



DALE
Office de l'Urbanisme
Rue David Dufour, 5
1205 Genève

CET 2011-31
MIS-A-SOUR

OFFICE CANTONAL
DE L'ENERGIE
Rue du Puits-Saint-Pierre 4
Case postale 3920
1211 Genève 3

21. 12. 2015

PLQ route de Vernier/Voies CFF

Concept énergétique territorial

(Annule et remplace le CET 2011-31 suite à des modifications sur le PLQ)

Novembre 2015

Mandataire

Daniel Gasser
ENERCORE
81, avenue Louis-Casà
1216 Cointrin

Table des matières

1	Résumé.....	1
2	Introduction.....	2
3	Mise en contexte.....	4
3.1	Situation géographique et territoire concerné	4
3.2	Contexte foncier	6
3.3	Acteurs en présence et phasage de développement.....	7
3.3.1	Configuration des acteurs de l'aménagement	7
3.3.2	Configuration des acteurs de l'énergie	7
3.3.3	Phasages de développement	8
3.4	Contexte énergétique.....	8
3.5	Contexte environnemental	8
3.6	Objectifs du concept énergétique	10
4	Ressources et filières renouvelables, locales et régionales	11
4.1	Géothermie	11
4.1.1	Basse profondeur	11
4.1.2	Moyenne et grande profondeur.....	11
4.2	Bois-énergie.....	12
4.3	Solaire.....	12
4.4	Eaux usées	13
4.5	Air	13
4.6	Rejets thermiques	13
5	Infrastructures énergétiques disponibles ou en développement.....	14
6	Synthèse intermédiaire	15
7	Structure quantitative des besoins énergétiques	17
7.1	Données et hypothèses de calcul.....	17
7.2	Résumé des besoins totaux.....	17
7.3	Décomposition des besoins en énergie thermique.....	18
7.4	Décomposition des besoins en puissance thermique spécifique	19
7.5	Décomposition des besoins en énergie électrique	20
8	Stratégies de valorisation du potentiel énergétique local	21
8.1	Axes de développement des ressources et des réseaux.....	21
8.2	Opportunités et contraintes de valorisation des ressources et des réseaux.....	21

8.3	Options d’infrastructures retenues pour le PLQ	22
9	Mise en œuvre des options d’approvisionnement pour le PLQ.....	23
9.1	Option 1 : raccordement au CADSIG	23
9.2	Option 2 : Géothermie sur champ de sondes	25
9.3	Comparaison des options	28
9.4	Mesures à prévoir pour les niveaux de planification inférieurs.....	30
10	Synthèse et recommandations.....	31
11	Annexes	33
12	Références.....	34

Tableaux

<i>Tableau 1 : acteurs</i>	7
<i>Tableau 2 : caractéristiques et potentiel de la nappe phréatique de la champagne – d’après Référence 2</i>	11
<i>Tableau 3 : potentiel solaire</i>	12
<i>Tableau 4 : synthèse des ressources</i>	16
<i>Tableau 5 : Résumé des besoins totaux</i>	17
<i>Tableau 6 : besoins annuels en énergie électrique par ilot</i>	20
<i>Tableau 7 : option 2 – caractéristiques des champs de sondes</i>	27
<i>Tableau 8 : option 2 – flux d’énergie annuels - ilots C-D</i>	27
<i>Tableau 9 : option 2 – flux d’énergie annuels - ilots A-B</i>	28
<i>Tableau 10 : option 2 – consommations électriques annuelles pour l’alimentation des PAC – hyp. COP =4</i>	28
<i>Tableau 11 : ratios appliqués pour les besoins en énergie</i>	33

Figures

<i>Figure 1 : Situation et programme du PLQ</i>	3
<i>Figure 2 : contexte urbain et géographique</i>	5
<i>Figure 3 : état des maîtrises foncières</i>	6
<i>Figure 4 : évolution des particules fines (moyenne annuelle des PM 10) – source Service de Protection de l’Air...</i>	8
<i>Figure 5 : nombre de dépassements journaliers des particules fines - source Service de Protection de l’Air</i>	9
<i>Figure 6 : immissions de NO2 – moyenne de 2007 à 2014 –source SITG</i>	9
<i>Figure 7 : état des ressources locales</i>	15
<i>Figure 8 : besoins annuels en énergie thermique</i>	18
<i>Figure 9 : besoins en puissance thermique spécifique</i>	19
<i>Figure 10 : Infrastructures de l’option 1 – CAD SIG</i>	24
<i>Figure 11 : option 2 – synoptique de fonctionnement</i>	25
<i>Figure 12 : infrastructures de l’option 2 – géothermie sur champ de sondes</i>	26
<i>Figure 13 : option 1 – part des énergies primaires dans l’approvisionnement en chaleur</i>	29
<i>Figure 14 : option 2 – part des énergies primaires dans l’approvisionnement en chaleur</i>	29
<i>Figure 15 : les options 1 et 2 sur la voie de la transition énergétique</i>	32

1 Résumé

Le projet de PLQ numéro 29847, situé entre la route de Vernier et les voies CFF, prévoit la construction de 4 îlots pour un total de 16'475 m² de SBP d'activités de type tertiaire et 46'250 m² de SBP de logements (une variante basse, avec un IUS de 10% moins important soit 1,44 au lieu de 1,66 est envisagée); la fondation Emile Dupont, propriétaire d'une parcelle importante, est déjà engagée dans la maîtrise d'ouvrage pour la construction de l'îlot C. La société Losinger-Marazzi a acquis toutes les parcelles lui permettant d'assurer la construction de l'îlot D. En ce qui concerne les îlots A et B la situation foncière n'est pas encore éclaircie : la maîtrise foncière est partagée entre plusieurs acteurs (Etat de Genève, propriétaires privés, individuels) et des droits à bâtir sont en négociations. Le phasage prévoit donc la construction des îlots C et D à court terme puis des îlots A et B à moyen/long terme.

Le programme de construction, situé dans une zone suburbaine en fort développement, bénéficie potentiellement de plusieurs ressources énergétiques et infrastructures locales : la géothermie basse profondeur, le réseau de chaleur à distance CADSIG, la récupération sur les eaux usées, le solaire, les réseaux de gaz et d'électricité. Les besoins énergétiques annuels globaux représentent en moyenne 3,3 GWh pour le chauffage, 3 GWh pour l'électricité et 0,4 GWh pour le rafraîchissement (pour un standard de construction de type HPE).

Deux options sont envisageables pour l'approvisionnement du PLQ :

- Option 1 : prolongation du réseau CADSIG et raccordement progressif des bâtiments. Cette option nécessite idéalement la création d'une sous-station d'échange eau surchauffée/eau chaude, commune au PLQ, à partir de laquelle se déploiera le réseau de chaleur secondaire. Une coordination (en principe sans difficultés) entre les maîtres d'ouvrage ainsi que des mesures conservatoires minimales sont à prévoir, pour l'extension ultérieure du réseau secondaire (vers les îlots A et B).
- Option 2 : en profitant de la réalisation synchronisée des îlots C et D, ainsi que de la volonté des maîtres d'ouvrages concernés de collaborer, un champ de sondes communs aux deux îlots pourrait être implanté, afin de mutualiser les approvisionnements en chaud et en froid (par geocooling). Un principe équivalent pourrait être mis en œuvre pour les îlots A et B, si la configuration des futurs acteurs est favorable. A terme, une mutualisation des flux thermiques entre les deux champs de sondes pourrait améliorer les performances de l'ensemble.

L'option 2 est la plus efficiente du point de vue énergétique, mais elle nécessite une réelle coordination entre les acteurs, et des surinvestissements. Pour pouvoir la mettre en œuvre, nous recommandons :

- Une prise de position des acteurs concernés.
- Une investigation technico-économique afin de déterminer les modalités d'investissement pour la réalisation de l'infrastructure.

2 Introduction

Un projet de plan localisé de quartier (PLQ numéro 29847), situé sur le territoire de la commune de Vernier est actuellement en cours d'élaboration. Le secteur concerné se situe à Châtelaine, entre les voies CFF et la route de Vernier (Figure 1). Il s'agit d'une opération de renouvellement urbain complet (démolition du bâti existant). La typologie urbaine prévoit des constructions en forme d'îlots (au nombre de quatre), avec les surfaces d'activités placées principalement le long de la voie CFF. Les gabarits de construction vont de R+4 à R+9.

Le programme de construction s'appuie sur un IUS de 1,6 avec environ 16'475 m² de SBP d'activités, de type tertiaire, et 46'250 m² de SBP de logements. Une variante basse avec un IUS de 1,44 est aussi envisagée (avec une répartition identique entre logements et activités), soit 14'827 m² d'activités et 41'625 m² de logements.

Quelques points particuliers du PLQ sont utiles à mentionner à ce stade :

- En relation avec le PLQ, un projet de halte du RER, au niveau des îlots A et B est en cours.
- En raison des risques liés au transport de matières dangereuses par les CFF¹, toutes les façades des bâtiments d'activités situés le long de la voie ferrée, ainsi qu'une partie des façades perpendiculaires (sur 20 mètres), doivent être étanches sans ouvrants ni balcons. Ces mêmes façades observent un retrait de 25 mètres depuis l'axe de la voie ferrée la plus proche.
- Le long du PLQ, la route de Vernier sera amenée à devenir un futur axe fort et de ce fait, un élargissement important vient empiéter sur le périmètre du site en prévision d'un futur transport en commun en site propre.

Un concept énergétique territorial est présenté dans ce rapport, conformément à la directive de l'OCEN.

¹ En lien avec l'OPAM (Ordonnance de protection contre les accidents majeurs)

