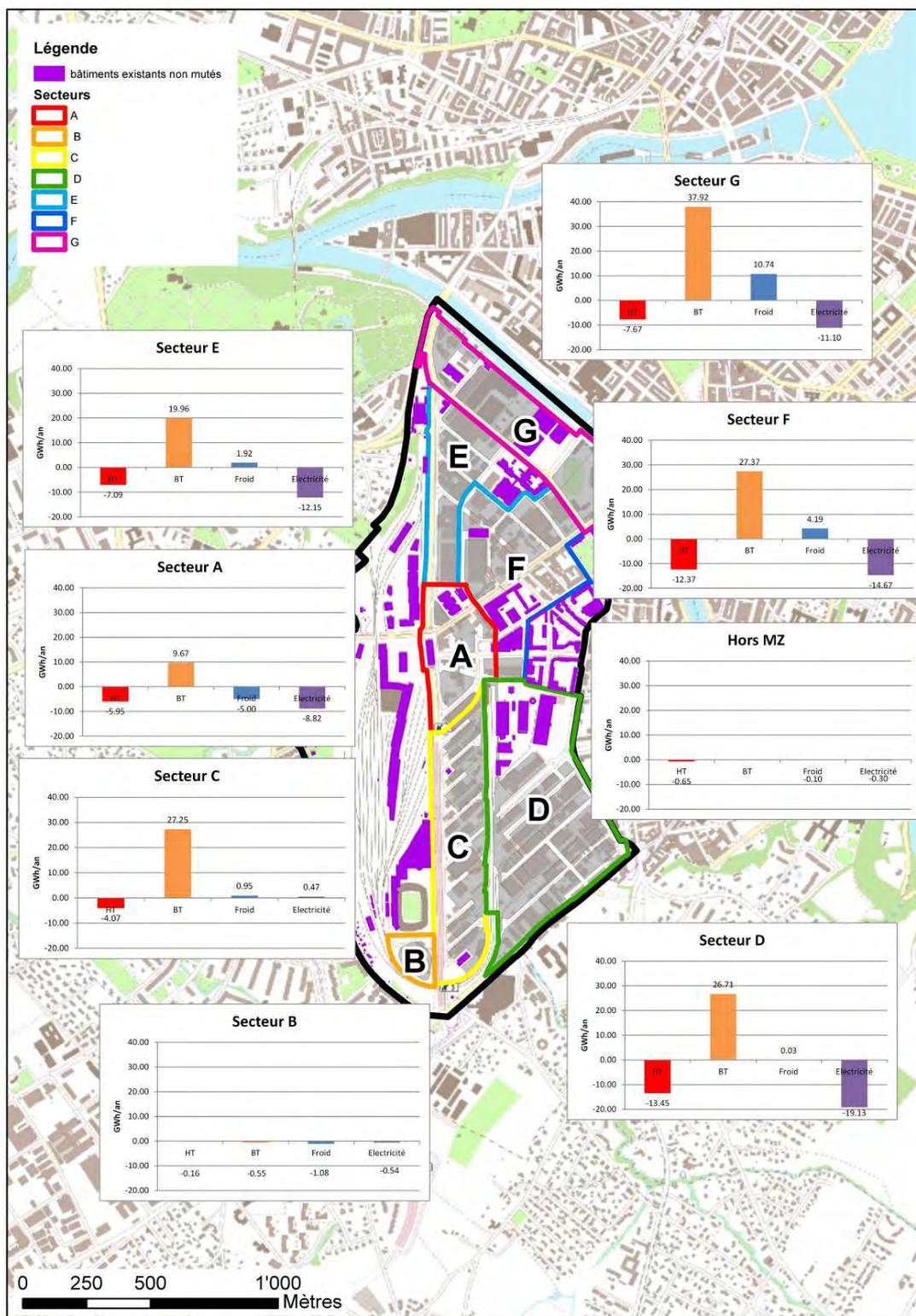


Figure 26 : Bilan Ressources (géothermie faible profondeur et solaire) – besoins : par secteur

### 3.5 Acteurs concernés et leur rôle

Les différentes stratégies proposées nécessitent l'implication de différents acteurs, ainsi que pour certaines la mise en œuvre de mesures conservatoires ou transitoires. La synthèse des acteurs impliqués dans les différentes stratégies proposées, ainsi que leurs rôles et les mesures conservatoires ou transitoires identifiées sont présentées dans le tableau ci-après :

Acteurs	Rôle
<b>PLANIFICATION DIRECTRICE (PDQPAV)</b>	
DU – Office de l'urbanisme	Intégration des éléments dans le PDQPAV : <ul style="list-style-type: none"> <li>- réservation d'emprises pour les centrales ;</li> <li>- principes de planification et mesures conservatoires réseaux ;</li> <li>- principes aménagement entités urbaines</li> </ul>
DS - OCEN	Assistance à la DU pour l'intégration des éléments dans le PDQPAV Validation CET
Villes de Genève, Carouge et Lancy	Vérification de l'adéquation des principes du CET avec la planification directrice communale
<b>PLANIFICATION LOCALISEE (PLQ ;CONCOURS) ET PLANIFICATION OPERATIONNELLE DES INFRASTRUCTURES MAJEURES A METTRE EN ŒUVRE A L'INTERIEUR DU PERIMETRE PAV</b>	
DU – Office de l'urbanisme	Intégration des réseaux et des emprises dans la planification localisée Concrétisation des principes d'aménagement
DS - OCEN	Coordination et supervision de la planification des réseaux et des infrastructures énergétiques Vérification de l'adéquation des CET localisés et des CEB (Concept énergétique de bâtiment) aux principes globaux du CET PAV
DIME - Direction du Génie civil Villes de Genève, Carouge et Lancy	Intégration et coordination de la mise en œuvre de réseaux et d'infrastructures sur les espaces publics respectifs
SIG	Valorisation, intégration et développement infrastructures existantes dans le cadre processus de mutation urbaine Concrétisation de l'opportunité mise en œuvre d'une centrale GGP
Contracteurs énergétiques	Positionnement et réponse aux appels d'offres relatifs à la fourniture de prestations énergétiques à l'échelle du périmètre PAV ou de sous-périmètres
Constructeurs privés	Intégration des objectifs et des principes du CET PAV dans les programmes d'urbanisation concernés Conception d'infrastructures et mise en consultation des prestations énergétiques en cohérence avec le concept global

