



WEINMANN
ENERGIES

PLQ CARANTEC 30126

LE GRAND-SACONNEX, GENEVE



CONCEPT ENERGETIQUE TERRITORIAL
CET 2018-05 V2

OFFICE CANTONAL
DE L'ENERGIE
Rue du Fort-Saint-Pierre 4
Case postale 3920
1211 Genève 3
03.04.2023

WE 25798
Mars 2023
Version 10

Personne de référence :
Hélène Perrineau
021 886 18 95
hpe@weinmann-energies.ch

WEINMANN-ENERGIES SA
INGÉNIEURS-CONSEILS
info@weinmann-energies.ch
weinmann-energies.ch

ECHALLENS
Chemin du Grésaley 4 | CP 396
1040 Echallens
T. +41 21 886 20 20

GENÈVE
Chemin de Blandonnet 2
1214 Vernier
T. +41 22 341 47 16

NEUCHÂTEL
Ruelle William-Mayor 2
2000 Neuchâtel
T. +41 32 710 12 10

TABLE DES MATIERES

RÉSUMÉ DES MODIFICATIONS.....	4
1 CONTEXTE GÉNÉRAL.....	5
1.1 Objectifs	5
1.2 Localisation.....	5
1.3 Descriptif du projet.....	7
1.4 Contexte politique et légal	8
1.4.1 Bases légales du Concept Energétique Territorial (CET).....	8
1.4.2 Exigences légales pour les bâtiments neufs	8
1.4.3 Exigences du MoPEC 2014 pour les bâtiments neufs	9
1.4.4 La ville du Grand-Saconnex, Cité de l'énergie	10
1.5 Contexte territorial et développements.....	11
1.5.1 Le Grand Projet Grand-Saconnex et les plans directeurs cantonal et communal	11
1.5.2 Concepts Energétiques Territoriaux	13
1.5.3 Plans Localisés de Quartiers (PLQ)	14
1.5.4 Projets d'envergure en développement à proximité	15
1.5.5 Construction de la route des Nations	16
1.5.6 Réseaux thermiques structurants	17
1.6 Contexte environnemental.....	19
1.6.1 Qualité de l'air	19
1.6.2 Bruit.....	20
1.6.3 Qualité du sol.....	21
1.6.4 Hydrogéologie.....	22
2 ETAT DES LIEUX ÉNERGÉTIQUE.....	23
2.1 Evolution prévisible des besoins en énergie.....	24
2.1.1 Evolution des surfaces	24
2.1.2 Besoins actuels.....	25
2.1.3 Production d'énergie existante	26
2.1.4 Besoins futurs, selon le projet en 2017	27

2.2	Ressources énergétiques renouvelables et rejets thermiques locaux	30
2.2.1	Bois.....	30
2.2.2	Géothermie de faible profondeur exploitée via une pompe à chaleur.....	30
2.2.3	Géothermie de moyenne et grande profondeur.....	30
2.2.4	Chaleur de la nappe phréatique exploitée via une pompe à chaleur	31
2.2.5	Chaleur de l'air exploitée via une pompe à chaleur	31
2.2.6	Chaleur des eaux usées exploitée via une pompe à chaleur	32
2.2.7	Energie solaire	32
2.3	Infrastructures énergétiques existantes et projetées	33
2.3.1	Réseau électrique	33
2.3.2	Réseau de gaz.....	33
2.3.3	Réseau hydrothermique GeniLac Aéroport.....	33
2.3.4	Réseau thermique GeniTerre	33
2.3.5	Réseau d'assainissement des eaux	34
2.4	Acteurs.....	35
2.5	Synthèse de l'état des lieux énergétique et définition des stratégies énergétiques	37
3	ANALYSE DES STRATEGIES ENERGETIQUES.....	38
3.1	Mesures communes à toutes les stratégies	39
3.2	Scénario 1 – Réseau Thermique Structurant (GeniLac & PAC ou GeniTerre).....	40
3.3	Scénario 2 – Sondes géothermiques ou nappe & PAC.....	41
3.4	Scénario 3 – PAC air-eau	43
3.5	Synthèse des stratégies énergétiques.....	44
3.6	Planning et actions à entreprendre	45
3.7	Subventions.....	46
4	SYNTHÈSE GÉNÉRALE ET RECOMMANDATIONS.....	47

RESUME DES MODIFICATIONS

Le présent CET a été modifié en 2022 et 2023 pour accompagner le nouveau PLQ Carantec qui tient compte des oppositions formulées durant la procédure d'opposition.

Les principales modifications (par rapport à la première version du CET validée en 2018 par l'OCEN) sont les suivantes :

- Adaptation du contexte général (chapitre 1) pour tenir compte de l'évolution du projet Carantec ainsi que des projets en développement à proximité
- Adaptation des connaissances au sujet des réseaux thermiques (Genilac et GeniTerre) et de la géothermie

Depuis la première version du CET, le projet a légèrement évolué, mais sans impact majeur sur les stratégies énergétiques possibles. Les stratégies d'approvisionnement énergétique les plus pertinentes restent le raccordement à un réseau thermique (GeniLac ou GeniTerre) et l'utilisation de la chaleur du sol, avec des sondes géothermiques ou de la nappe. Toutefois, le raccordement à un réseau thermique structurant (RTS) est prioritaire depuis l'adoption du Plan Directeur de l'Energie en 2020. GeniLac et GeniTerre sont tous deux des RTS.

1 CONTEXTE GENERAL

Ce premier chapitre vise à définir les objectifs de ce rapport et à situer le projet étudié dans le contexte général dans lequel il s'inscrit.

1.1 Objectifs

Ce Concept Energétique Territorial (CET) concerne le projet « Carantec » situé au Grand-Saconnex à Genève, qui vise à créer des logements, des activités et un équipement communal. Ce CET accompagne le Plan Localisé de Quartier (PLQ) du projet Carantec du bureau d'architectes Group8. Leur projet a été retenu comme projet lauréat à l'issue du concours d'architecture mené en 2016 par la ville du Grand-Saconnex en partenariat avec Swiss Life SA et le département de l'aménagement, du logement et de l'énergie (DALE) de l'Etat de Genève.