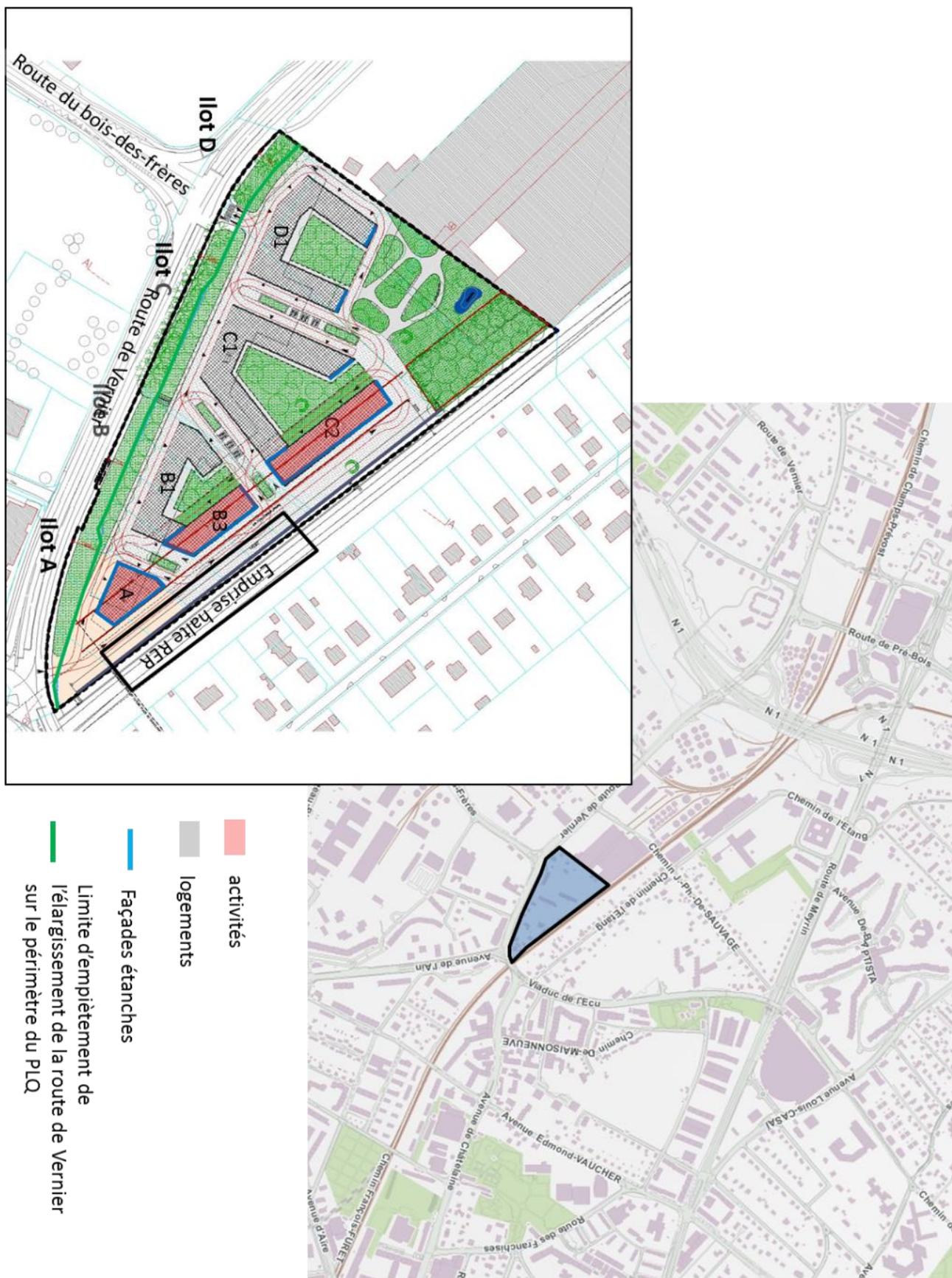


Figure 1 : Situation et programme du PLQ

3 Mise en contexte

3.1 Situation géographique et territoire concerné

Le PLQ se situe dans une zone en fort développement de la couronne suburbaine, et le long de l'axe Genève-Meyrin-Saint-Genis, identifié dans le cadre du projet d'agglomération. Le PLQ est également partie intégrante du grand projet châtelaine, défini comme prioritaire au niveau cantonal.

Le contexte géographique et urbain du PLQ (Figure 2) est notamment marqué par la présence d'une vaste zone industrielle et artisanale (ZILI et ZI la Renfile) à l'ouest, et, de l'autre côté de la voie CFF de plusieurs secteurs proches, prévus pour un renouvellement urbain à plus ou moins long terme (d'après Référence 1).

On trouve deux périmètres à proximité, qui ont fait l'objet de concepts énergétiques territoriaux (CET) :

- Le PLQ route de Vernier 115 adopté en juillet 2013 (CET 2010-03) pour un total de 4 bâtiments à construire (11'000 m² de SBP environ). Dans le cadre de ce PLQ, l'un des bâtiments (mixte résidentiel + activité) est déjà en procédure d'autorisation sous la maîtrise d'ouvrage du cabinet d'investissement foncier S.A. (DD 105 557). Le reste du PLQ (soit 3 bâtiments mixtes) a fait l'objet d'un concours d'architectes attribué en juin 2015 sous maîtrise d'ouvrage de la ville de Genève.
- Le PDQ de la concorde dont plusieurs secteurs seront l'objet d'un renouvellement urbain pour une total de 120'000 m² de SBP à terme. Plusieurs secteurs sont proches d'aboutir (demande d'autorisation en cours ou projet d'architectes déjà attribués).

Le Plan Directeur des Energie (PDE) de la ville de Vernier, réalisé récemment, est aussi disponible (CET 2015-08).

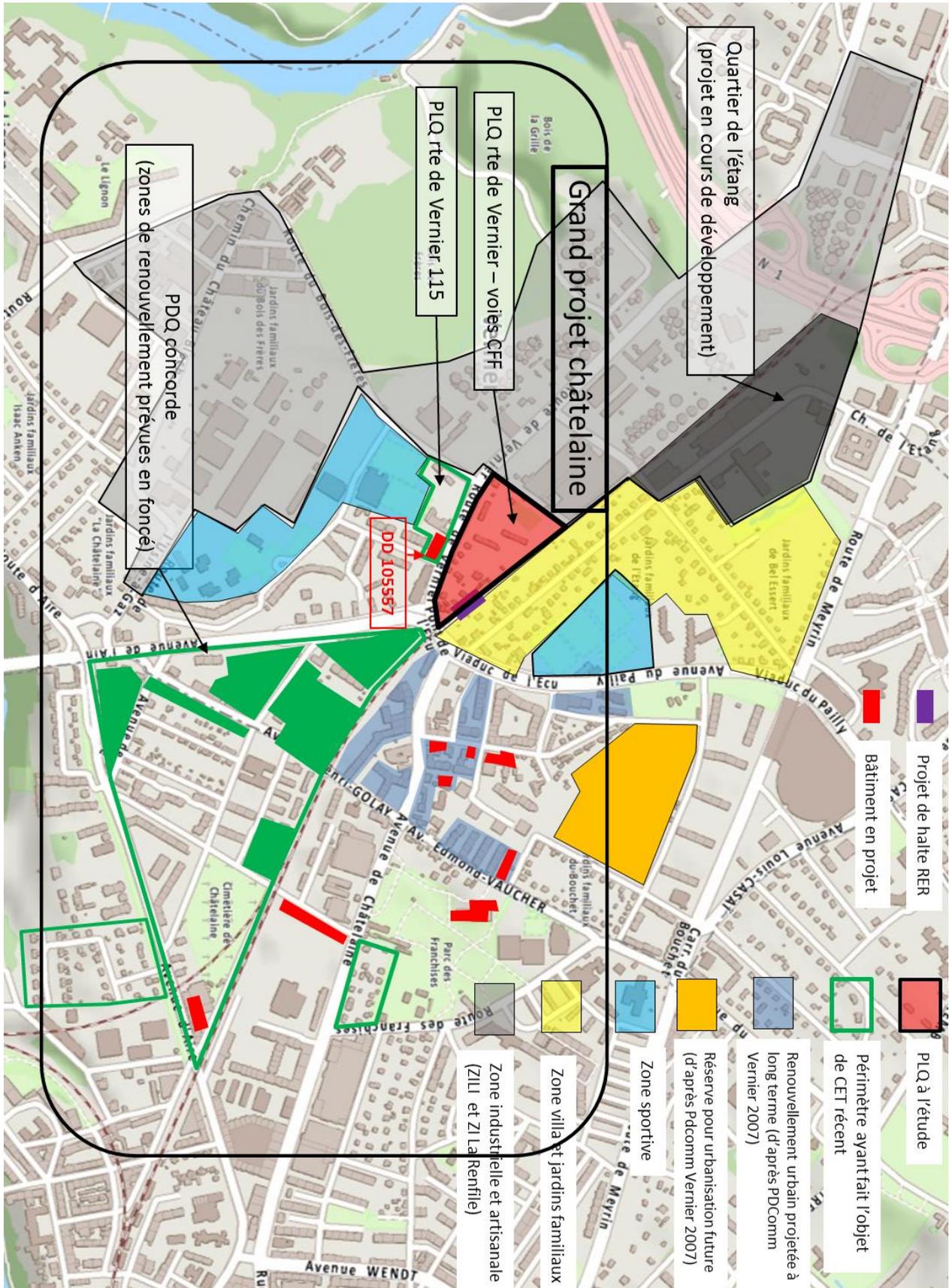


Figure 2 : contexte urbain et géographique

3.2 Contexte foncier

La Figure 3 indique l'état des maîtrises foncières, sur le périmètre du PLQ, en lien avec les capacités des acteurs à engager les projets de construction des ilots

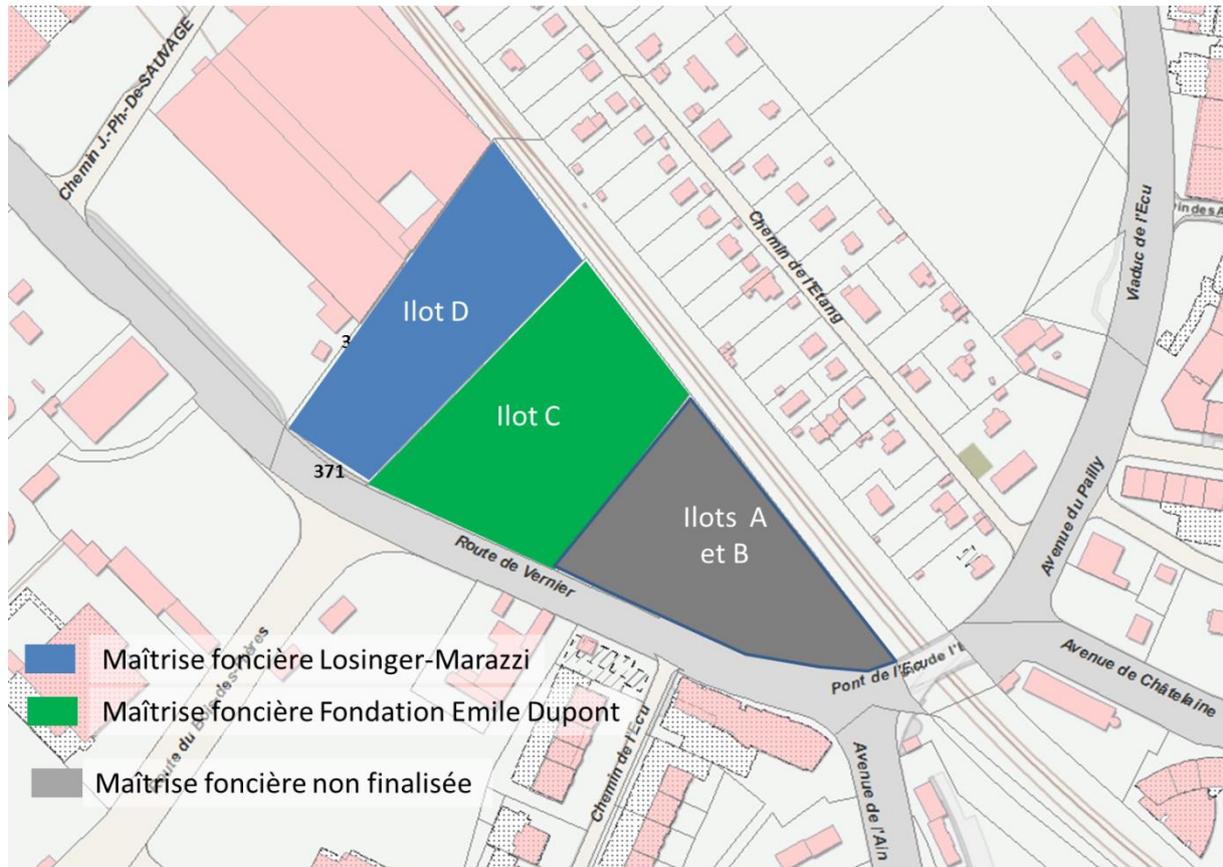


Figure 3 : état des maîtrises foncières.

En ce qui concerne l'ilot D, les parcelles concernées ont été récemment acquises par la société Losinger-Marazzi qui a désormais la capacité de réaliser la promotion puis la construction de cet ilot.

La fondation Emile Dupont maîtrise la parcelle principale accueillant l'ilot C. A noter que pour celui-ci, losinger-Marazzi possède 3500 m² de droits à bâtir pour le bâtiment C2. L'ilot C pourrait rapidement faire l'objet d'un concours d'architecture émis par la fondation, une fois le PLQ adopté.

En ce qui concerne les ilots A et B, la maîtrise foncière est aujourd'hui partagée entre plusieurs acteurs (Etat de Genève, propriétaires privés, individuels). Des rachats de droits sont en négociation. Les conditions ne sont donc pas encore réunies pour le lancement de projets de constructions sur ces ilots. On peut toutefois supposer que la situation s'éclaircisse une fois que le PLQ sera adopté.