<b>CONCEPTION ET MISE EN ŒUVRE DES ENTITES URBAINES</b>	
DU – Office de l’urbanisme / Office autorisations de construire	Vérification du respect des exigences définies
DS - OCEN	Vérification de la conformité des CEB aux orientations et principes définis dans le CET
DIME - Direction du Génie civil Villes de Genève, Carouge et Lancy	Mise en œuvre des réseaux et d’infrastructures sur les espaces publics respectifs afin de favoriser également la transition énergétique sur le périmètre élargi
SIG	Développement d’infrastructures existantes dans le cadre du processus de mutation urbaine Mise en œuvre d’une centrale GGP en cas de faisabilité confirmée
Contracteurs énergétiques	Mise en œuvre et exploitation d’infrastructures énergétiques concernées. Fourniture de prestations énergétiques à l’échelle du périmètre PAV ou de sous-périmètres
Constructeurs privés	Intégration des objectifs et principes du CET PAV dans les programmes d’urbanisation concernés Conception infrastructures et mise en consultation des prestations énergétiques en cohérence avec le concept global

## 4. Propositions et analyse de stratégies énergétiques locales

### 4.1 Choix des stratégies énergétiques locales

Les principes et éléments suivant ont été formalisés dans le cadre du CET du PDQPAV :

1. Le rôle stratégique du périmètre PAV pour l’approvisionnement énergétique durable du périmètre élargi (cœur urbain de Genève)
2. La définition des principes d’approvisionnement et d’utilisation rationnelle de l’énergie pour le périmètre PAV et des règles concrètes qui en découlent pour l’aménagement des différents périmètres :
  - Configuration de l’urbanisation
  - Équipement du sous-sol
  - Principes d’aménagement des toitures et des façades
  - Principes de raccordabilité aux réseaux de chaque îlot à urbaniser
  - Principes et règles minimales à respecter en matière de principes d’aménagement et de performances thermiques des bâtiments
3. Définition des conditions cadre permettant d’intégrer dans des conditions favorables les infrastructures énergétiques nécessaires à l’approvisionnement durable du périmètre (réseaux/emprises pour stations de production : éléments à planifier) et mesures conservatoires à intégrer à l’échelle du périmètre PAV (et des sous-périmètres) yc organisation des acteurs

Les stratégies à élaborer doivent répondre de manière optimale aux 3 enjeux suivants :

1. Garantir l’utilisation rationnelle de l’énergie et optimiser l’efficacité énergétique à l’échelle de l’ensemble du périmètre PAV tout au long du processus de mutation urbaine.
2. Assurer l’accès et la valorisation optimale des ressources « basse température » au cours des différentes étapes du processus de mutation urbaine du périmètre PAV afin que les excédents disponibles soient mis à disposition de la transition énergétique du périmètre élargi
3. Assurer la satisfaction des besoins en chaleur « haute température » au moyen d’une valorisation optimale des ressources disponibles localement (solaire ; géothermie grande profondeur à moyen terme en cas de faisabilité confirmée) et de la mise à contribution, en cas de nécessité, des autres ressources disponibles en optimisant leur bilan environnemental et économique.

Le tableau de la page suivante présente une synthèse à l’échelle du périmètre du PAV, des besoins à l’horizon de planification en chaleur haute température, chaleur basse température, froid et électricité, des stratégies d’approvisionnement disponibles compte tenu des ressources locales et des interactions à développer avec le périmètre élargi.

Besoins à satisfaire périmètre PDQPAV	Principes d'approvisionnement du périmètre PAV avec valorisation optimale des ressources locales	Interactions à développer avec le périmètre élargi
<p>Chaleur BT</p> <p><u>36.3 GWh/an</u></p>	<p>Besoins assurés par les ressources locales diffuses (géothermie faible profondeur) : <b>excédent important 148 GWh/an</b></p> <p><b>Options :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Géothermie faible profondeur (exc. 148 GWh/an)</li> <li>- Arve (déf. 7 GWh/an)</li> <li>- Rejet thermiques (déf. 9 GWh/an)</li> <li>- Eaux usées (déf. 22 GWh/an)</li> </ul> <p>Si ces trois ressources sont utilisées simultanément : exc. 34 GWh/an</p>	<p>Possibilité de valoriser important excédent de chaud BT dans le périmètre élargi</p> <p>Opportunité d'amener des sources BT extérieures : <b>pas avéré</b></p>
<p>Chaleur HT</p> <p><u>71.4 GWh/an</u></p>	<p>Besoins non assurés par les ressources locales diffuses (solaire thermique) : <b>déficit important 51.4 GWh/an</b></p> <p><b>Options :</b></p> <p><b>Phase transitoire :</b> valorisation des centrales thermiques existantes</p> <p><b>A l'horizon de planification 2035 :</b></p> <p>A) Mise en œuvre CCF alimentée par Géothermie Grande Profondeur (GGP) : uniquement si faisabilité confirmée à terme de la 3ème étape du programme GEothermie 2020 : la mise en œuvre d'une telle installation : excédent d'environ 19 GWh/an</p> <p>B) Valoriser ressources BT en HT</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Géothermie faible profondeur</li> <li>■ Genilac</li> </ul> <p>C) Valorisation optimisée du fossile (CCF) :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ CCF uniquement les bâtiments existants (gros consommateurs : besoins 40.9 GWh/an = 57% des besoins HT et 38 % des besoins de chaleur) – bâtiments futurs géothermie (besoins 30.5 GWh/an) (déficit secteur B)</li> <li>■ CCF : tous déficits HT avec CCF (soit 48% des besoins de chaleur en fossile)</li> </ul>	<p>Opportunité de valoriser des excédents HT dans le périmètre élargi</p>
<p>Froid</p> <p><u>34.5 GWh/an</u></p>	<p>Besoins assurés par les ressources locales diffuses (géothermie faible profondeur) : <b>excédent 12 GWh/an</b></p> <p><i>Déficit dans les secteurs A et B nécessité d'interconnecter les secteurs</i></p> <p><b>Options :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Géothermie faible profondeur (exc. 12 GWh/an)</li> <li>b. Arve (déf. 19 GWh/an)</li> </ul>	<p>Possibilité de valoriser important excédent de froid dans le périmètre élargi</p> <p>Opportunité d'amener des sources froides extérieures : <b>pas avéré</b></p>
<p>Besoins électriques (exc. fonctionnement PAC)</p> <p><u>72.8 GWh/an</u></p>	<p>Besoins non assurés par les ressources locales diffuses (solaire photovoltaïque) : <b>déficit important 66.3 GWh/an</b></p> <p><b>Options :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a. CCF dimensionnée pour couvrir tout le déficit HT du PDQPAV : couvre 56% des besoins électriques du PAV (hors fonctionnement PAC)</li> <li>b. Si faisabilité confirmée : la GGP combinée au solaire photovoltaïque permettrait de couvrir 27% des besoins électriques du PAV</li> </ul>	<p>35 à 90 % des besoins assurés depuis l'extérieur du périmètre</p>

Tableau 20 : Résumé des besoins, des ressources et des interactions avec le périmètre élargi

## 4.2 Stratégies pour l’approvisionnement en chaleur BT et en froid

Le tableau ci-après présente une caractérisation des différentes ressources BT disponibles dans le périmètre PAV en vue de définir les principes à appliquer pour garantir leur valorisation optimale :