Les objectifs de cette étude sont les suivants :

- Situer les bâtiments existants et futurs au niveau de la parcelle et du périmètre élargi du site, afin d'avoir une vision d'ensemble des opportunités offertes ou à venir ;
- Mettre en avant les interactions du périmètre avec l'environnement, les infrastructures et les acteurs concernés ;
- Fournir les orientations et stratégies de mise en œuvre permettant de favoriser le recours aux énergies renouvelables ;
- Définir les stratégies à favoriser à différents horizons temporels ainsi que leurs implications (principes de rationalité et d'efficacité).

1.2 Localisation

Le projet Carantec se situe sur la commune du Grand-Saconnex. Le périmètre du projet est délimité par la route de Ferney à l'ouest, la route de Colovrex au nord et le chemin Auguste-Vilbert à l'est et au sud. Il est constitué des espaces publics communaux de la place Carantec et des terrains privés de la Colombière à l'est de la place Carantec. Ces terrains privés accueillent aujourd'hui une centaine de logements et quelques commerces qui seront démolis dans le cadre du projet.



Figure 1 - Localisation du projet Carantec (en rouge) (source : SITG)

9 parcelles sont concernées par le projet :

- Les parcelles privées 1301 et 1303 qui accueillent des bâtiments de logements qui seront détruits,
- La parcelle 339, propriété communale, qui accueille une villa reconvertie en cabinet médical "la Maison des Médecins" qui sera rénovée (futur bâtiment D),
- La parcelle 566, propriété communale, sans construction actuellement,
- Les parcelles 1114 (partielle), 1408, 1410, 1422 (partielle) et 1426, qui appartiennent aux domaines publics communaux.

Les parcelles seront adaptées ultérieurement afin de définir une nouvelle répartition entre les maîtres d'ouvrage.

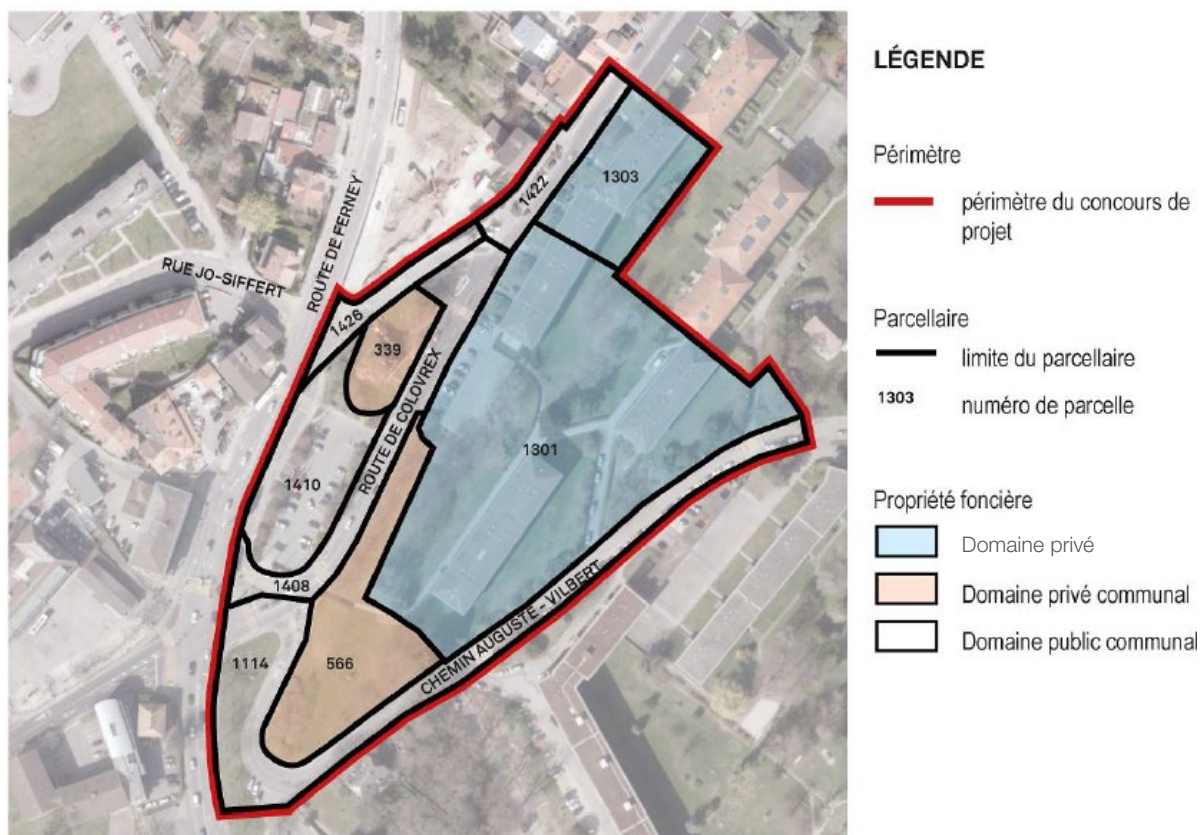


Figure 2 - Périmètre du PLQ Carantec au concours et état foncier actuel (source : Règlement-programme du concours du projet Carantec)

Données générales sur le périmètre d'étude	
Commune	Grand-Saconnex
Parcelles	339, 566, 1114, 1301, 1303, 1408, 1410, 1422 et 1426
Surface au sol totale	env. 31'000 m ²
Type de propriétaires	Public et privé
Altitude	env. 450 m
Adresses	Parc. 339, 338 m ² _{SRE} : Place de Carantec 2 Parc. 1301, 4'336 m ² _{SRE} : Route de Colovrex 2, 4, 6, Parc. 1303, 4'162 m ² _{SRE} : Route de Colovrex 8, 10, 12 et Chemin Auguste-Vilbert 1, 3, 5, 7, 9

1.3 Descriptif du projet

Le projet vise à créer de nouveaux logements, des activités et des équipements communaux, ainsi qu'à réaménager la place Carantec et ses abords du côté est.

Les immeubles de logements existants seront détruits au fur et à mesure de la construction de 3 nouveaux bâtiments de logements, qui accueilleront près de 300 logements. La densité sur la parcelle va notablement augmenter, puisque le site accueille seulement une centaine de logements actuellement. Les locataires actuels pourront être relogés dans les nouvelles constructions.