3.3 Acteurs en présence et phasage de développement

3.3.1 Configuration des acteurs de l'aménagement

Les acteurs qui permettront la réalisation du programme du PLQ sont les suivants :

- La fondation immobilière de droit public Emile Dupont. Celle-ci interviendra en tant que maître d'ouvrage pour la réalisation de l'îlot C.
- La société Losinger-Marazzi qui est en mesure d'assurer la réalisation de l'îlot D en tant que promoteur-constructeur et qui poursuit le même objectif pour les îlots A et B
- L'état de Genève, qui est propriétaire de quelques parcelles (îlots A et B)
- Les propriétaires privés (personnes physiques ou morales) de plusieurs parcelles (îlots A et B)

Les objectifs, contraintes, opportunités et horizons temporels de ces acteurs sont différents ; ils sont résumés dans le Tableau 1.

Acteurs	Objectifs	Opportunités/contraintes	horizon temporel
Fondation Emile Dupont	Réalisation de l'îlot C	Institution publique ayant intérêt à promouvoir des solutions énergétiques efficaces/Contraintes d'investissement et de rentabilité	Court/Moyen terme
Société Losinger-Marazzi	Réalisation de l'îlot D	Société privée recherchant la rentabilité économique mais avec un intérêt à promouvoir des solutions efficaces/Contraintes d'investissement et de rentabilité	Court/moyen terme
Etat de Genève	Réalisation du PLQ	Promotion de solution correspondant à la politique énergétique du canton	Moyen/Long terme
Propriétaires privés	Optimisation des conditions financières pour les droits à bâtir	N.A.	Variable

Tableau 1 : acteurs

La fondation HBM Emile Dupont et la société Losinger-Marazzi se dégagent donc clairement comme les deux principaux acteurs, voire éventuellement les deux uniques selon l'issue des négociations pour les îlots A et B. Ces deux acteurs souhaitent d'ailleurs avoir un accord visant à mutualiser leurs ressources afin d'assurer la réalisation du PLQ de façon cohérente et notamment sur le plan du concept énergétique.

3.3.2 Configuration des acteurs de l'énergie

Le premier acteur potentiel est évidemment Service Industriel de Genève, d'autant plus que le réseau de chaleur CADSIG est présent, non loin du PLQ, et que son extension est envisageable.

Toutefois, SIG n'a pas forcément vocation à venir assurer l'alimentation thermique directe de chaque îlot. Un réseau secondaire pourrait donc se déployer ce qui laisse l'opportunité à d'autres acteurs de se profiler :

- Société tierce investissant en vue d'un contrat de vente de l'énergie (qui pourrait être SIG lui-même via une structure spécifique, éventuellement en partenariat avec d'autres).

- Investissement direct d'un ou plusieurs acteurs de l'aménagement dans une infrastructure locale.

3.3.3 Phasages de développement

Les phases de réalisation du PLQ que l'on peut imaginer à ce stade sont les suivantes :

1. Ilot D à court/moyen terme
2. Ilot C à court moyen/terme mais probablement un peu plus tard du fait de la nécessité par la fondation Emile Dupont de réaliser un concours d'architecture
3. ilots A et B à moyen/long terme

3.4 Contexte énergétique

Du point de vue de l'approvisionnement thermique, l'environnement immédiat du PLQ est principalement marqué, soit par le raccordement au réseau de gaz, soit par le raccordement au réseau de chaleur CADSIG.

3.5 Contexte environnemental

Du point de vue de la qualité de l'air, on constate que les concentrations moyennes annuelles en particule fines (Figure 4), mesurées à proximité (Meyrin) ont, ces dix dernières années, soit dépassé soit été à la limite de la valeur maximum fixée par l'ordonnance sur la protection de l'air ($20 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Le nombre de dépassement de la limite journalière ($50 \text{ mg}/\text{m}^3$) est très fluctuant selon les années sans que l'on puisse observer une tendance nette (Figure 5).

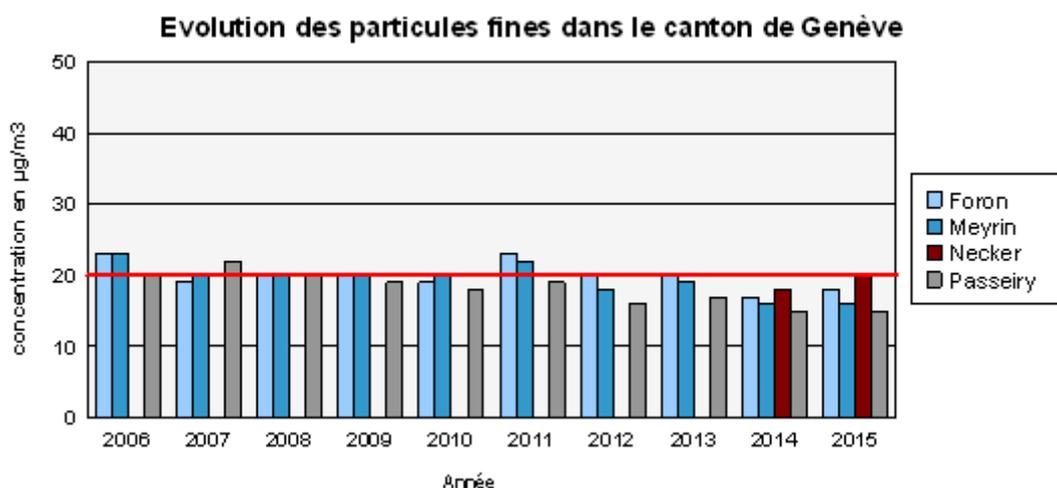


Figure 4 : évolution des particules fines (moyenne annuelle des PM 10) – source Service de Protection de l'Air

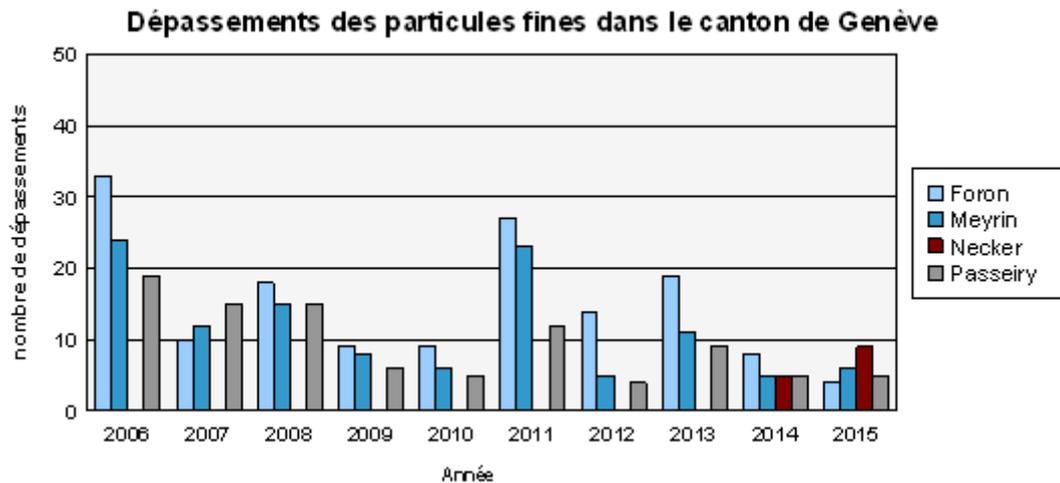


Figure 5 : nombre de dépassements journaliers des particules fines - source Service de Protection de l’Air

En ce qui concerne les immissions de dioxyde d’azote (Figure 6), les valeurs moyennes dans le périmètre du PLQ sont au-dessous de la limite OPair qui est de $30\mu\text{g}/\text{m}^3$. Toutefois, le périmètre est entouré de zones (au Nord, à l’Ouest et à l’Est) dans lesquelles les valeurs moyennes ont quasiment atteint la limite.

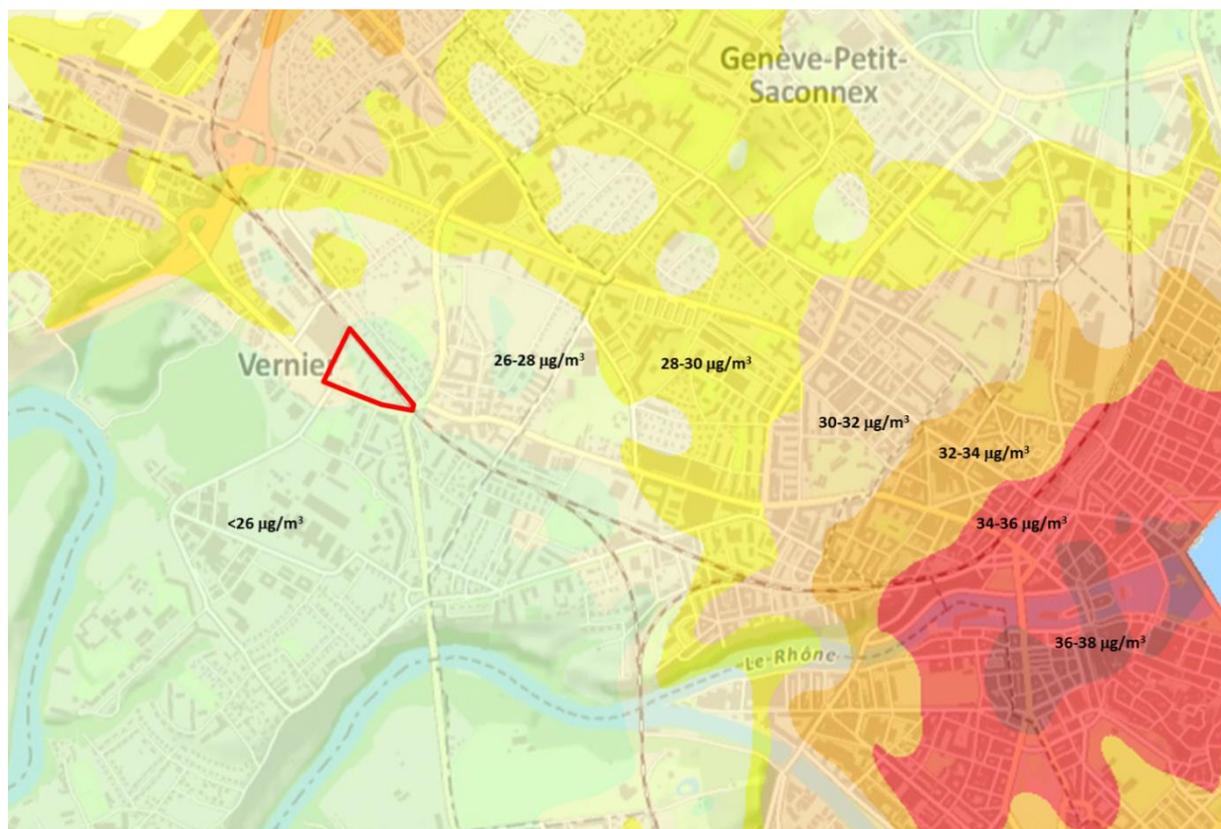


Figure 6 : immissions de NO₂ – moyenne de 2007 à 2014 –source SITG

Le périmètre est donc relativement critique du point de vue de son niveau de pollution, et ce d’autant plus qu’il est dans une zone en fort développement.

3.6 Objectifs du concept énergétique

L'objectif du concept énergétique est de définir, en amont de l'opération d'aménagement, des orientations à court et long terme sur des solutions d'approvisionnements comprenant notamment :

- Une valorisation aussi large possible des ressources renouvelables locales
- La mise en œuvre de techniques privilégiant l'efficacité énergétique
- La description des infrastructures à prévoir en termes d'implantation et de contrainte spatiale
- La mise en évidence des acteurs impliqués et des contraintes temporelles pour la mise en œuvre des solutions proposées.