Ressources	Géothermie faible profondeur	Rejets thermiques	Arve	Récupération de chaleur des eaux usées
Potentiel ramené aux besoins BT du PAV	Largement supérieur aux besoins (froid et chaleur BT) >> 100%	Couvre environ 70% des besoins de chaud BT – occurrence rejets ne coïncide pas avec besoins max. en chaleur / ne répond pas aux besoins de froid	Couvre environ 80% des besoins de chaud BT et des besoins de froid	Couvre 40% des besoins en BT / ne répond pas aux besoins de froid
Pérennité	Ressource pérenne moyennant un mode d’exploitation durable (équilibre recharges – décharges)	Dépend du maintien des entreprises concernées – Nouvelles sources potentielles liées au développement des activités futures	Ressource pérenne moyennant un mode d’exploitation durable	Ressource pérenne moyennant un mode d’exploitation durable
Sécurité d’approvisionnement	Bonne	Non garantie – back up doit être assuré par autre ressource	Potentiellement critique en cas de grand froid avec débit d’étiage minimal de l’Arve	Bonne
Critère d’irréversibilité / accès à la ressource	Accès à la ressource possible dans la mesure d’une mutation du PAV : opportunité d’accéder à cette ressource.	Accès à la ressource aisé	Accès à la ressource aisé	Accès à la ressource aisé
Localisation	Répartie sur l’ensemble du périmètre PAV (excepté bande sud : interdiction d’implanter des sondes)	Actuellement concentrée en 4 points au Nord-Est : Aligro, Rolex et la patinoire des Vernets  et en un point du centre du périmètre PAV (Migros)	En limite nord du PAV	Concentrée dans l’axe Etoile – Pont de la Jonction
Nécessité de mise en œuvre d’un réseau	Ressource diffuse ne nécessitant pas de réseau hormis réseaux locaux pour équilibrage et déficits des secteurs A et B	Réseaux locaux nécessaires	Réseau conséquent nécessaire	Réseau local dans le périmètre d’influence
Infrastructures	Pas d’infrastructures importantes à prévoir	Installation de sondes géothermiques nécessaire pour le déphasage	Mise en œuvre d’une ou plusieurs stations de pompage avec échangeur de chaleur	Mise en œuvre d’un échangeur de chaleur sur les conduites et chaufferie centrale PAC
Coûts / Faisabilité économique	Faisabilité économique avérée	Faisabilité économique avérée dans zone d’influence à préciser	Faisabilité économique à confirmer pour chaleur BT	Faisabilité économique à confirmer
Impacts environnementaux	Pas d’impacts environnementaux avec un dimensionnement correct des sondes	Pas d’impacts environnementaux si le dimensionnement correcte des sondes	Réchauffement de l’Arve et du Rhône en période estivale	Pas d’impacts environnementaux moyennant le maintien des températures à l’entrée de la STEP
Complexité organisation / implications des acteurs	Standard – ne nécessite pas de coordination importante au-delà de l’emprise concernée	Complexe – implique contracteur (coordination disponibilité ; besoins ; déphasage ; redondance avec autre ressource)	Standard si valorisation pour une entité particulière - Plus complexe en cas de mise à disposition d’un périmètre élargi (implique contracteur)	Standard si valorisation pour une entité particulière - Plus complexe en cas de mise à disposition d’un périmètre élargi (implique contracteur)
Recommandation pour la valorisation dans le cadre du projet PAV	<b>Solution à considérer prioritairement à privilégier de manière systématique</b>	A considérer en appoint dans périmètres d’influence (pour besoin de chaud BT et recharge thermique du sous-sol)	A considérer pour entités spécifiques à proximité de la source	A considérer pour entités spécifiques à proximité de la source

Tableau 21 : Recommandations pour la valorisation des ressources BT

La ressource géothermie faible profondeur couvre donc la totalité des besoins BT du PAV et présente un excédent important valorisable à l'extérieur. Elle constitue la ressource de base permettant de satisfaire les besoins en chaleur basse température du périmètre PAV à l'horizon de planification.

Les autres ressources (rejets / Arve / EU) présentent un potentiel plus local : problématique de pérennité et de fluctuation dans le temps et non concomitance entre production / besoins (nécessité déphasage / stockage).

En plus des ressources locales au sens strict, le potentiel hydrothermique représenté par le lac Léman constitue également une option à considérer pour l'approvisionnement du périmètre PAV.

Le lac présente en effet un potentiel important disponible pour l'ensemble de l'agglomération genevoise. Le potentiel lié à une exploitation durable de cette ressource ramené à la population totale de l'agglomération a été estimé à 250 W/hab pour les besoins de chaleur et à 283 W/hab pour les besoins de froid. Sur la base de ces indices, l'approvisionnement du PAV par la ressource Lac est donc envisageable sans porter préjudice à l'approvisionnement futur d'autres secteurs de l'agglomération genevoise.

La mise à contribution de la ressource Lac sur le périmètre PAV est cependant de nature à entrer en concurrence avec la valorisation optimale de la ressource locale géothermie faible profondeur comme abordé dans le tableau ci-dessous.

Préconisation valorisation systématique Géothermie faible profondeur	Option « ouverte » combinant Lac et Géothermie faible profondeur	Préconisation raccordement systématique réseau Lac
<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Valorisation optimale potentiel renouvelable local en lien avec renouvellement urbain</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Souplesse maximale</li> <li>- Concurrence entre ressources : risque de suréquipement</li> <li>- Valorisation optimal potentiel local non assurée</li> <li>- Densité de raccordement faible avec hypothèse : 50% Lac – 50% Géothermie faible profondeur → <b>densité de besoin de chaud 0.75 MW/km<sup>1</sup></b></li> <li>- Rationalité économique non établie</li> <li>→ Définir zone d'influence du lac</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Supprime les possibilités de valoriser le potentiel local</li> <li>- Mise à contribution importante de la ressource lac au détriment de l'approvisionnement d'autres secteurs de l'agglomération</li> <li>+ Densité de raccordement : <b>1.5 MW/km<sup>2</sup></b></li> </ul>
<p style="text-align: center;"><i>OPTION ENVISAGEABLE SANS CONTRAINTE PARTICULIERE</i></p>	<p style="text-align: center;"><i>REGLES DE MISE EN ŒUVRE A PRECISER</i></p>	<p style="text-align: center;"><i>OPTION A NE PAS RECOMMANDER</i></p>

Tableau 22 : Géothermie faible profondeur vs Genilac

<sup>1</sup> Hypothèse : densité de réseau = 6 km/km<sup>2</sup>

<sup>2</sup> Hypothèse : densité de réseau = 6 km/km<sup>2</sup>

La stratégie d’approvisionnement en chaleur basse température du périmètre PAV doit donc se baser sur une valorisation optimale de la géothermie faible profondeur, avec des appoints pouvant être assurés par différentes autres ressources (Lac ; rejets de chaleur ; réseau EU ; Arve) à l’intérieur de périmètres plus localisés et selon des modalités restant à préciser.