Trois bâtiments sont prévus. Le bâtiment A accueillera à la fois des logements, des activités et des commerces au rez-de-chaussée, tandis que le bâtiment B abritera uniquement des logements. Le bâtiment C aura la particularité d'accueillir des logements pour les personnes âgées et pour les étudiants, en plus de logements traditionnels et de locaux dédiés aux activités. En sous-sol, le projet prévoit la construction d'un parking commun à l'ensemble des bâtiments.

La Maison des Médecins (D sur le plan ci-après), classée en note 4+ au recensement architectural, va être conservée et entièrement rénovée. Sa rénovation devra tenir compte de son intérêt patrimonial. Son utilisation finale est encore incertaine, mais un restaurant et des surfaces pour un usage communal pourraient être créés dans ces locaux.

Le projet se déroulera en 3 étapes à partir de 2024-2025 :

- Étape 1 : construction du bâtiment A,
- Étape 2 : construction du bâtiment C et rénovation du bâtiment D,
- Étape 3 : construction du bâtiment B.

A noter que les études de projet devraient débuter en 2023.

En parallèle, la place Carantec et ses abords vont être réaménagés afin d'accueillir le tramway.

Enfin, sur le plus long terme, un équipement communal (E sur le plan) devrait être construit au nord du périmètre d'étude. Sa construction nécessitera la destruction d'un immeuble. Toutefois, l'horizon temporel de réalisation de ce projet n'est pas connu.

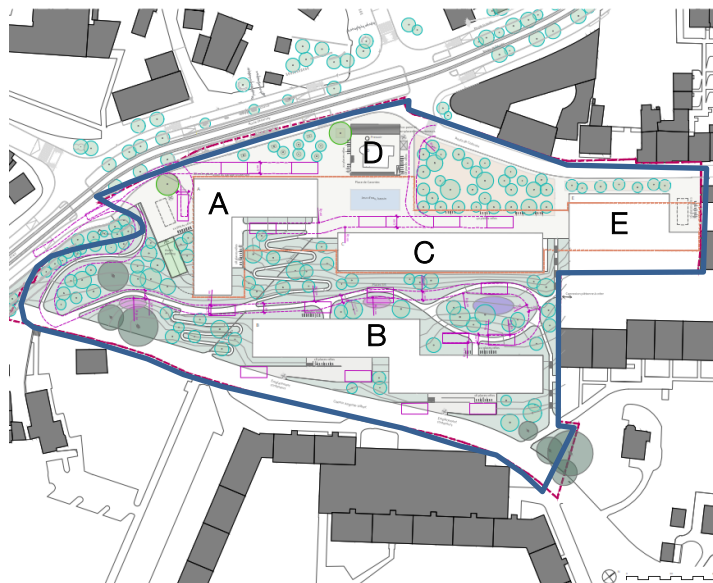


Figure 3 - Plan masse (source : Hager, mars 2022) En bleu, le PLQ Carantec

1.4 Contexte politique et légal

1.4.1 Bases légales du Concept Energétique Territorial (CET)

Pour permettre la densité souhaitée sur le site Carantec, une modification de la zone d'affectation du sol a été nécessaire (la zone de développement 3 a été adoptée le 1^{er} novembre 2019). A cet effet, un nouveau Plan Localisé de Quartier, PLQ, a été élaboré sur le périmètre concerné. Le présent CET fait partie de ce PLQ.

Le présent CET est élaboré selon la « *Directive relative au Concept énergétique territorial* » de l'OCEN du 4 août 2010, qui est notamment régie par la Loi sur l'énergie (LEn) du Canton de Genève. Le présent CET se base sur la LEn en vigueur et sur la dernière version de la norme SIA 380/1, soit l'édition 2016, pour l'évaluation des futurs besoins en énergie du projet.

NB : Le règlement d'application de la loi sur l'énergie évolue régulièrement. Dans les phases ultérieures du projet, les standards énergétiques genevois selon les dernières mises à jour du règlement d'application de la loi sur l'énergie (REn, L 2 30.01) seront à prendre en compte pour le bâtiment existant conservé et les nouveaux bâtiments projetés. Il faudra également considérer l'évolution des seuils IDC selon les dernières mises à jour du règlement d'application de la loi sur l'énergie (REn, L 2 30.01) pour le bâtiment existant conservé et rénové.

1.4.2 Exigences légales pour les bâtiments neufs

En 2023, la Loi sur l'énergie (LEn) du Canton de Genève impose que les bâtiments neufs respectent un standard de haute performance énergétique (HPE). Ce dernier impose que :

- les besoins de chauffage des bâtiments soient inférieurs ou égaux à 80% des besoins de chaleur limites définis par la norme SIA 380/1, édition 2016
- l'alimentation principale en chaleur provienne d'énergies non fossiles et locales, ou d'un réseau thermique à distance dont la part d'énergies non fossiles et locales est d'au moins 50%
- 30% des besoins d'eau chaude sanitaire soient couverts par du solaire thermique
- une installation solaire photovoltaïque soit mise en place, à hauteur de 10 Wc par m² de surface de référence énergétique dans la limite de 30 kWc obligatoire par bâtiment
- les valeurs cibles de la norme SIA 387/4 soient respectées pour l'éclairage (hors logements).

Une équivalence peut être obtenue, soit par l'intermédiaire d'un label Minergie, soit sur la base du MoPEC 2014 (modèle de prescriptions énergétiques des cantons), soit avec des étiquettes énergétiques (CECB+/SIA 2031).

Comme mentionné dans la suite du rapport, les bâtiments communaux du projet Carantec respecteront le standard Minergie P-Eco, qui correspond à un standard plus élevé que le standard HPE. Il est équivalent au standard de très haute performance énergétique (THPE-2000W), qui est exigé pour les constructions de bâtiments et les installations des collectivités publiques, des établissements et fondations de droit public et de leurs superficières, en conformité avec l'article 16 de la loi sur l'énergie (LEn, L 2 30). Cela implique notamment l'obligation de mettre en place des surfaces photovoltaïques plus importantes. Compte tenu du statut particulier du site, qui réunit des parcelles publiques et privées, l'atteinte d'un standard THPE-2000W pourrait être exigé pour l'ensemble du site. Il conviendra de le vérifier d'ici au démarrage des projets.