4 Ressources et filières renouvelables, locales et régionales

4.1 Géothermie

4.1.1 Basse profondeur

Du point de vue de l'utilisation de la géothermie basse profondeur, le secteur du PLQ, ainsi que son périmètre immédiat sont caractérisés par les éléments suivants (voir chapitre 6, Figure 7) :

- L'implantation de sondes géothermiques est autorisée.
- Selon la description actuelle du sous-sol, la nappe phréatique de Montfleury est proche (moins de 300 m). Celle-ci représente un potentiel thermique intéressant (d'après Référence 2)
- De l'autre côté de la route de Vernier, une zone de terrain argileux, propice au stockage géothermique saisonnier a été identifiée (d'après Référence 2)

Aussi, le potentiel de la géothermie est-il évalué selon deux modes de valorisation possible :

- L'implantation de champs de sondes verticales. On suppose l'emploi de sondes de 100 à 250 mètres de profondeur avec un espacement moyen de 10 m ; les conditions d'utilisation sont une extraction de la chaleur en hiver au moyen de pompes à chaleur, avec une recharge estivale par le biais d'un rafraîchissement passif des bâtiments si possible ; les performances moyennes considérées correspondent à une puissance linéique d'extraction de 25 W/m. L'utilisation des sondes pour du stockage thermique saisonnier n'est pas à exclure, et permettrait d'envisager de meilleures performances ; mais il est difficile de les évaluer à ce stade sans une étude plus approfondie.
- Le pompage de l'eau de la nappe phréatique de Montfleury associé à l'emploi de pompes à chaleur. Les caractéristiques principales et le potentiel thermique de la nappe sont donnés dans le Tableau 2.

puissance thermique exploitable par surface de la nappe	1,87	W/m ²
Perméabilité moyenne	1.E-03	m/s
Epaisseur moyenne de la nappe	10	m
Débit théorique avec 20% de rabattement	1000	litre/min
puissance thermique extraite par PAC avec un ΔT de 3 K	209	kW

Tableau 2 : caractéristiques et potentiel de la nappe phréatique de la champagne – d'après Référence 2

La valorisation la plus intéressante reste quand même l'implantation de champs de sondes. La nappe de Montfleury, quant à elle représente, un potentiel relativement modeste, et surtout très incertain, et, qui plus est, la distance de 300 m au PLQ est plutôt contraignante dans ce contexte urbain.

4.1.2 Moyenne et grande profondeur

Aucune infrastructure utilisant cette technologie n'est encore planifiée. Toutefois, une stratégie systématique de qualification du potentiel géothermique à moyenne et grande profondeur (>2000 m) est en train de se mettre en place à l'échelle du canton en utilisant toutes les sources de données géologiques à disposition ainsi que des moyens de mesure géophysiques (Programme Géothermie

2020). L'objectif est de déterminer plusieurs zones de forages exploratoires ayant des chances d'aboutir avec succès.

La géothermie grande et moyenne profondeur est donc à envisager comme ressource de substitution éventuelle sur le long terme, pour l'approvisionnement du périmètre d'étude.

4.2 Bois-énergie

L'emploi du bois-énergie est envisageable, car des filières, pouvant approvisionner les besoins des bâtiments prévus dans le PLQ, existent :

- Filière de recyclage de déchets de bois industriels (scierie, menuiserie ...) avec un combustible sous forme de granulés.
- Filière d'exploitations forestières avec un combustible sous forme de plaquettes (ou éventuellement de bûches). Il faut toutefois noter que pour cette filière, le potentiel des forêts du canton est actuellement saturé, donc une provenance, principalement de France voisine, voire du canton de Vaud est à considérer.

Toutefois, le secteur étant critique par rapport à son niveau de pollution (cf 3.5), l'installation de chaudière au bois n'est pas à privilégier.

4.3 Solaire

En ce qui concerne l'énergie solaire, on estime son potentiel en considérant que celui-ci est valorisé par l'installation de panneaux thermiques ou photovoltaïques sur les toits des bâtiments. Les hypothèses et conditions d'implantations suivantes sont utilisées :

- La surface utile disponible sur les toits pour les capteurs solaire (compte tenu des servitudes et de l'emprise brute des panneaux) correspond à 30% de la surface au sol.
- Des panneaux thermiques sont installés prioritairement sur les toits des bâtiments destinés au logement (soit B1, C1 et D1) et couvrent 40% des besoins en eau chaude sanitaire pour une productivité moyenne de 500 kWh/m²/an. Le reste de la surface disponible est couverte par des panneaux photovoltaïques.
- Des panneaux photovoltaïques sont installés sur les toits des bâtiments destinés aux activités (soit C3, B3 et A).
- La productivité annuelle des panneaux photovoltaïques est prise à 110 kWh/m².

Les potentiels annuels thermiques et électriques ainsi évalués sont résumés dans le Tableau 3 pour le programme de base du PLQ (IUS = 1,6) ainsi que pour la variante basse (IUS = 1,44). Le potentiel solaire thermique est basse

	IUS = 1,6	IUS =1,44	
potentiel solaire thermique	428 245	385 421	kWh
Potentiel solaire électrique	172 756	182 177	kWh

Tableau 3 : potentiel solaire

Il est utile de noter que, compte tenu des hypothèses faites précédemment, l'évaluation du potentiel thermique n'a pas tout à fait la même signification que le potentiel électrique :

- Les panneaux thermiques sont installés d’abord pour satisfaire les besoins du bâtiment ainsi il normal que leur potentiel baisse pour la variante basse (IUS= 1,44) .
- Les panneaux photovoltaïques produisent un courant qui peut être injecté dans le réseau électrique. Aussi la surface installée peut être aussi grande que possible sans tenir compte des besoins du bâtiment. Ainsi on constate que le potentiel photovoltaïque est légèrement plus élevé pour la variante basse étant donné que de la surface supplémentaire est libérée par les panneaux solaires thermique qui sont moins nombreux.

4.4 Eaux usées

On trouve, à environ 500 mètres du PLQ, un collecteur primaire d’eau usée alimentant la STEP d’Aire (Figure 7). Cette conduite a un diamètre d’environ 1,2 m avec une valeur de débit estimée à environ 1300 litre/s. En supposant un prélèvement thermique, par le biais d’une pompe chaleur, et avec un ΔT n’excédant pas 0,5 K² ont obtenu une puissance théorique extractible de 2500 kW. Toutefois, la distance de 500 m est contraignante, et rend cette ressource très improbable pour le PLQ.

Il est également possible d’utiliser directement les eaux usées des bâtiments comme énergie d’appoint dans un système décentralisé.

4.5 Air

L’utilisation de l’air comme ressource thermique, valorisée par des pompes à chaleur, est possible.

4.6 Rejets thermiques

Aucun rejet thermique significatif n’a été identifié dans un périmètre élargi.

² Refroidissement limite à l’entrée d’une STEP selon VSA.

5 Infrastructures énergétiques disponibles ou en développement

Les infrastructures énergétiques présentes dans la zone du PLQ sont (voir Figure 7) :

- Le réseau électrique
- Le réseau de gaz
- Le réseau CAD Lignon dont l'antenne de la route du bois-des-frères est située à environ 200 m. Cette antenne a une capacité de distribution de 10 MW avec des niveaux de température de 120/70°C en hiver et 85/70°C en été³ ; un raccordement aux bâtiments prévus pour le PLQ est tout à fait possible.
- A long terme, une arrivée du réseau de froid urbain Génilac (branche aéroport), dont la source thermique est extraite du lac léman, est envisagée jusqu'au quartier de l'étang. Une extension depuis ce quartier jusqu'au PLQ n'est pas inenvisageable, étant donné que les besoins en froids sont significatifs. Mais il ne s'agit encore à ce stade que d'une hypothèse.

³ Selon informations recueillies auprès des SIG

6 Synthèse intermédiaire

Un résumé des principales ressources et réseaux disponibles, est présenté sur la Figure 7.

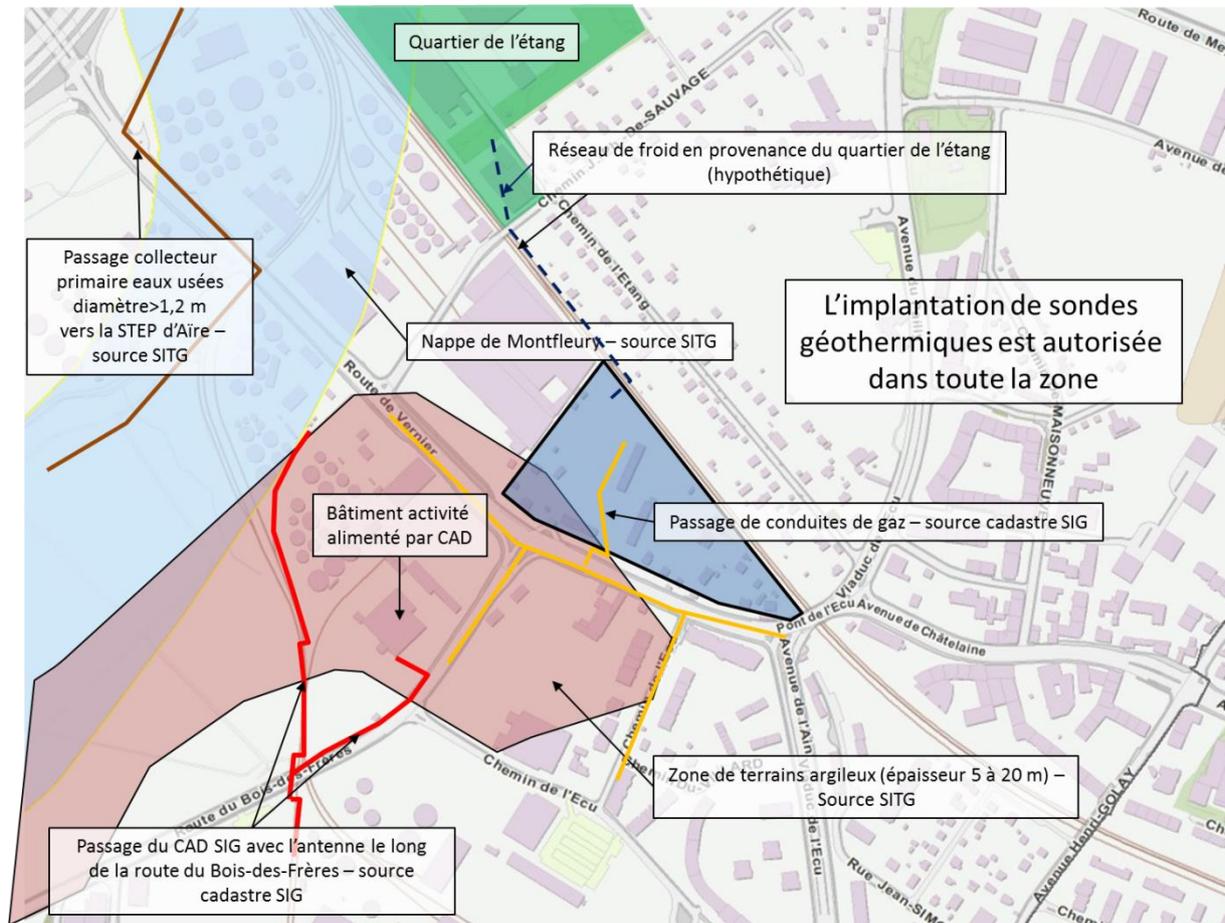


Figure 7 : état des ressources locales

Les principaux enjeux énergétiques qui se dégagent sont :

- Le choix d'une solution d'approvisionnement énergétique devra, autant que possible, être commune à l'ensemble du PLQ et, éventuellement, rechercher une synergie avec le PLQ de la route de Vernier 115, situé en face.
- Le développement prévu du PLQ représente une opportunité d'extension du réseau CADSIG.
- Les besoins en froid du PLQ sont significatifs, ceux-ci auront donc une influence sur le concept énergétique finalement retenu.

Le Tableau 4 présente une synthèse des ressources valorisables qui ont été identifiées. En vert il est indiqué celles qui sont à privilégier, en rouge celles qui ne le sont pas et en bleu celles qui représentent un potentiel de substitution mais à long terme.