## 4.3 Stratégies pour l’approvisionnement en chaleur HT

Le paramètre déterminant pour l’approvisionnement en chaleur haute température du périmètre PAV à l’horizon de planification est lié à la confirmation de la faisabilité/opportunité d’implanter une centrale énergétique alimentée par la géothermie de grande profondeur :

- Qualification de l’aptitude générale du périmètre PAV : 2017/2018
- Caractérisation et quantification du potentiel / mise en œuvre 2020/2022

Ainsi, les stratégies possibles à adopter pour la chaleur HT sont différentes sont les horizons temporels :

### 1. Déploiement stratégie : jusqu’à l’échéance de la détermination du potentiel GGP (2017 – 2020) :

- Mise en œuvre de la transition énergétique à partir de la valorisation de centrales existantes (fossiles)
- Eventuellement, mise en œuvre de CCF décentralisées (alimentées au gaz)
- Ne pas engager de mise en œuvre d’infrastructures lourdes avant la détermination du potentiel GGP
- Réservation des emprises nécessaires à l’implantation des centrales (en phase d’exploitation définitive et de réalisation)
- Mesures conservatoires pour les réseaux à développer : établir un réseau thermique traversant le PAV permettant une extension à long terme sur les quartiers de Lancy, Carouge et Genève

### 2. Au-delà 2020 :

#### a. Mise en œuvre centrale GGP confirmée

- Définition de la localisation définitive de la centrale (à partir des sites réservés dans le processus de planification)
- Mise en œuvre d’une ou deux centrales de Géothermie Grande Profondeur qui constitueront la source d’approvisionnement prépondérante du périmètre PAV : la production devrait correspondre aux besoins avec d’éventuels excédents
- Consolider la mise en œuvre d’un réseau CAD à partir de cette source

#### b. Potentiel GGP au droit du périmètre PAV non confirmé

2 options de principe sont envisageables :

1. Valorisation des ressources « basse température » pour les besoins en chaleur « haute température »
  - a. Les déficits HT des bâtiments neufs sont comblés par des ressources BT, les besoins HT des bâtiments maintenus sont alimentés par des ressources fossiles
  - b. Tous les déficits HT sont comblés par la valorisation des ressources BT
2. Valorisation optimisée des ressources fossiles par le déploiement de CCF alimentées au gaz : centralisée (sur le site réservé à une centrale GGP) ou décentralisées (au niveau de chaque nouveau îlot urbain)
  - a. Seuls les déficits HT des bâtiments existants maintenus sont comblés par des CCF
  - b. Tous les déficits HT sont comblés par des CCF

Ces stratégies supposent la mise en œuvre de champs de sondes géothermiques couplés à des panneaux solaires thermiques pour répondre aux besoins thermiques du périmètre PAV. Seuls les déficits font l'objet de variantes. Ce concept permet en effet de répondre aux objectifs de création d'un quartier à énergie positive et de quartier exemplaire du point de vue environnemental avec un apport important en énergies renouvelables, en utilisant uniquement des surfaces comprises à l'intérieur du PDQ et donc maîtrisées par les différents acteurs du processus de mutation urbaine.

La synthèse des résultats de ces différentes options est présentée à l'Annexe B.

Ces options peuvent être caractérisées par leurs émissions de CO<sub>2</sub> et les besoins en énergie électrique non produites sur le PAV. Les résultats sont présentés dans la figure ci-après :

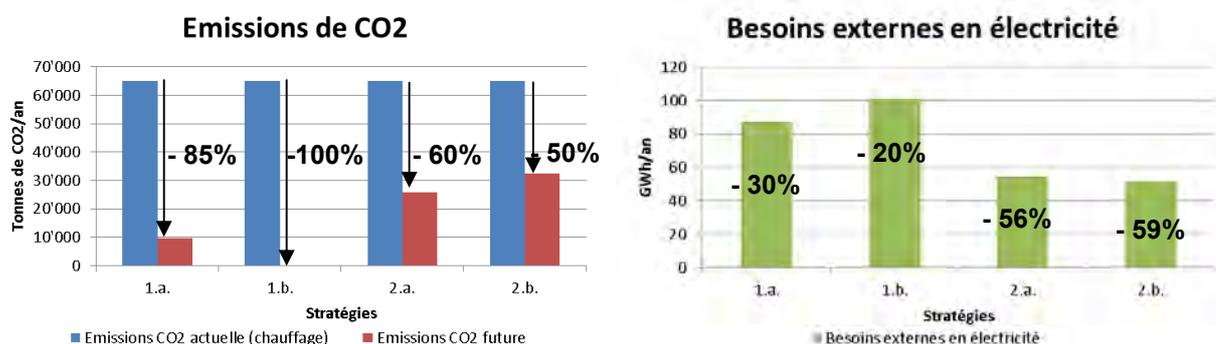


Figure 27 : Comparaison des options d'alimentation des besoins de chaleur HT (émissions de CO<sub>2</sub> - besoins externes en électricité)

## 4.4 Réseaux thermiques à créer selon les ressources utilisées

Dans le cadre de l'établissement du PDQ, des mesures conservatoires liées au développement de réseaux énergétiques doivent être mises en place. La possibilité du développement d'un double réseau HT et BT sur un maillage complet doit être envisagée.

### A) Réseau BT et froid

Un maillage de réseaux BT doit être envisagé pour le PAV afin de garantir :

- L'équilibre entre les secteurs
- La valorisation des excédents à l'extérieur du PAV

### B) Réseau HT

En parallèle au réseau d'échange basé sur les ressources BT, un réseau HT alimenté par des CCF puis à plus long terme par de la géothermie grande profondeur, doit être planifié.

Ce réseau doit être axé en priorité sur les preneurs d'énergie HT les plus importants afin d'assurer une densité énergétique suffisante.

Quelles que soient les stratégies à mettre en place, le principe de mise en œuvre d'un réseau de transport de chaleur de grande capacité, intégrant les différents niveaux de température nécessaires « autoroute thermique » est à prévoir pour l'alimentation optimale du PAV et assurer les interactions avec les périmètres extérieurs. Les mesures conservatoires correspondantes doivent être mises en place au stade du PDQ.

Le tracé d'intention est un axe nord-sud traversant le PAV, tel que le présente la figure 28 ci-après.