En 2023, les bâtiments répondant au standard de très haute performance énergétique (THPE 2000W) ont les caractéristiques suivantes :

- les besoins de chauffage des bâtiments sont inférieurs ou égaux à 60% des besoins de chaleur limites définis par la norme SIA 380/1, édition 2016
- l'alimentation principale en chaleur provient d'énergies non fossiles et locales, ou d'un réseau thermique à distance dont la part d'énergies non fossiles et locales est d'au moins 80%
- les besoins d'énergie annuels pondérés pour le chauffage, la préparation de l'eau chaude sanitaire, la ventilation et le rafraîchissement sont inférieurs à 70% des valeurs limites du MoPEC.
- 50% des besoins d'eau chaude sanitaire sont couverts par du solaire thermique
- une installation solaire photovoltaïque est mise en place, à hauteur de 30 Wc par m² de surface de référence énergétique (dans la limite de 100 kWc obligatoire par EGID selon le guide pour les installations solaires à Genève publié le 25 novembre 2022)
- les valeurs cibles de la norme SIA 387/4 sont respectées pour l'éclairage

Une équivalence peut être obtenue, soit par l'intermédiaire d'un label Minergie P-Eco ou Minergie-A, soit sur la base des étiquettes énergétiques (CECB+/SIA 2031).

En ce qui concerne l'obligation de prévoir des capteurs solaires thermiques pour couvrir au minimum 30% des besoins de chaleur pour l'eau chaude sanitaire pour le standard HPE (respectivement 50% pour le standard THPE), quelques exceptions sont prévues par la loi si d'autres sources d'énergies renouvelables sont utilisées. Notamment, l'utilisation de panneaux solaires photovoltaïques peut être admise sous certaines conditions.

L'obligation légale de mettre en œuvre des panneaux solaires doit être prise en compte lors de la planification dans la définition des hauteurs de construction, compte tenu des contraintes du plafond aérien lié à l'aéroport de Genève. En effet, le plafond aérien limite la hauteur autorisée des constructions et aucun équipement de toiture ne peut dépasser cette limite. Le site Carantec se trouve dans une zone où le plafond de sécurité se situe entre 464 et 490 m/mer.



Figure 4 - Extrait du plan des zones de sécurité (source : Genève Aéroport, 2017) En bleu, le PLQ Carantec.

De manière générale, il faut maximiser tant que possible l'exploitation de l'énergie solaire sur les bâtiments.

1.4.3 Exigences du MoPEC 2014 pour les bâtiments neufs

Le règlement d'application de la loi sur l'énergie (REn) a été modifié le 12 juin 2019 pour intégrer les exigences du MoPEC (modèle de prescriptions énergétiques des cantons) 2014. La modification majeure qui a été incluse dans ce règlement est l'obligation de produire une partie des besoins en électricité sur site avec des panneaux solaires photovoltaïques, à hauteur de 10 Wc par m² de surface de référence énergétique dans la limite de 30 kWc obligatoire par bâtiment.

1.4.4 La ville du Grand-Saconnex, Cité de l'énergie

En 2008, la ville du Grand-Saconnex a obtenu le label Cité de l'Energie. En 2009, elle s'est également dotée d'un Agenda 21, qui est aujourd'hui intégré dans les actions de l'Agenda 2050. En 2016, la ville a obtenu le label Cité de l'énergie GOLD. Elle a été relabélisée en 2021 en récompense à l'adoption d'objectifs environnementaux et énergétiques exemplaires et à la mise en place de mesures dans ce sens.

La commune s'est fixé des objectifs chiffrés pour augmenter la part des énergies renouvelables et diminuer ses émissions CO₂ à l'horizon 2030, à savoir :

- augmenter de 20% l'efficacité énergétique par rapport à l'année de référence ;
- réduire de 20% les émissions de CO₂ ;
- augmenter de 20% la part des énergies renouvelables dont 40% pour le chauffage et l'eau chaude, 10% pour l'électricité et 5% pour la mobilité ;
- et tendre vers la Société à 2'000 watts de 3'500 W par personne et par an.

Elle met en œuvre des mesures dans ce sens, par exemple pour les bâtiments :

- installation de panneaux solaires photovoltaïques,
- électricité consommée par la commune 100% certifiée d'origine renouvelable et avec une faible empreinte carbone (produit 100% Vitale Vert des SIG certifié naturemade star),
- programme d'assainissement énergétique des bâtiments à venir, etc.

Elle a également adopté le Standard Bâtiments 2019.1 et s'est engagée à ce que tous les bâtiments neufs communaux respectent le standard Minergie P-Eco.

En mars 2023, Minergie-P impose notamment que :

- les besoins de chauffage des bâtiments soient inférieurs ou égaux à 70% des besoins de chaleur limites définis par la norme SIA 380/1, édition 2016
- la majeure partie des besoins de chauffage et d'eau chaude sanitaire soit fournie par des énergies renouvelables, seule une couverture des pointes avec des énergies fossiles est autorisée
- les besoins en énergie finale avec et sans photovoltaïque soient inférieurs à des valeurs limites définies par Minergie
- une installation solaire photovoltaïque soit mise en place, à hauteur de 10 Wc par m² de surface de référence énergétique dans la limite de 30 kWc obligatoire par bâtiment
- un renouvellement d'air contrôlé soit prévu

Ces exigences vont être renforcées durant l'été 2023, mais le détail des modifications n'est pas encore connu.

Minergie Eco est un standard de construction durable qui tient compte d'aspects liés à la santé et l'écologie de la construction. A ce stade de développement du projet, il faut veiller à ce que la position relative des bâtiments soit favorable à l'apport en lumière naturelle et, dans la mesure du possible, limiter le volume des sous-sols qui ont un impact non négligeable sur l'énergie grise. Ce label n'a pas d'impact direct sur le choix de la stratégie d'approvisionnement énergétique du quartier.