Ressources/ filiales/Réseaux	Flux	Type de production d'énergie possible	Remarques/contraintes d'utilisation
Sondes géothermiques verticales	continu	Thermique à 5-15°C	Utilisation pour la production de chaleur et le rafraîchissement/Contrainte d'usage par rapport à l'emplacement et la structure des bâtiments
Nappe phréatique de Montfleury	continu	Thermique à 5-15°C	Potentiel modeste et incertitude sur le potentiel réel. Eloignement relatif du PLQ.
Eaux usées	fluctuant	Thermique à 10-20°C	A n'utiliser que comme énergie d'appoint locale (eaux usées des bâtiments uniquement).
Aérothermie	continu	Thermique à 0-30°C	Potentiel illimité mais uniquement en source d'appoint
Solaire	saisonnier	Thermique à 40-80°C Electrique	L'énergie thermique est valorisée directement sur place – l'énergie électrique est de préférence injectée sur le réseau
Bois-énergie	continu	Thermique à 300°C et plus Electrique	Difficulté d'approvisionnement et contrainte de pollution
Géothermie grande et moyenne profondeur	continu	Thermique à 60-200°C Electrique possible selon température	A envisager sur long terme comme ressource de substitution éventuelle
CADSIG	continu	Thermique 80-120°C	Approvisionnement en chaleur des bâtiments – extension possible
Extension Genilac depuis quartier de l'étang	continu	Thermique 10°C	Approvisionnement en chaleur et en froid des bâtiments – l'arrivée de ce réseau dans le périmètre du PLQ est encore une hypothèse

Tableau 4 : synthèse des ressources

7 Structure quantitative des besoins énergétiques

7.1 Données et hypothèses de calcul

La structure des besoins en énergie sur le périmètre du PLQ est évaluée en différenciant chacun des 4 ilots prévus. La quantification des besoins est faite sur les bases et hypothèses suivantes :

- Pour les besoins de chauffage, on considère deux standards de construction possibles (HPE et THPE) appliqués selon les valeurs limites d'exigence primaire par rapport à la norme SIA 380/1. On rajoute toutefois un facteur de surconsommation de 20% qui semble être une moyenne statistique observée.
- Les puissances de chaleur spécifiques sont calculées à partir des besoins en chauffage annuels en supposant un temps de fonctionnement à pleine charge de 1300 heures par an.
- Les besoins en rafraîchissement ne sont pris en compte que pour les bâtiments d'activités avec une puissance spécifique de 50 W/m² et un temps de fonctionnement annuel à pleine charge de 500 heures.
- La part de besoins en eau chaude sanitaire est calculée sur la base de la norme SIA 380/1.
- Les besoins électriques sont estimés sur la base d'une application de la norme SIA 380/4 selon l'affectation des bâtiments, et en prenant en compte, l'éclairage, la climatisation/ventilation et les équipements.
- Par ailleurs les besoins sont donnés selon une fourchette haute et basse selon l'IUS appliqué pour le PLQ (1,44 ou 1,6).

Les ratios ainsi appliqués sont détaillés en annexe (Tableau 11).

7.2 Résumé des besoins totaux

Les besoins totaux du PLQ, calculés pour le chauffage, la production d'eau chaude sanitaire (ECS), le rafraîchissement des locaux et l'électricité sont donnés dans le Tableau 5. Selon les hypothèses de calcul présentées précédemment, les différences entre les standards HPE et THPE ne s'appliquent que pour les besoins de chauffage.

		Energie chauffage/an	Energie ECS/an	Energie refroidissement/an	Energie électrique/an	Puissance spécifique chauffage	Puissance spécifique froid
		kWh				kW	
HPE	IUS=1,6	2'406'371	1'197'731	411'863	3'235'707	1'851	824
	IUS=1,44	2'165'733	1'077'958	370'676	2'912'136	1'666	741
THPE	IUS=1,6	1'604'247	1'197'731	411'863	3'235'707	1'234	824
	IUS=1,44	1'443'822	1'077'958	370'676	2'912'136	1'111	741

Tableau 5 : Résumé des besoins totaux

Les besoins étant calculés avec des ratios surfacique, ceux-ci varient logiquement dans une fourchette de 10% entre le programme de base (IUS=1,6) et la variante basse (IUS=1,44).

Les besoins en froid sont significatifs, ils représentent, en énergie annuelle, de 12% à 15% des besoins en chaleur selon le standard de construction.

7.3 Décomposition des besoins en énergie thermique

Les besoins annuels en chauffage, ECS et rafraîchissement sont montrés sous forme d’histogramme, pour les 4 ilots, et selon les deux standards de construction et les deux valeurs d’IUS (Figure 8). On remarque pour l’ilot A, destiné uniquement à l’activité, une proportion importante de besoins en froid et une petite proportion de besoins en ECS.

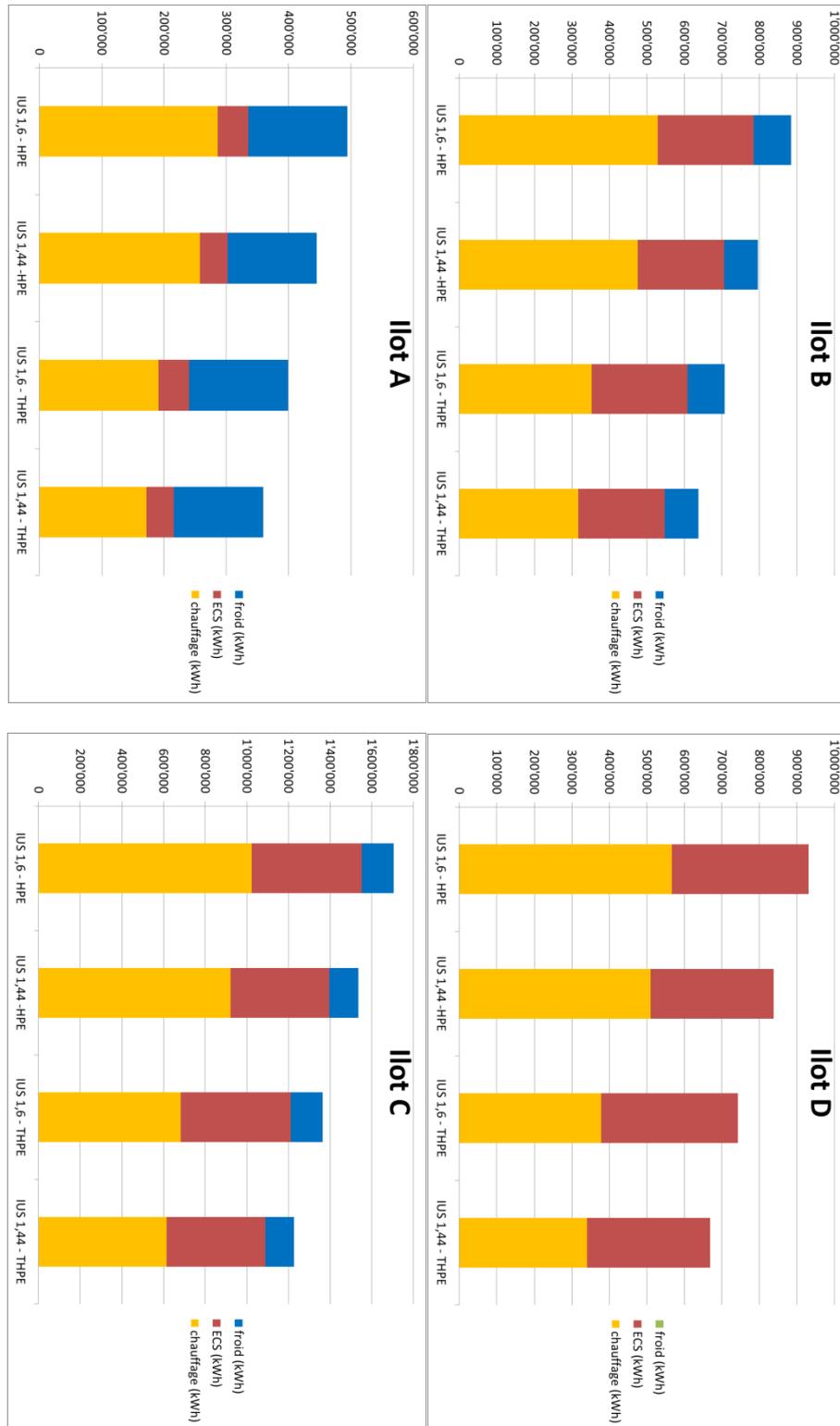


Figure 8 : besoins annuels en énergie thermique

7.4 Décomposition des besoins en puissance thermique spécifique

Les besoins en puissance thermique spécifique (chaud et froid) sont montrés sous forme d’histogramme, pour les 4 ilots, et selon les deux standards de construction et les deux valeurs d’IUS (Figure 9).

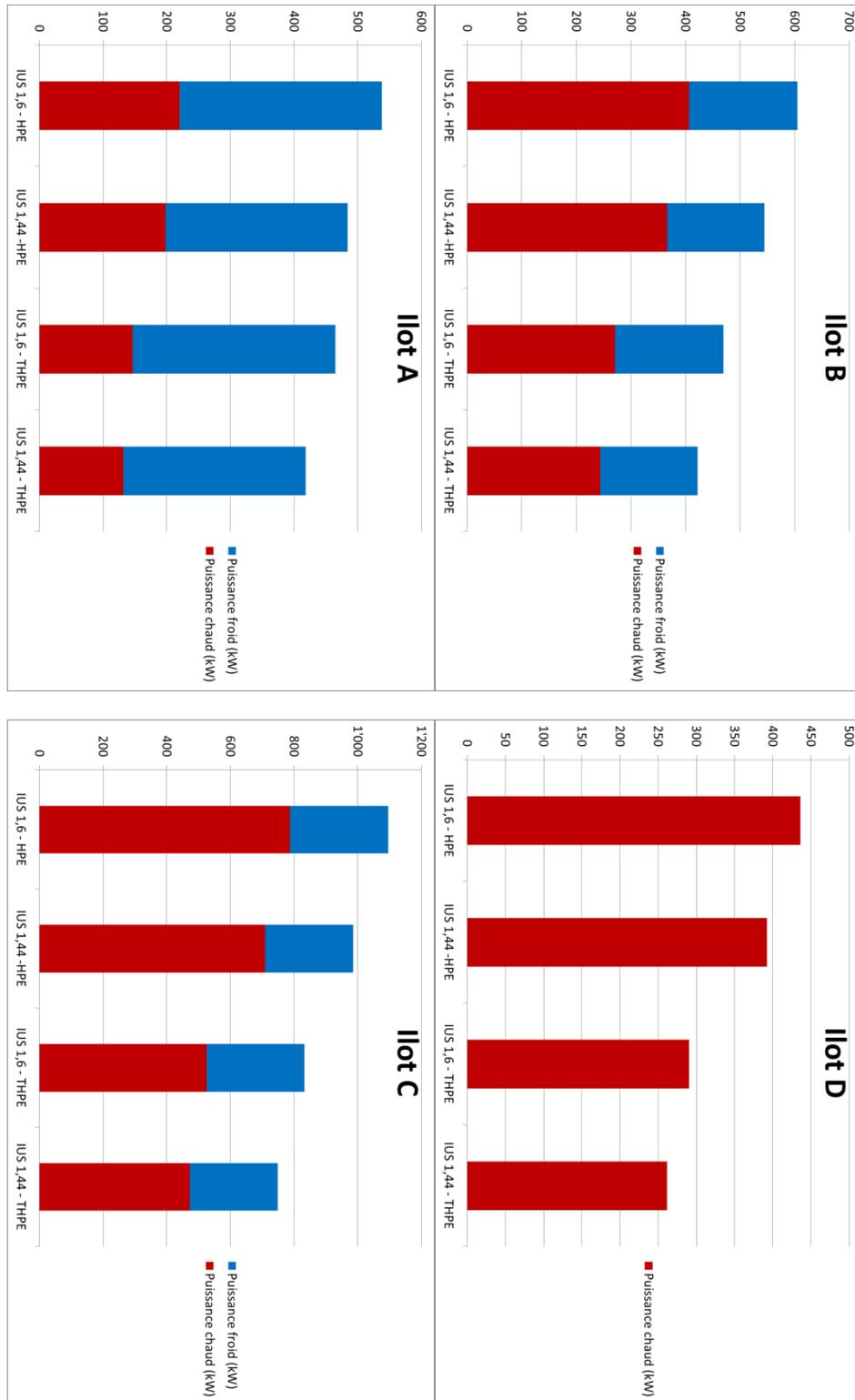


Figure 9 : besoins en puissance thermique spécifique

7.5 Décomposition des besoins en énergie électrique

Le Tableau 6 présente les besoins annuels en énergie électrique par ilot pour les deux valeurs d'IUS.