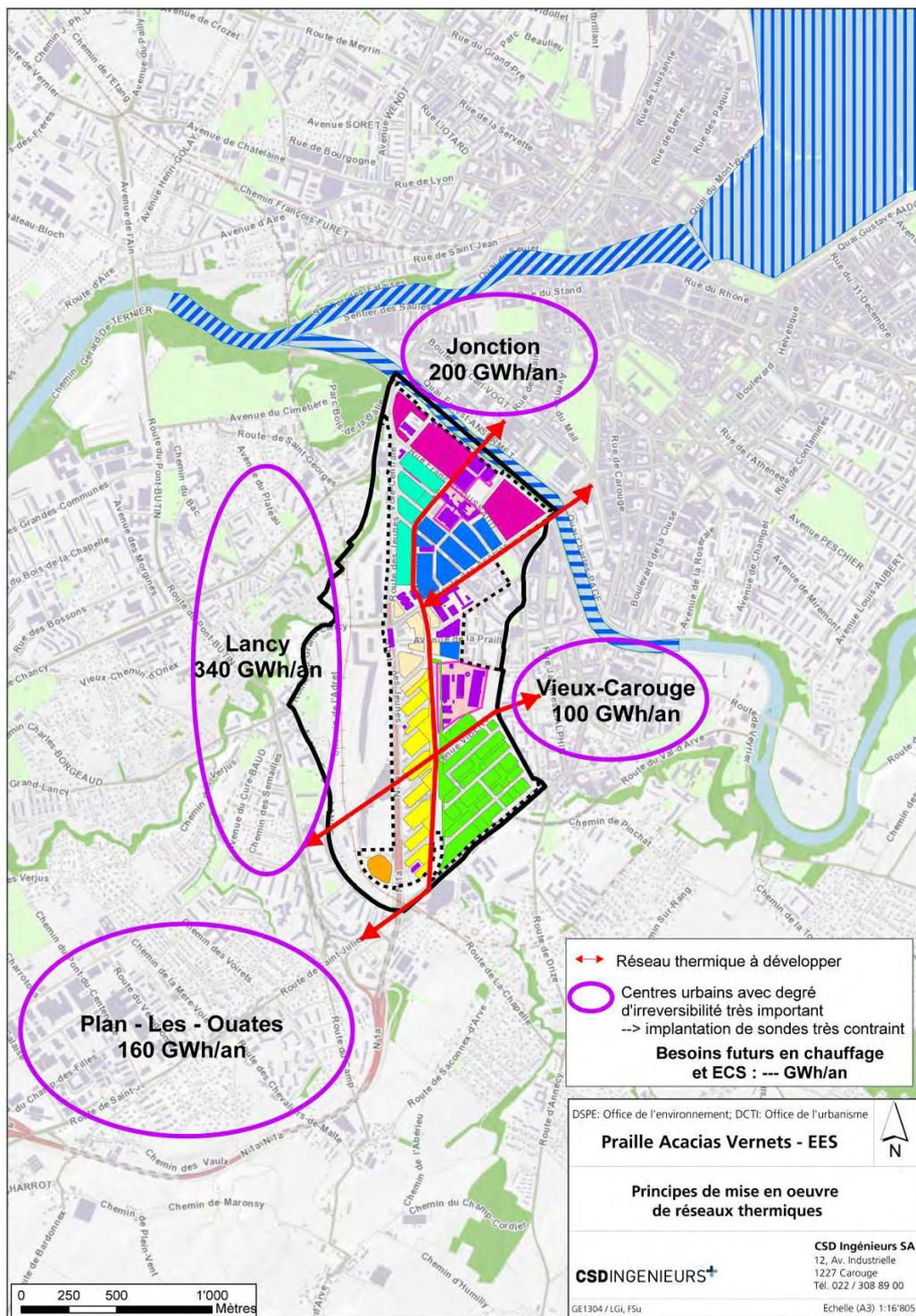


Figure 28 : Tracé de principe de réseaux CAD (BT et HT)

## 4.5 Principes d'accessibilité et d'optimisation de la valorisation des ressources locales

Les principes suivants sont à intégrer au stade du PDQPAV et à concrétiser aux différents stades ultérieurs de planification et de mise en œuvre du projet urbain :

### 1. Accessibilité à la ressource :

- Principes d'accessibilité au sous-sol et de valorisation de la ressource géothermique faible profondeur, au moyen de la définition de principes d'aménagement adéquats
- Principes et règles minimales de valorisation des toitures et des façades des futurs bâtiments à des fins de production énergétique, en cohérence avec les autres fonctions à considérer (sociale ; biodiversité ; gestion de l'eau ;...) :
  - Min 75% de surface toiture affectée à la production énergétique
  - Optimisation entre production d'énergie thermique et électrique :
    - Répondre à 40% des besoins d'ECS et des besoins de chauffage des logements par des panneaux solaires thermiques.
    - Le solde d'espace disponible en toiture est consacré à l'implantation de panneaux solaires photovoltaïques.

### 2. Raccordabilité vers l'extérieur : les dispositifs de chauffage et de rafraîchissement mis en œuvre à l'échelle de chaque entité urbaine sont conçus afin d'être raccordables sur les réseaux extérieurs (valorisation des excédents ; équilibrage ; ...).

## 4.6 Gestion de la transition énergétique

Une vision schématique de l'évolution des besoins en chauffage du périmètre PAV entre la situation actuelle et l'horizon final de planification est présentée à la figure 29 ci-dessous.

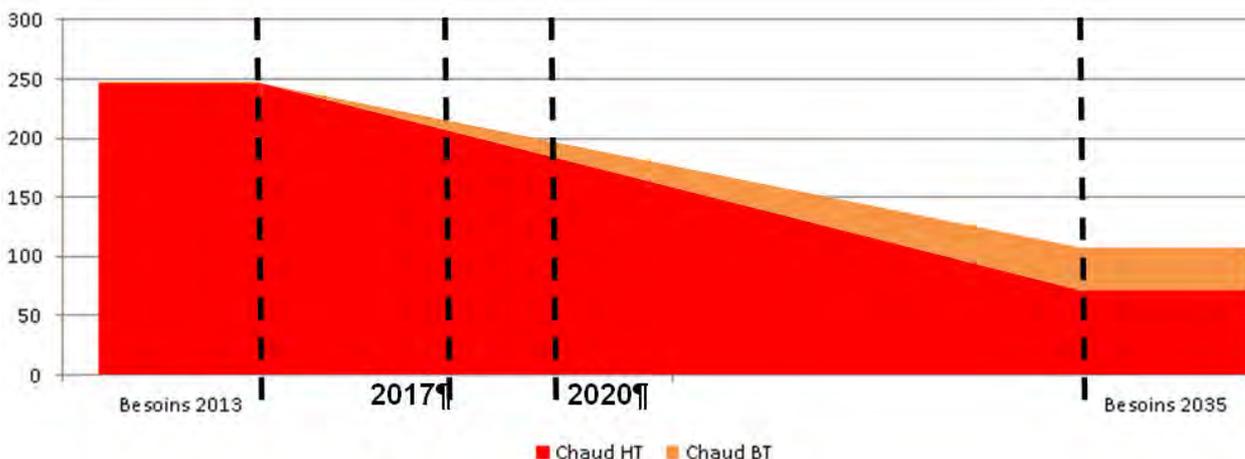


Figure 29 : Evolution des besoins de chauffage du PAV

Le processus de mutation urbaine devrait induire une baisse graduelle des besoins totaux en énergie thermique du périmètre PAV (-56% au final). La diminution concerne principalement les besoins HT (-71% au final).