1.5 Contexte territorial et développements

La ville du Grand-Saconnex est vouée à d'importants développements en termes d'aménagements et d'infrastructures dans les années à venir. Le projet Carantec se situe ainsi dans le périmètre de plusieurs projets, traités à des échelles différentes.

1.5.1 Le Grand Projet Grand-Saconnex et les plans directeurs cantonal et communal

Le PLQ Carantec s'inscrit dans le cadre du Grand Projet Grand-Saconnex¹ (GP n° P09), défini dans le Plan Directeur Cantonal (PDCn) de Genève. Le PDCn décrit les objectifs relatifs à l'aménagement du territoire cantonal.

Le PDCn souligne l'importance de la valorisation des ressources énergétiques renouvelables locales et de la diminution de l'énergie grise consommée lors de la réalisation de projets. Il rappelle également la volonté du canton d'aller vers la société à 2000 watts (d'ici 2050 selon le Plan Directeur de l'Energie). Le canton a pour objectif de réduire de 60% les émissions de gaz à effet de serre d'ici 2030 par rapport à 1990, et d'atteindre la neutralité climatique d'ici 2050.

Le GP Grand-Saconnex vise à offrir de nouveaux logements aux Saconnésiens, tout en développant des espaces et équipements publics de qualité. Il prévoit, sur trois secteurs de la ville (Bois-Brûlé, Susette et Carantec), la création de près de 1'300 logements et 76'000 m² d'activités, ainsi que le développement d'infrastructures majeures de mobilité (route des Nations et tram du Grand-Saconnex) et d'équipements de rayonnement communal et cantonal. Le projet Carantec constitue la première étape de mise en œuvre de ces objectifs. A noter que le projet Carantec dont il est question dans ce CET représente seulement une partie du secteur nommé Carantec dans le GP. Le GP Grand-Saconnex signale également le besoin d'un concept global d'alimentation en énergie, qui s'est concrétisé dans le Plan Directeur des Energies de la Commune de 2015 (CET 2015-07), qui est introduit dans le chapitre suivant. Ce dernier sera remplacé par un nouveau PDComE (Plan Directeur Communal des Energies) à la fin de l'année 2023.

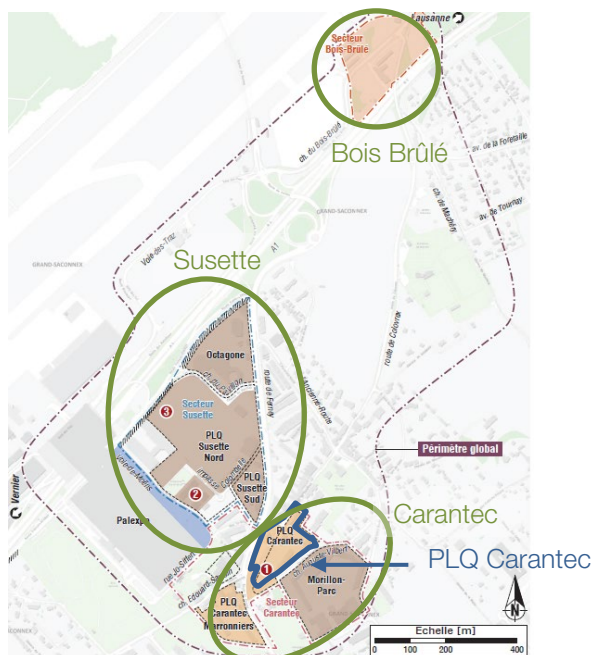


Figure 5 - Localisation des secteurs de développement du Grand Projet du Grand-Saconnex (source : état de Genève, mars 2022)

¹ A noter que le GP Grand-Saconnex découle notamment de "l'étude énergétique stratégique" menée par le bureau CSD ingénieurs en 2013 sur le PACA Genève/Saint-Genis/Gex (Périmètre d'Aménagement Coordonné d'Agglomération) dans le cadre du Grand Genève (agglomération franco-valdo-genevoise).

A l'échelle cantonale, le plan directeur de l'énergie (PDE) et le plan directeur des énergies de réseau (PDER) décrivent les actions concrètes à réaliser et détaillent les objectifs de la politique énergétique pour la période 2020-2030. Ces plans ont été adoptés par le Conseil d'Etat le 2 décembre 2020.

Également à l'échelle cantonale, le plan de gestion des ressources du sous-sol (PGR), adopté par le Conseil d'Etat en mars 2021, a pour vocation d'inclure les ressources du sous-sol dans la planification des projets d'urbanisation, tant pour leur protection (eau potable en particulier) que pour leur gestion durable. Les cartes, outils d'aide à l'exécution et directives mises à disposition des porteurs de projets sont régulièrement mises à jour.

Le Plan Directeur Communal (PDCom), qui décrit les objectifs relatifs à l'aménagement de la commune du Grand-Saconnex, reprend les grandes orientations définies dans le PDCn. Au sujet de la zone Carantec, il précise que les travaux menés autour de la place Carantec devront être coordonnés avec les travaux relatifs à l'arrivée du tram (à venir) et à l'aménagement de la route des Nations (en cours en 2022). Le PDCom est en cours de révision et il sera assorti d'un PDComE (Plan Directeur Communal des Energies), il devrait aboutir fin 2023.

1.5.2 Concepts Energétiques Territoriaux

Trois Concepts Energétiques Territoriaux (CET), traités à des échelles distinctes, ont un lien avec le présent CET 2018-05 du PLQ Carantec :

CET 2013-05	<i>Etude de planification énergétique territoriale sur la partie suisse du PSD, GP Grand-Saconnex, Amstein+Walthert du 13 novembre 2011, validé le 12 mars 2013</i>
CET 2015-07	<i>Plan Directeur des Energies de la commune du Grand-Saconnex, rapport d'étude du concept énergétique communal, BG Ingénieurs Conseils du 12 septembre 2013, validé le 9 octobre 2015</i>
CET 2019-05	<i>Concept Energétique Territorial, PLQ 29507, Morillon Parc, CSD Ingénieurs du 25 juin 2019, validé le 12 juin 2020, puis adapté en mars 2021</i>

Le premier CET de 2013 concerne uniquement les zones en mutation de « Susette-Carantec » et de « Pré-du-Stand » et il sera remplacé dans les années à venir par les CET sur chacune des zones concernées, dont le PLQ Carantec. A noter que le développement de la zone « Pré-du-Stand » a été abandonné suite à la votation cantonale du 24.11.2019 rejetant la loi de modification des zones d'affectation du site.