	Ilot A	Ilot B	Ilot C	Ilot D
	kWh			
IUS 1,6	267'204	702'240	1'400'123	866'140
IUS 1,44	240'484	632'016	1'260'110	779'526

Tableau 6 : besoins annuels en énergie électrique par ilot

8 Stratégies de valorisation du potentiel énergétique local

8.1 Axes de développement des ressources et des réseaux

On propose les axes de développement suivants :

- L'utilisation et la prolongation du réseau CAD SIG.
- La géothermie basse profondeur par utilisation de sondes verticales.
- La valorisation aussi intense que possible de l'énergie solaire.

8.2 Opportunités et contraintes de valorisation des ressources et des réseaux

Dès lors, deux options d'approvisionnement énergétique sont envisageables. On en discute ci-dessous les avantages et inconvénients relatifs.

La première consiste à prolonger le réseau CADSIG (par son antenne du bois-des-frères) jusqu'au PLQ, permettant de satisfaire l'intégralité des besoins en chauffage et en eau chaude sanitaire. Cette option est très facilement réalisable sur le plan technique et peut se déployer sans trop de contraintes au fur et à mesure de la construction des bâtiments. Si le PLQ route de Vernier 115 est lui aussi raccordé, l'extension du CADSIG sera d'autant plus réalisable du point de vue économique. Cette option n'offre pas en revanche de solution immédiatement efficace pour la production de froid : par exemple l'utilisation de la chaleur du réseau, couplée à des systèmes à absorption n'est pas recommandée ; en effet, d'une part, cela demanderait d'élever le niveau de température du réseau en été (qui est prévu à 85°C) et, d'autre part, le bilan énergétique global est défavorable par rapport à des systèmes à compression (plus d'énergie primaire nécessaire au niveau de l'usine des cheneviers et une baisse de la production électrique). Afin de couvrir une part des besoins en froid par de l'énergie renouvelable, d'autres solutions devraient être explorées (froid solaire notamment) ; l'arrivée le cas échéant du réseau Genilac (prolongation depuis l'étang) offrirait évidemment une excellente opportunité de produire du froid par une énergie renouvelable, le problème est qu'il ne s'agit là encore que d'une spéculation. Du point de vue du mix énergétique, la chaleur fournie par CADSIG pour des bâtiments neufs est à 78% issue de la combustion du gaz et 22% de la combustion des déchets⁴ ; il s'agit de la situation en l'état du développement du réseau.

Etant donné que les deux acteurs principaux qui ont été identifiés (Losinger-Marazzi + Fondation émile Dupont) semblent en mesure de construire les ilots C et D dans des temps relativement synchronisés, il est intéressant d'envisager une deuxième option valorisant la géothermie basse profondeur de façon cohérente et concertée sur ces deux ilots. Cette option nécessite certes plus d'investissement financier et une très bonne coordination entre les acteurs, mais elle offre la perspective d'une meilleure efficacité énergétique puisqu'elle permettrait de satisfaire à la fois des besoins en chaud et en froid (par le geocooling). Les réunions et contact téléphoniques qui ont eu lieu avec ces deux acteurs ont montré une forte motivation de ceux-ci pour explorer cette option de façon coordonnée. D'un point de vue technique, la réalisation d'un champ de sondes verticales, commun aux ilots C et D, permettrait de les alimenter en chaud et en froid à partir d'une centrale technique équipée de pompes à chaleur. Ici, les besoins en froid pourraient assurer une recharge estivale du terrain significative (on ne retrouverait pas ce dernier avantage avec des champs des

⁴ Données issues de l'étude : « Réseaux thermiques multi-ressources efficaces et renouvelables », par Quiquerez L. et al (2015) – Groupe énergie UNIGE.

sondes indépendants par îlot, étant donné que l'îlot D a principalement des besoins en chaleur). L'appoint en chaleur pourrait être assuré par le réseau CADSIG, à condition que sa prolongation soit économiquement viable (il y aurait en effet moins de vente de chaleur en perspective par rapport à la première option). Le complément de chaleur, pour sécuriser la recharge estivale, pourrait provenir de panneaux solaires thermiques ou éventuellement des surplus de chaleur de CADSIG (en provenance de CADIOM) si toutefois cela est économiquement viable. Pour la suite de la réalisation du PLQ, le principe proposé pour les îlots C et D pourrait se reproduire sur les îlots A et B si la configuration des futurs acteurs le permet.

Indépendamment des options discutées ci-dessus, l'installation, aussi massive que possible, de panneaux photovoltaïques sur les toits des bâtiments est à privilégier.

8.3 Options d'infrastructures retenues pour le PLQ

On retient donc formellement les deux options suivantes d'infrastructures énergétiques, dont les mises en œuvre sont décrites dans le chapitre 9 :

1. Prolongation du réseau CAD SIG et raccordement progressif des bâtiments, afin de satisfaire les besoins en chaleur.
2. Réalisation d'un champ de sondes géothermiques verticales avec une centrale technique commune pour les îlots C et D, et raccordement au réseau CADSIG (ou au gaz si cela n'est pas possible) pour assurer l'appoint de chaleur hivernal. Cette centrale fournit les besoins en chaud et froid au travers d'un mini réseau. Le principe est reproduit, autant que possible, sur les îlots A et B.

9 Mise en œuvre des options d’approvisionnement pour le PLQ

9.1 Option 1 : raccordement au CADSIG

L’antenne du bois-des-frères du réseau CADSIG est prolongée jusqu’au PLQ en traversant la route de Vernier. Il est recommandé d’installer une sous-station centralisée alimentant l’ensemble des quatre ilots (Figure 10) par un réseau secondaire à plus basse température (typiquement 60°C). La prolongation de cette antenne peut s’envisager conjointement avec le raccordement des bâtiments du PLQ route de Vernier 115 ; une sous-station serait aussi nécessaire pour ce PLQ.

Du point de vue de la réalisation, les SIG prennent en charge la prolongation du réseau CAD jusqu’à la sous-station (i.e. les brides de sortie de l’échangeur de chaleur). Le reste, c’est-à-dire le réseau secondaire, serait a priori pris en charge par le ou les maîtres d’ouvrages des différents ilots.

On rappelle les ordres de grandeurs des puissances thermiques spécifiques :

- PLQ route de Vernier-voies CFF : 1200 à 1800 kW selon les standards de construction et les variantes d’IUS
- PLQ route de Vernier 115 : 300 kW (selon CET 2010-03)

L’installation éventuelle de panneaux solaires photovoltaïques sur les toits des bâtiments peut être planifiée au fur et mesure de la construction sans influence directe sur le dimensionnement du raccordement au CADSIG. Le choix d’une production de froid solaire par absorption serait à envisager indépendamment par bâtiment. Le raccordement (encore hypothétique) au futur réseau Genilac ne demande pas de mesures conservatoires particulières mais plutôt un agencement hydraulique adéquat au niveau des échangeurs de chaleur.

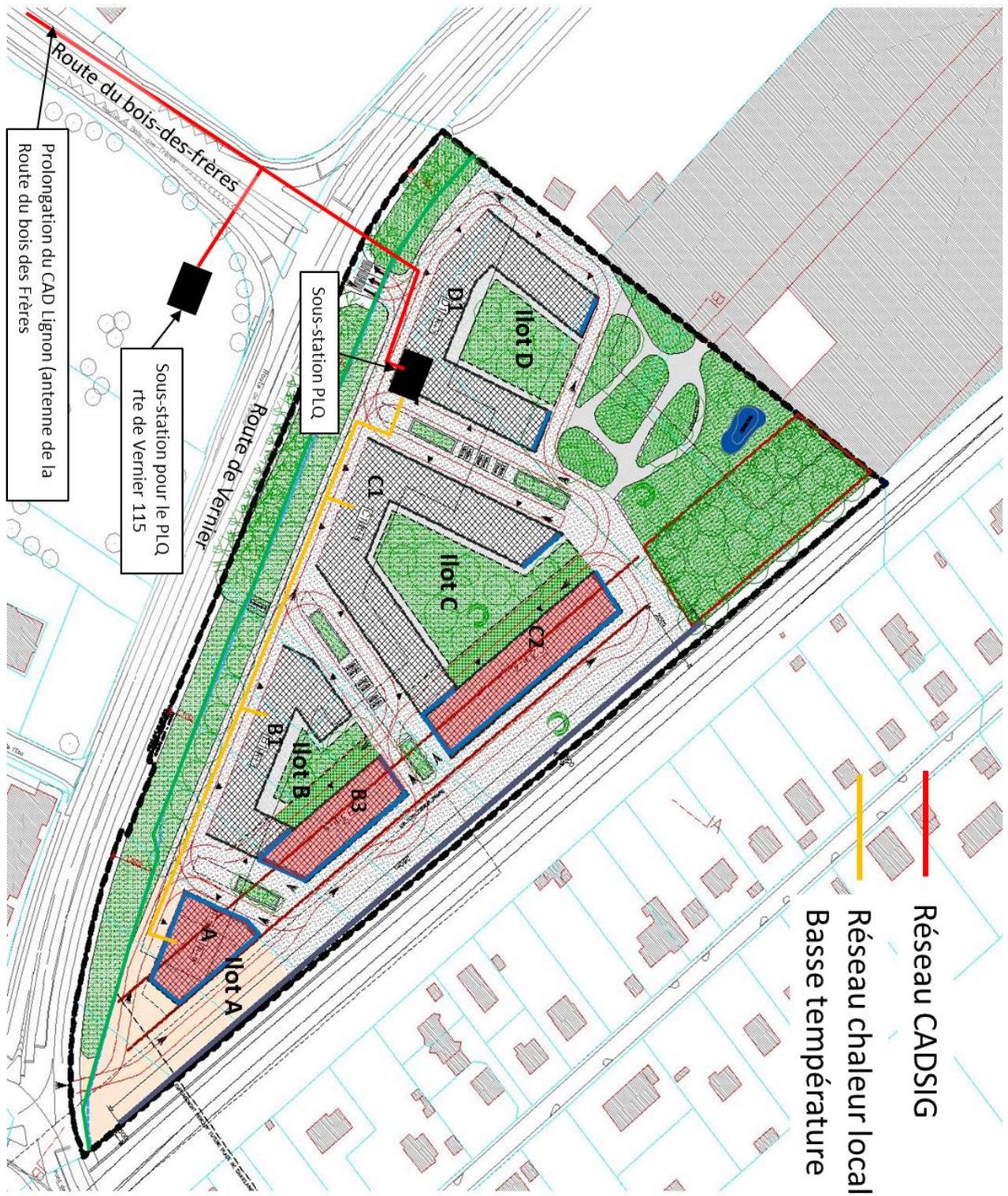


Figure 10 : Infrastructures de l'option 1 – CAD SIG

9.2 Option 2 : Géothermie sur champ de sondes

Cette option prévoit (voir Figure 12) :

- L'implantation de deux champ de sondes pour les îlots C-D et A-B
- La construction de deux centrales techniques communes (équipées de PAC) pour les îlots C-D et A-B, avec les alimentations en chaud et froid à partir de ces centrales.
- Eventuellement la prolongation du réseau CADSiG avec une sous-station d'échange vers un réseau secondaire à basse température (de manière analogue à l'option 1)

Un schéma synoptique est montré sur la Figure 11.