Comme présenté au chapitre 3.2.4., la valorisation des chaudières existantes d'une certaine capacité dans le cadre de la transition énergétique du quartier vers un approvisionnement énergétique durable est

envisageable au niveau des différents secteurs du PAV. En effet, en considérant une amélioration des performances thermiques des bâtiments approvisionnés par ces centrales, la capacité excédentaire significative pourra être mise à disposition d'autres bâtiments, dont des nouvelles constructions pendant la période transitoire. L'inventaire des importantes chaudières du PAV est présenté au chapitre 3.2.4. et est rappelé à la figure 30 ci-après.

Cette valorisation des centrales thermiques existantes devra être combinée de manière adéquate avec l'implantation de nouvelles CCF alimentées au gaz, selon des modalités restant à préciser à un stade de planification ultérieur.

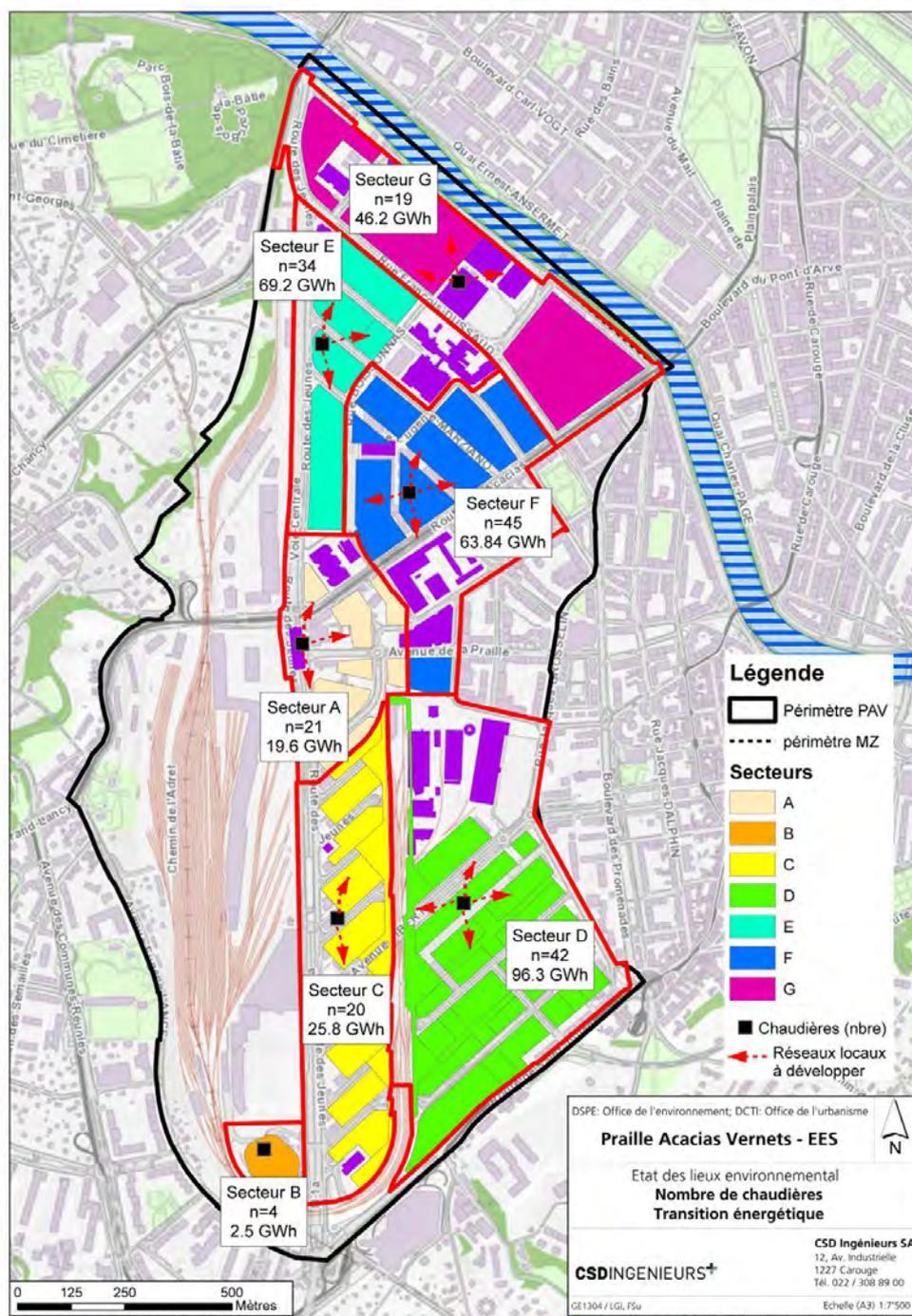


Figure 30 : Transition énergétique : utilisation de centrales importantes existantes

## 5. Synthèse des orientations et des recommandations pour les acteurs concernés

Le présent rapport a permis de mettre en évidence les éléments déterminants du contexte territorial du PDQ Praille-Acacias-Vernets dans le cadre de son approvisionnement énergétique futur et d'évaluer ses besoins thermiques et électriques futurs. Les besoins énergétiques évalués à l'horizon final de planification pour le périmètre PAV sont les suivants :

Scénario	Chaud BT [GWh/an]	Chaud HT[GWh/an]	Froid [GWh/an]	Electricité [GWh/an]
Scénario A (100% HPE)	36.3	71.4	34.5	72.8
Scénario B (bâtiments neufs : 20% THPE ; sinon HPE)	34.6	71.2		
Scénario C (bâtiments neufs : 70% THPE ; sinon HPE)	30.3	70.9		

Tableau 23 : Synthèse des besoins énergétiques du PAV

En ce qui concerne les besoins de chaleur, malgré une augmentation d'un facteur d'environ 1.5 des surfaces brutes de plancher par rapport à l'état actuel, les besoins totaux en chaleur diminuent d'environ 56% à 59% par rapport à l'état actuel.

Pour rappel, l'objectif du secteur Praille-Acacias-Vernets est de concrétiser la réalisation d'un **quartier exemplaire** du point de vue énergétique. Cet objectif peut être atteint grâce aux nombreuses ressources d'énergie renouvelables disponibles sur le site ou à proximité directe qui permettent de tendre vers un quartier à énergie thermique positive.

**Pour les ressources « basse température »**, la valorisation systématique de la géothermie faible profondeur est l'option à privilégier. En effet, cette ressource permet de couvrir la totalité des besoins de chaleur BT et de froid. Elle présente un potentiel d'excédent important qui pourrait être valorisé dans les périmètres proches du PAV.