Le second CET de 2015 concerne toute la commune du Grand-Saconnex. Il identifie le périmètre étudié comme favorable à l'utilisation de la géothermie et de l'énergie solaire.

Le troisième CET de 2019 concerne la zone Morillon-Parc située au sud de Carantec. Il a été validé en juin 2020 et réactualisé en mars 2021. Le projet dans la zone Morillon Parc prévoit la rénovation d'une partie des bâtiments existants et la construction de bâtiments neufs. La majeure partie des surfaces sera consacrée à du logement et les surfaces restantes à des commerces. Un raccordement de la zone Morillon-Parc au réseau thermique haute température CAD SIG (nommé GeniTerre depuis 2022) est préconisé dans ce CET. Ce réseau fournit une chaleur à plus de 50% renouvelable : une partie de la chaleur provient de l'incinération des déchets de l'usine des Cheneviers et le restant est produit avec des chaudières à gaz.

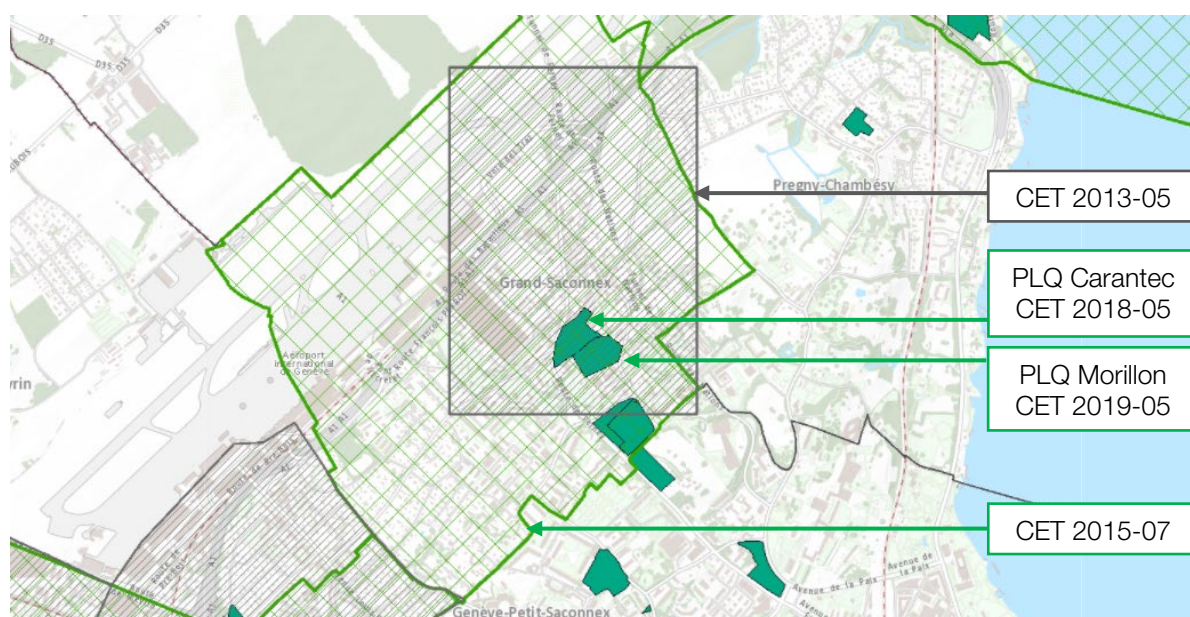


Figure 5 - Localisation des Concepts Energétiques Territoriaux en lien avec le périmètre d'étude (source : SITG, mars 2022)

1.5.3 Plans Localisés de Quartiers (PLQ)

Une partie du périmètre de Carantec est soumis actuellement à un plan localisé de quartier (PLQ 28048) adopté par le Conseil d'Etat en 1990 et toujours en vigueur. Le présent CET fait partie du nouveau PLQ élaboré pour le développement du projet, puisque la zone d'affectation du sol a évolué pour permettre la densité souhaitée. Le périmètre concerné est classé comme zone de développement 3². L'adoption du nouveau PLQ abrogera pour partie le PLQ en vigueur.

Des PLQ voisins sont également en cours de révision et sont associés à des CET :

- Les PLQ qui concernent la zone "Susette" à l'ouest de Carantec :
 - PLQ 28036 adopté en 1994, qui ne comporte pas de CET
 - PLQ 27484 adopté en 1982, qui ne comporte pas de CET
- Le PLQ 25907 qui concerne la zone "Vilbert" (zone également nommée « Morillon-Parc » dans la suite du document) au sud-est de Carantec ; il a été adopté en 2013, et son CET a été validé en 2020 (puis adapté en 2021)



Figure 6 - Carte des Plans Localisés de Quartier en vigueur (PLQ) (source : SITG, mars 2022) En bleu, le PLQ Carantec.

² Zone de développement 3 : La zone de développement 3 est destinée aux grandes maisons affectées à l'habitation, au commerce et aux activités du secteur tertiaire. Les constructions sont en principe soumises à l'adoption préalable d'un plan localisé de quartier.

1.5.4 Projets d'envergure en développement à proximité

Les figures suivantes donnent un ordre de grandeur des projets d'envergure à l'étude à proximité du site de Carantec (selon des informations provenant de l'Office de l'Urbanisme en 2022) et leur localisation. Les programmes sont susceptibles d'évoluer.