L'étendue de l'installation de panneaux solaires photovoltaïques sur les bâtiments peut-être planifiée au fur et à mesure de la construction, sans influence directe sur le dimensionnement des installations géothermiques.

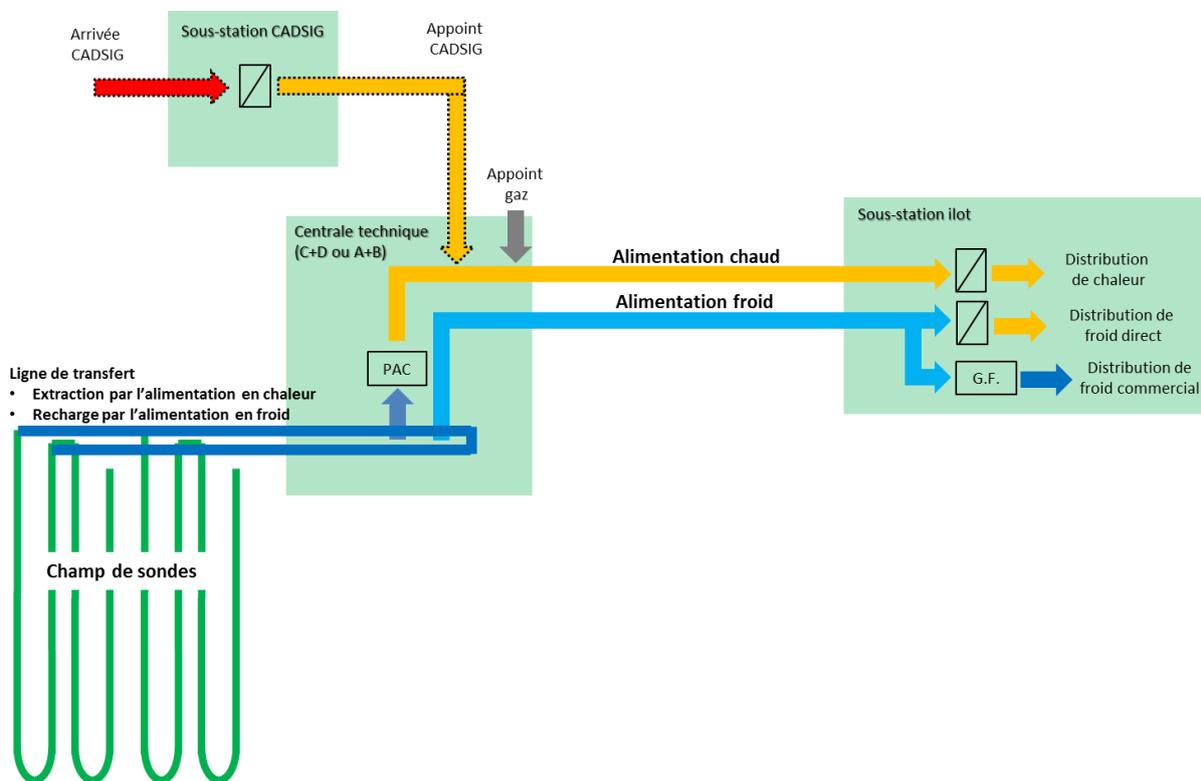


Figure 11 : option 2 – synoptique de fonctionnement

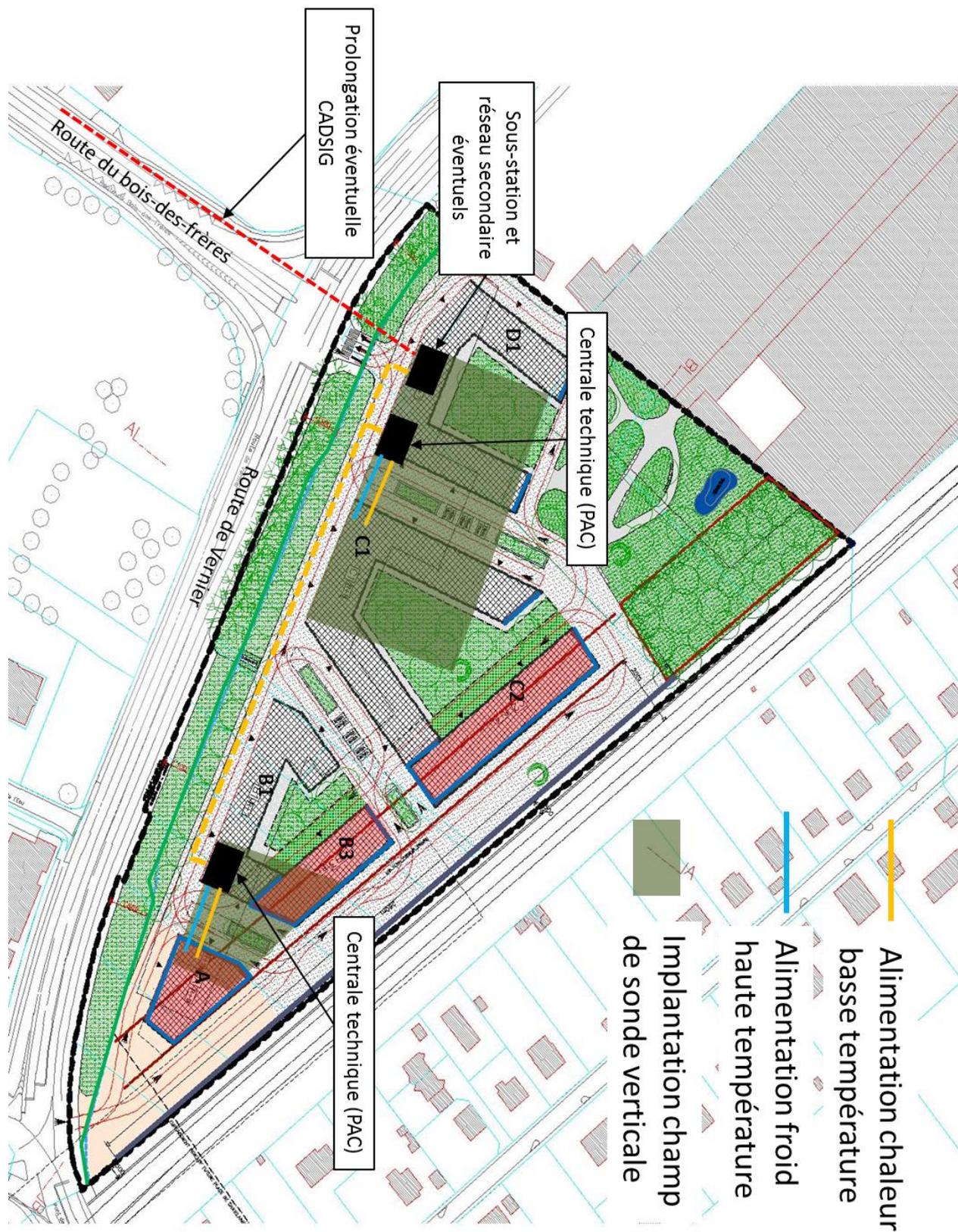


Figure 12 : infrastructures de l'option 2 – géothermie sur champ de sondes

En première approche⁵, l'emprise au sol des champs des sondes est calculée sur la base d'environ 70% de la surface au sol représentée par chaque ilot. Les performances des sondes sont calculées avec les hypothèses de ratios suivants :

- Puissance linéique : 25 W/m
- Longueur par sonde : 150 m (pas trop profond afin de favoriser le geocooling)
- Ecartement entre les sondes 10 m,

ce qui donne les valeurs résumées dans le Tableau 7.

	emprise au sol	nombre de sondes	longueur totale de sondes	puissance thermique extraite du champ de sondes	Puissance thermique des PAC
	m ²		m	kW	kW
Ilots A + B	2'271	23	3'407	85	114
Ilots C+D	6'029	60	9'043	226	301

Tableau 7 : option 2 – caractéristiques des champs de sondes

Les flux d'énergie annuels pour les ilots C et D sont résumés dans le Tableau 8. On constate que le passage d'un standard HPE à THPE permettrait d'augmenter d'environ 13 % la part des PAC dans la fourniture de chaleur. Les besoins en froid permettraient d'injecter annuellement dans les sondes environ 16% de la chaleur extraite. L'appoint éventuel de CADSIG représente une puissance équivalente de 230 kW à 620 kW selon les cas.

	Ilot C+D			
	HPE		THPE	
	IUS 1,6	IUS 1,44	IUS 1,6	IUS 1,44
besoins en chaleur annuels en retranchant l'apport solaire thermique (40% ECS) – kWh	2'126'615	1'913'954	1'596'250	1'436'625
Part annuelles PAC sur sondes - kWh	1'320'314	1'271'337	1'204'866	1'137'920
	62%	66%	75%	79%
<i>Appoint annuel CADSIG</i>	<i>806'301</i>	<i>642'617</i>	<i>391'383</i>	<i>298'704</i>
<i>Equivalent kW bât. neuf (1300 h/an)</i>	<i>620</i>	<i>494</i>	<i>301</i>	<i>230</i>
Extraction de chaleur des sondes - kWh	990'236	953'503	903'650	853'440
Injection de chaleur dans les sondes (geocooling) - kWh	165'242	148'718	165'242	148'718
ratio injecté/extrait	17%	16%	18%	17%

Tableau 8 : option 2 – flux d'énergie annuels - ilots C-D

Le Tableau 9 présente les mêmes résultats pour les ilots A et B. On constate que du fait de la présence du bâtiment A, avec ses besoins en froid importants, il serait possible d'injecter annuellement dans les sondes plus des deux tiers de la chaleur extraite.

⁵ Aucune indication précise sur le sous-sol des bâtiments n'est encore connue

	Ilot A+B			
	HPE		THPE	
	IUS 1,6	IUS 1,44	IUS 1,6	IUS 1,44
besoins en chaleur annuels en retranchant l'apport solaire thermique (40% ECS) – kWh	998'394	898'555	726'636	653'973
Part annuelles PAC sur sondes - kWh	511'905	497'939	480'121	460'319
	51%	55%	66%	70%
<i>Appoint annuel CADSIG</i>	486'489	400'616	246'515	193'654
<i>Equivalent kW bât. neuf (1300 h/an)</i>	374	308	190	149
Extraction de chaleur des sondes - kWh	383'929	373'454	360'091	345'239
Injection de chaleur dans les sondes (geocooling) - kWh	277'225	249'503	277'225	249'503
ratio injecté/extrait	72%	67%	77%	72%

Tableau 9 : option 2 – flux d'énergie annuels - ilots A-B

Afin d'optimiser l'équilibre thermique des champs de sondes à long terme, il serait intéressant de pouvoir mutualiser les flux ce qui permettrait d'obtenir globalement en ratio chaleur injectée/extraite de plus de 30%.

Si l'on souhaitait s'orienter vers la possibilité de faire du stockage saisonnier en essayant d'équilibrer le rapport entre chaleur injectée et extraite, il faudrait compter sur environ 850'000 à 950'000 kWh/an de chaleur supplémentaire à fournir pendant la période estivale. Dans le cas où le raccordement au réseau CADSIG (pour l'appoint) était rentable, alors les surplus de chaleur en provenance de CADIOM pourraient être utilisés. Dans l'état actuel du réseau, ceux-ci sont estimés à 46 GWh de mars à octobre avec 34 GWh pour les seuls mois de juin-juillet-Août⁶.

9.3 Comparaison des options

Les Figure 13 et Figure 14 présentent, pour les deux options, les parts relatives des différentes sources d'énergies utilisées pour l'approvisionnement en chaleur. A noter que pour la part géothermie, il faut aussi compter la consommation électrique pour le fonctionnement des pompes à chaleur (Tableau 10). Cette électricité peut-être certifiée d'origine 100% renouvelable.