Les ressources telles que le Lac Léman, les rejets thermiques, le réseau d'eaux usées et l'Arve sont également à considérer pour compléter l'approvisionnement à l'échelle de périmètres plus localisés.

Les stratégies d'**approvisionnement en chaleur « haute température »** dépendent de la confirmation de la possibilité de la valorisation de la géothermie grande profondeur sur le périmètre PAV.

Si la mise en œuvre de la GGP est confirmée en 2020, une ou deux centrales pourront constituer la source d'approvisionnement prépondérante du périmètre PAV et devraient même permettre de produire de la chaleur haute température en excès disponible pour les quartiers voisins.

Si le potentiel de GGP au droit du périmètre n'est pas confirmé, deux options ont été identifiées pour combler le déficit de chaleur HT en supposant la mise en œuvre de panneaux solaire thermiques :

- Valorisation des ressources basse température pour les besoins de chaleur haute température
- Valorisation optimisée des ressources fossiles grâce à des CCF alimentées au gaz

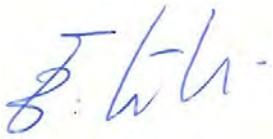
Les principaux **éléments à planifier à l'échelle du périmètre global PAV** durant l'élaboration du PDQ et des phases de planification ultérieures pour garantir l'exemplarité environnementale du quartier sont :

- 1) Les principes d'utilisation rationnelle de l'énergie, d'accessibilité de la ressource et de raccordabilité pour chaque îlot urbain
  - Définir des règles concrètes permettant une utilisation rationnelle de l'énergie
    - ➔ Mettre en œuvre dans la mesure du possible des standards de consommation énergétiques innovants (p.ex. THPE)
    - ➔ Favoriser la rénovation énergétique des bâtiments existants
  - Définir les règles d'accessibilité aux ressources renouvelables
    - ➔ Définir les principes d'utilisation du sous-sol (géothermie faible profondeur : production de chaleur et déphasage)
    - ➔ Définir des règles d'utilisation des toitures (panneaux solaires thermiques et photovoltaïques)
  - Chaque entité urbaine doit être raccordable sur des réseaux extérieurs afin de garantir une valorisation des excédents produits ou pour assurer l'équilibrage thermique des sols.
- 2) Les réseaux et les infrastructures de production et de transformation majeures doivent être planifiés dès le stade du PDQ et des PLQ par :
  - La réservation de tracés permettant de mettre en œuvre le principe d'un réseau de transport thermique (notamment sur un axe Nord-Sud) pour :
    - Assurer la distribution de chaleur HT (alimenté par des CCF puis potentiellement par la GGP à plus long terme)
    - Garantir l'équilibre entre les secteurs et valoriser les excédents BT à l'extérieur du PAV dans le but de favoriser la transition énergétique des périmètres voisins
  - La réservation de deux emprises d'une superficie minimale de 1.5 ha, respectivement sur les périmètres nord et sud du PAV, permettant d'accueillir les chantiers de forage de géothermie grande profondeur puis une centrale d'exploitation 5'000 m<sup>2</sup>

Le développement des installations énergétiques doit être intégré à la planification urbaine et des espaces publics selon une approche progressive et itérative (gestion de l'incertitude en maintenant un maximum d'options ouvertes).
- 3) Le processus de mise en œuvre et l'organisation des acteurs
  - Définir les aspects de financement, de réalisation et d'exploitation des infrastructures / réseaux
  - Définir les principes de mise en soumission de ces installations, soit :
    - ➔ Par infrastructure / installation
    - ➔ Globale liée aux prestations à fournir

Ainsi, sur la base des éléments développés dans le présent rapport, une coordination entre les différents acteurs de la planification directrice du PDQ PAV et des planifications localisées (PLQ, concours...) doit être mise en œuvre dès à présent.

CSD INGENIEURS SA



Eric Säuberli



p.o. Louise Gilbert

Genève, le 30 avril 2013



## ANNEXES

# PLAN DIRECTEUR DE QUARTIER "PRAILLE-ACACIAS- VERNETS" CONCEPT ÉNERGÉTIQUE TERRITORIAL

Version Définitive



## Annexe A :

### Nomenclature SITG / PAVéne : calculs des besoins actuels

SITG	BPE
Atelier	Commerce
Autre bât. de loisirs	Sport
Autre bât. < 20 m2	Commerce
Autre bât. 20m2 et plus	Administration
Autre bât. d'activités	Administration
Bât. électricité SIG	Administration
Bâtiment électricité	Industrie
Bureaux	Administration
Cabine T+T	Autre
Caserne	Ecole
Centre commercial	Commerce
Cheminée	Autre
Citerne mazout	Autre
Commerce	Commerce
Déchetterie	Industrie
Dépôt	Commerce
EMS	Santé
Foyer	Logement
Garage	Commerce
Garage privé	Autre
Hab plusieurs logements	Logement
Hab. - rez activité	Logement
Hab. deux logements	Logement
Habitation - activités	Logement
Habitation un logement	Logement
Halle d'exposition	Administration
Hangar	Commerce
Hôpital, Clinique	Santé
Hôtel	Hôtellerie
Instal. tech. eau	Industrie
Instal. tech. élec.	Industrie
Instal. tech. élec. SIG	Industrie
Instal. tech. gaz SIG	Industrie
Installation de chauffage	Industrie
Jardin d'enfants	Logement
Mairie	Administration
Parking public	Autre
Patinoire	Sport
Piscine	Sport
Police	Administration
Port-franc	Industrie
Réservoir	Autre
Restaurant	Commerce
Salle de spectacle	Commerce
Salle de sport	Sport
Service du feu	Industrie
Silo	Autre
Station-service	Commerce
Théâtre	Commerce
Usine	Industrie
Véranda	Autre
Voirie-entretien	Administration

BPE : Groupe de recherche en bioénergie et planification énergétique

## Annexe B : Analyse des stratégies

### Stratégie 1.a.

Secteur	Besoins (GWh)				Approvisionnement en énergie (GWh)						Evaluation des critères		
	Chaleur		Froid	Electricité	Chaleur HT		Valorisation ressources BT	Chaleur BT	Froid	Electricité	Conso électrique PACs	Impact CO2 [t/an]	Besoins d'apports extérieurs en électricité
	HT	BT			Solaire	Fossile (existant maintenu)							
A	6.7	4.6	8.6	8.8	0.8	4.3	1.6	4.6	8.6	0.0	3.8	1021.3	12.6
B	0.2	0.5	1.1	0.7	0.0	0.0	0.2	0.5	1.1	0.1	0.5	0.0	1.0
C	4.4	2.1	6.4	4.1	0.3	0.3	3.8	2.1	6.4	4.6	3.4	76.3	2.9
D	19.5	10.3	9.2	20.0	6.1	11.9	1.5	10.3	9.2	0.9	5.4	2828.9	24.5
E	10.5	5.5	4.4	12.4	3.4	6.2	0.9	5.5	4.4	0.2	2.8	1460.6	14.9
F	17.2	7.1	4.4	15.0	4.8	11.4	1.0	7.1	4.4	0.3	3.2	2691.8	17.9
G	12.0	6.1	0.3	11.5	4.4	6.0	1.7	6.1	0.3	0.4	2.1	1422.4	13.2
Hors MZ	0.8	0.0	0.1	0.3	0.2	0.7	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	154.1	0.3
<b>Total</b>	<b>71.4</b>	<b>36.3</b>	<b>34.5</b>	<b>72.8</b>	<b>20.0</b>	<b>40.7</b>	<b>10.7</b>	<b>36.3</b>	<b>34.5</b>	<b>6.6</b>	<b>21.2</b>	<b>9655.4</b>	<b>87.5</b>