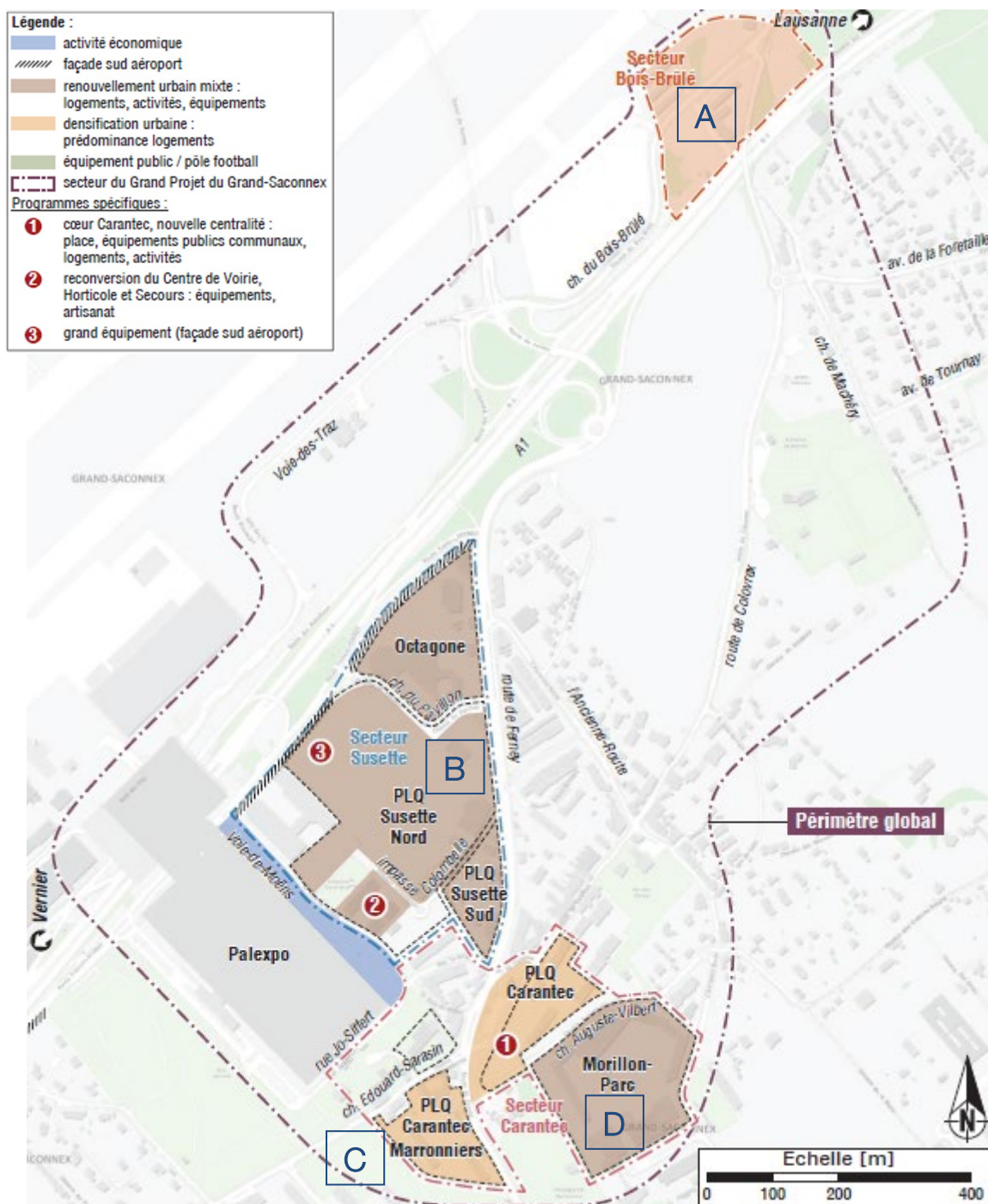


Figure 7 - Localisation des projets en développement à proximité du projet Carantec (source : Etat de Genève, mars 2022)

<i>Projet</i>		<i>Investisseurs</i>	<i>Quantités projetées</i>		<i>Horizon temporel</i>
A	Secteur du Bois-Brûlé Densification urbaine	Privé	Activités	21'400 m ² SBP*	2025
B	Secteur Susette (Susette Nord, Susette Sud et Octagone) Logements, activités et équipements publics	Public et privé	Logements Activités Equipements publics	74'000 m ² SBP* 48'000 m ² SBP* 7'000 m ² SBP*	2030
C	Marronniers Densification du bâti	Public et privé	Logements	30'000 m ² SBP*	2030
D	Morillon-Parc Renouvellement urbain	Privé	Logements Activités	12'000 m ² SBP* 1'000 m ² SBP*	2025

Figure 8 - Projets en développement, *SBP = Surfaces Brutes de Plancher

D'autres projets sont également en développement dans le quartier des Nations au sud.

1.5.5 Construction de la route des Nations

La construction de la route des Nations a été lancée à l'automne 2017 et sera mise en service au printemps 2024. Cette route permettra de décharger la route de Ferney située le long de la place Carantec. Ce chantier contribue également au développement du futur réseau d'eau du lac GeniLac Aéroport, puisque des conduites sont placées le long de cette route afin de relier la zone de l'aéroport au quartier des Nations où se trouve le réseau d'eau du lac existant GLN.

1.5.6 Réseaux thermiques structurants

Le PDE (Plan Directeur de l'Energie) de 2020 mentionne une obligation de raccordement aux Réseaux Thermiques Structurants (RTS) dans les zones définies sur la carte de déploiement des RTS présentée ci-dessous, sous réserve du principe de proportionnalité (art. 22 LEn). Cela signifie que les bâtiments sont soumis à l'obligation de raccordement et que les SIG sont obligés de raccorder les bâtiments dans ces zones.

Le PLQ Carantec est identifié dans la zone de développement du RTS GeniLac (chaud et froid – SIG sur la carte suivante), présenté dans le chapitre suivant. Le raccordement à un RTS est à étudier en priorité, sans négliger la possibilité d'avoir recours à un autre RTS également présent dans le secteur, GeniTerre, présenté dans le chapitre suivant. En 2023, les SIG mènent des études pour déterminer le RTS qui sera privilégié pour le site de Carantec (GeniLac et GeniTerre).