HPE		THPE	
IUS 1,6	IUS 1,44	IUS 1,6	IUS 1,44
kWh			
458'055	442'319	421'247	399'560

Tableau 10 : option 2 – consommations électriques annuelles pour l'alimentation des PAC – hyp. COP =4

⁶ Données issues de l'étude : « Réseaux thermiques multi-ressources efficaces et renouvelables », par Quiquerez L. et al (2015) – Groupe énergie UNIGE.

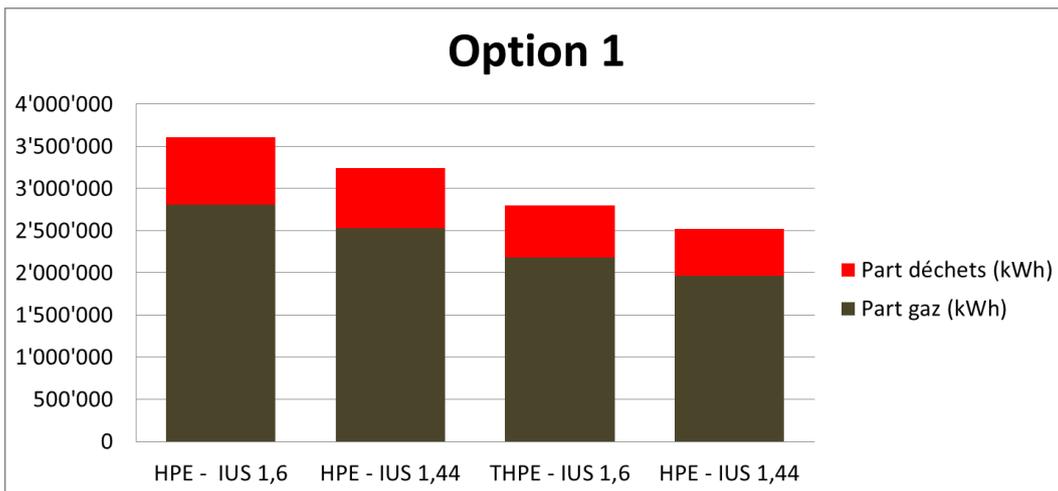


Figure 13 : option 1 – part des énergies primaires dans l’approvisionnement en chaleur

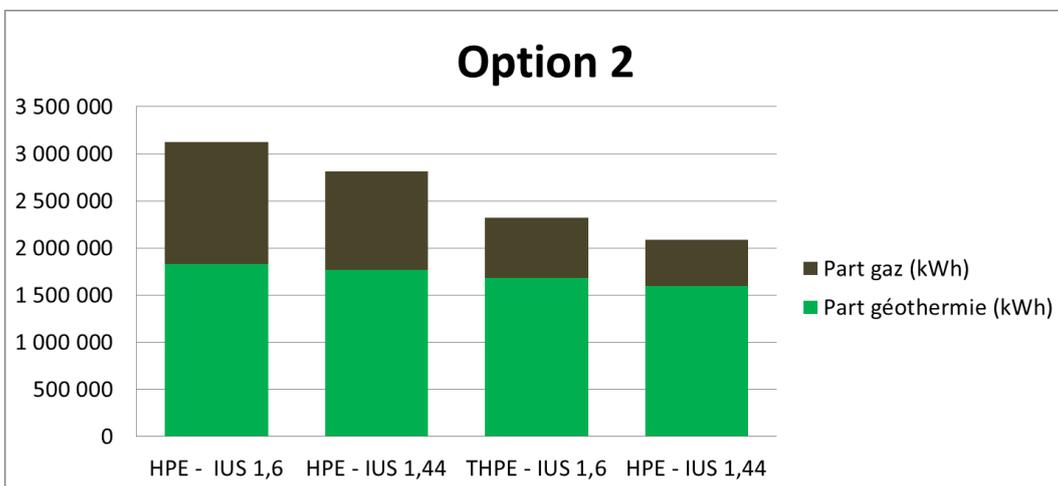


Figure 14 : option 2 – part des énergies primaires dans l’approvisionnement en chaleur

En ce qui concerne l’option 2, le fait d’avoir un appoint de la part de CADSIG ne changerait pratiquement pas la part de gaz dans la fourniture, étant donné que cet appoint serait actif surtout les mois froids durant lesquels le mix thermique de CASIG est quasiment 100% gaz.

9.4 Mesures à prévoir pour les niveaux de planification inférieurs

Quel que soit la solution d’approvisionnement finalement retenue, les bâtiments et leur installation technique doivent être conçus de façon à pouvoir être chauffés avec un bas niveau de température (<40°C) et rafraîchis avec un haut niveau de température (>15°C).

L’organisation hydraulique des bâtiments devra faciliter le raccordement à un réseau ou à des réseaux thermiques.

10 Synthèse et recommandations

La réalisation du PLQ commencera de façon certaine par les ilots D (M.O. Losinger-Marazzi) et C (M.O. Fondation Emile Dupont). Les ilots A et B se construiront dans un second temps.

Deux options sont envisageables pour l’approvisionnement du PLQ :

- Option 1 : prolongation du réseau CADSIG et raccordement progressif des bâtiments. Cette option nécessite idéalement la création d’une sous-station d’échange eau surchauffée/eau chaude, commune au PLQ, à partir de laquelle se déploiera le réseau de chaleur secondaire. Une coordination (en principe sans difficultés) entre les maîtres d’ouvrage ainsi que des mesures conservatoires minimales sont à prévoir, pour l’extension ultérieure du réseau secondaire (vers les ilots A et B).
- Option 2 : en profitant de la réalisation synchronisée des ilots C et D, ainsi que de la volonté des maîtres d’ouvrages concernés de collaborer, un champ de sondes communs aux deux ilots pourrait être implanté, afin de mutualiser les approvisionnements en chaud et en froid (par geocooling). Un principe équivalent pourrait être mis en œuvre pour les ilots A et B, si la configuration des futurs acteurs est favorable. A terme, une mutualisation des flux thermique entre les deux champs de sondes pourrait améliorer les performances de l’ensemble.

L’option 2 est la plus efficiente du point de vue énergétique, mais elle nécessite une réelle coordination entre les acteurs, et des surinvestissements conséquents estimés à 1,9 MCHF (ilots C+D) et 0,9 MCHF (ilots A+B). Toutefois, ce surplus pourrait être compensé par le choix d’un standard HPE (au lieu de THPE pour la construction). En effet, avec l’option 2, un standard HPE reste plus avantageux dans la voie de la transition énergétique par rapport à l’option 1 avec un standard THPE (voir Figure 15). Par ailleurs, cette option offre un potentiel d’amélioration à long terme. En effet, si un raccordement est fait avec le réseau CADSIG, un déphasage thermique saisonnier (via les champs de sondes géothermiques) des surplus estivaux actuels de chaleur de l’usine des Cheneviers, contribuerait à l’augmentation du potentiel des futures énergies de substitution pour CADSIG (pôle bio, GGP). Le déphasage saisonnier permettrait en effet à ces futures énergies de se rapprocher d’un fonctionnement en ruban sur l’année, ce qui permettrait de les valoriser de façon plus optimale.

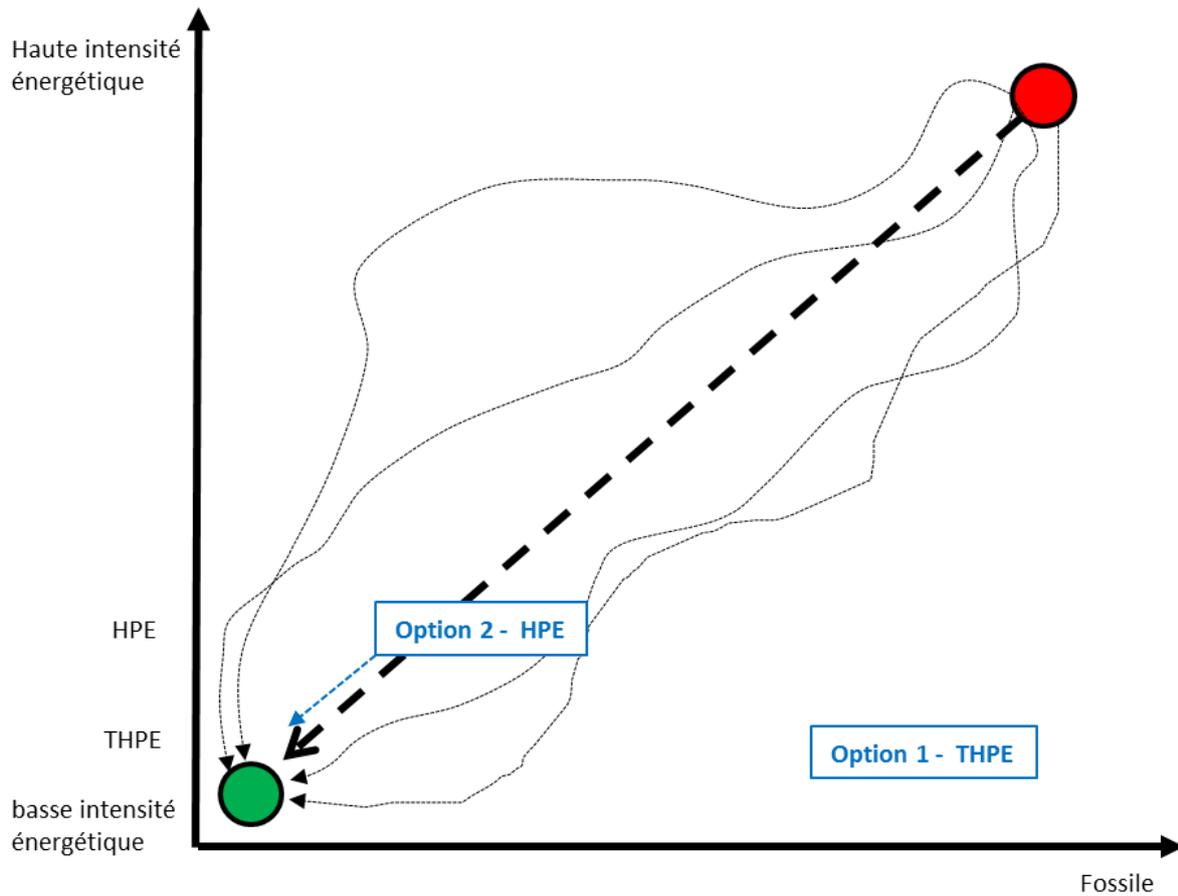


Figure 15 : les options 1 et 2 sur la voie de la transition énergétique

Afin de statuer sur la mise en œuvre de l'option 2, nous recommandons :

- Une prise de position des acteurs concernés.
- Une investigation technico-économique afin de déterminer les modalités d'investissement pour la réalisation de l'infrastructure.
- De déterminer si un appoint CADSIG est envisageable économiquement (de 400 à 950 kW équivalent selon les standards et densités de construction).

11 Annexes

	Logements				activités			
	ratio chauffage + ECS	ratio ECS	ratio refroidissement	ratio électriques	ratio chauffage + ECS	ratio ECS	ratio refroidissement	ratio électriques
	kWh/m ²				kWh/m ²			
HPE	59	23	0	55	53	8	25	42
THPE	47				38			
	Logements			Activités				
	Puissance spécifique chauffage	Puissance spécifique refroidissement		Puissance spécifique chauffage	Puissance spécifique refroidissement			
	W/m ²			W/m ²				
HPE	28	0		35	50			
THPE	18			23				

Tableau 11 : ratios appliqués pour les besoins en énergie

12 Références

Référence 1 : Commune de Vernier – *Plan Directeur Communal* – Rapport URBAPLAN – Février 2007

Référence 2 : Service cantonal de l'énergie (SCANE), Services industriels de Genève (SIG) – *Evaluation du potentiel géothermique du canton de Genève* – Volume 1 – Rapport final – Elaboré par le groupe de travail PGG – Rapport provisoire - Janvier 2011