### Stratégie 1.b.

Secteur	Besoins (GWh)				Approvisionnement en énergie (GWh)						Evaluation des critères		
	Chaleur		Froid	Electricité	Solaire	Valorisation ressources BT	Géothermie faible profondeur	Géothermie faible profondeur	Froid	Electricité	Conso électrique PACs	Impact CO2 [t/an]	Besoins d'apports extérieurs en électricité
	HT	BT											
A	6.7	4.6	8.6	8.8	0.8	6.0	4.6	8.6	0.0	5.3	0.0	14.1	
B	0.2	0.5	1.1	0.7	0.0	0.2	0.5	1.1	0.1	0.5	0.0	1.0	
C	4.4	2.1	6.4	4.1	0.3	4.1	2.1	6.4	4.6	3.5	0.0	3.0	
D	19.5	10.3	9.2	20.0	6.1	13.5	10.3	9.2	0.9	9.4	0.0	28.5	
E	10.5	5.5	4.4	12.4	3.4	7.1	5.5	4.4	0.2	4.8	0.0	17.0	
F	17.2	7.1	4.4	15.0	4.8	12.4	7.1	4.4	0.3	7.0	0.0	21.7	
G	12.0	6.1	0.3	11.5	4.4	7.7	6.1	0.3	0.4	4.1	0.0	15.2	
Hors MZ	0.8	0.0	0.1	0.3	0.2	0.7	0.0	0.1	0.0	0.2	0.0	0.5	
<b>Total</b>	<b>71.4</b>	<b>36.3</b>	<b>34.5</b>	<b>72.8</b>	<b>20.0</b>	<b>51.4</b>	<b>36.3</b>	<b>34.5</b>	<b>6.6</b>	<b>34.8</b>	<b>0.0</b>	<b>101.1</b>	

### Stratégie 2.a.

Secteur	Besoins (GWh)				Approvisionnement en énergie (GWh)							Evaluation des critères					
	Chaleur		Froid	Electricité	Chaleur HT		Valorisation ressources BT	Chaleur BT	Géothermie faible profondeur	Géothermie faible profondeur	Froid	Electricité	Production électricité CCF	Conso électrique PACs	Consommation fossile CCF	Impact CO2 [t/an]	Besoins d'apports extérieurs en électricité
	HT	BT			Solaire	CCF (existant maintenu)											
A	6.7	4.6	8.6	8.8	0.8	4.3	1.6	4.6	8.6	0.0	3.4	3.8	8.6	2727.8	9.2		
B	0.2	0.5	1.1	0.7	0.0	0.0	0.2	0.5	1.1	0.1	0.0	0.5	0.0	0.0	1.0		
C	4.4	2.1	6.4	4.1	0.3	0.3	3.8	2.1	6.4	4.6	0.3	3.4	0.6	203.7	2.7		
D	19.5	10.3	9.2	20.0	6.1	11.9	1.5	10.3	9.2	0.9	9.5	5.4	23.9	7555.7	15.0		
E	10.5	5.5	4.4	12.4	3.4	6.2	0.9	5.5	4.4	0.2	4.9	2.8	12.3	3901.2	10.0		
F	17.2	7.1	4.4	15.0	4.8	11.4	1.0	7.1	4.4	0.3	9.1	3.2	22.7	7189.5	8.8		
G	12.0	6.1	0.3	11.5	4.4	6.0	1.7	6.1	0.3	0.4	4.8	2.1	12.0	3799.2	8.4		
Hors MZ	0.8	0.0	0.1	0.3	0.2	0.7	0.0	0.0	0.1	0.0	0.5	0.0	1.3	411.5	-0.2		
<b>Total</b>	<b>71.4</b>	<b>36.3</b>	<b>34.5</b>	<b>72.8</b>	<b>20.0</b>	<b>40.7</b>	<b>10.7</b>	<b>36.3</b>	<b>34.5</b>	<b>6.6</b>	<b>32.6</b>	<b>21.2</b>	<b>81.5</b>	<b>25788.5</b>	<b>54.9</b>		

### Stratégie 2.b.

Secteur	Besoins (GWh)				Approvisionnement en énergie (GWh)						Evaluation des critères			
	Chaleur		Froid	Electricité	Chaleur HT		Chaleur BT	Froid	Electricité	Production électricité CCF	Conso électrique PACs	Consommation fossile CCF	Impact CO2 [t/an]	Besoins d'apports extérieurs en électricité
	HT	BT			Solaire	CCF (tout déficit HT)								
A	6.7	4.6	8.6	8.8	0.8	6.0	6.7	4.6	0.0	4.8	2.8	11.9	3767.8	6.9
B	0.2	0.5	1.1	0.7	0.0	0.2	0.2	0.5	0.1	0.1	0.2	0.3	103.0	0.6
C	4.4	2.1	6.4	4.1	0.3	4.1	4.4	2.1	4.6	3.3	1.6	8.1	2578.3	-2.1
D	19.5	10.3	9.2	20.0	6.1	13.5	19.5	10.3	0.9	10.8	7.4	26.9	8515.0	15.8
E	10.5	5.5	4.4	12.4	3.4	7.1	10.5	5.5	0.2	5.7	4.0	14.2	4485.0	10.5
F	17.2	7.1	4.4	15.0	4.8	12.4	17.2	7.1	0.3	9.9	6.1	24.7	7832.4	10.9
G	12.0	6.1	0.3	11.5	4.4	7.7	12.0	6.1	0.4	6.1	4.5	15.3	4852.4	9.5
Hors MZ	0.8	0.0	0.1	0.3	0.2	0.7	0.0	0.1	0.0	0.5	0.0	1.3	411.5	-0.2
<b>Total</b>	<b>71.4</b>	<b>36.3</b>	<b>34.5</b>	<b>72.8</b>	<b>20.0</b>	<b>51.4</b>	<b>70.6</b>	<b>36.4</b>	<b>6.6</b>	<b>41.1</b>	<b>26.7</b>	<b>102.8</b>	<b>32545.2</b>	<b>51.8</b>