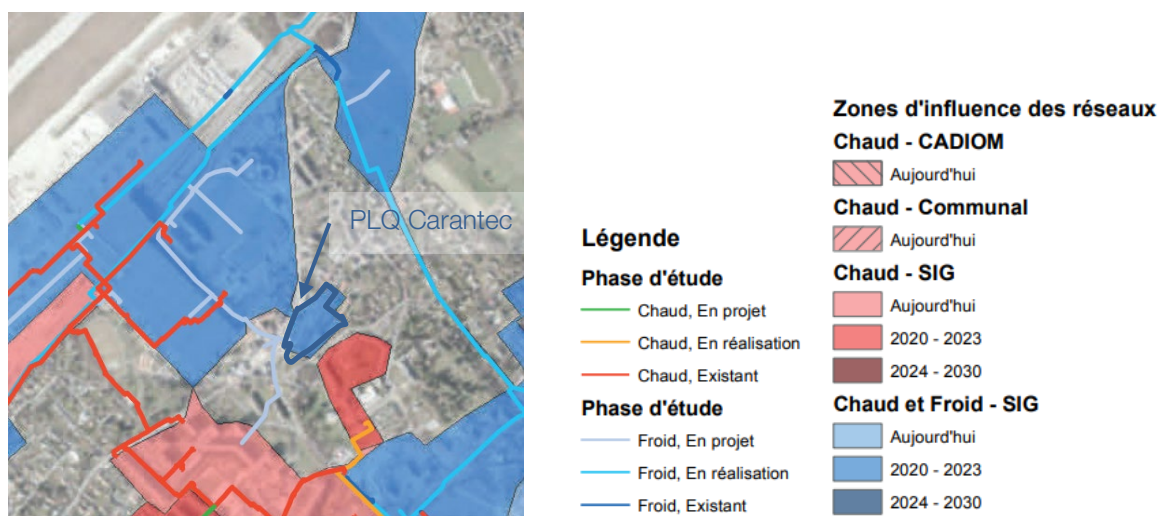


Figure 9 – Carte de déploiement des réseaux thermiques structurants, état au 07.04.2020 (source : PDER)

1.5.6.1 Développement du réseau d'eau du lac GeniLac Aéroport

Le réseau thermique GeniLac Aéroport desservira l'aéroport de Genève ainsi que les quartiers à proximité. Il utilisera l'eau du Léman afin de rafraîchir et chauffer des bâtiments. Pour la production de chaleur, des pompes à chaleur viendront se connecter sur le réseau d'eau du lac. Les informations qui suivent ont été recueillies auprès des SIG en mars et avril 2022, complétées par des informations de mars 2023.

Le réseau est en cours de construction pour arriver au nord de la zone Susette. Sa mise en service dans la zone de l'aéroport est prévue pour 2024. L'antenne hydraulique qui permettra d'aller de la zone Susette jusqu'à Carantec n'a pas encore fait l'objet d'une étude détaillée.

Le développement de cette antenne dépend de l'avancée du projet Carantec, mais également des projets de la zone Susette qui se trouvent sur le chemin du réseau depuis la zone de l'aéroport au nord. Temporellement, les nouveaux projets de la zone Susette sont prévus pour 2030, après le projet Carantec plutôt envisagé pour 2025. Pour s'affranchir du planning de la zone Susette, les SIG mènent en 2023 une étude de faisabilité pour vérifier la possibilité de poser des conduites dans la Voie-de-Moëns (axe situé le long du bâtiment de Palexpo qui longe l'ouest de la zone Susette) indépendamment du projet Susette et de traverser la route de Ferney sous le tramway. Si la faisabilité est démontrée, les SIG auront toutefois besoin de connaître les besoins du secteur Susette pour le dimensionnement des conduites.

Les études en cours permettront de vérifier s'il est possible d'envisager un raccordement du PLQ Carantec d'ici 2027 (comme estimé en 2022 par les SIG). Les solutions transitoires, en attendant le raccordement au réseau GeniLac, sont décidées au cas par cas d'entente entre l'OCEN et les SIG.

A l'échelle du PLQ Carantec, le réseau devrait arriver par le nord du côté de la route de Ferney, à proximité du bâtiment A qui devrait être construit en premier, et les SIG préféreraient que la production de chaleur soit mutualisée pour l'ensemble du PLQ (une seule centrale GeniLac avec un réseau de distribution secondaire géré par les propriétaires). Selon les informations recueillies auprès des SIG, 1 MW a été réservé pour le projet Carantec.

1.5.6.2 Développement du réseau thermique GeniTerre

Le réseau GeniTerre est un réseau d'approvisionnement en chaleur haute température 50% renouvelable utilisant la chaleur de l'usine d'incinération des déchets des Cheneviers et du gaz en complément. Les informations qui suivent ont été recueillies auprès des SIG en mars 2023.

Bien que le réseau soit actuellement à 50% renouvelable, une offre d'approvisionnement 80% renouvelable sera proposée à l'avenir par les SIG, ce qui rendra le réseau compatible avec les exigences THPE. Pour pouvoir offrir ce nouveau produit thermique 80% renouvelable, le réseau GeniTerre développera de nouvelles productions de chaleur renouvelables et limitera l'usage du gaz.

En l'absence de besoins de froid pour le projet Carantec, ce réseau pourrait être une alternative à GeniLac pour la couverture des besoins de chaleur.

En 2023, les SIG étudient une extension du réseau GeniTerre dans l'Ancienne Route (qui longe le projet Morillon Parc situé au sud-est du projet Carantec). Le réseau GeniTerre existant se trouve dans le chemin du Pommier et son extension prévoit d'alimenter le projet Morillon Parc. Pour le PLQ Carantec, le réseau arriverait par le sud, du côté du chemin Auguste Vilbert et à proximité du bâtiment B, qui devrait être construit en dernier. Selon les informations recueillies auprès des SIG, 2 MW ont été réservés pour le projet Carantec, mais cette valeur va être actualisée avec les estimations de ce CET.

L'horizon temporel de disponibilité du réseau GeniTerre n'est pas encore connu, il devrait être connu à la fin de l'été 2023, mais les projets « Carantec » et « Morillon Parc » ont des horizons de réalisation similaires.

1.6 Contexte environnemental

1.6.1 Qualité de l'air

En 2020, les immissions de dioxyde d'azote (NO_2) moyennes sur la parcelle sont inférieures à $26 \mu\text{g}/\text{m}^3$, selon le SITG. Elles sont inférieures à la valeur limite annuelle de $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ fixée par l'OPair.

L'immissions de polluants est en grande partie générée par les activités et les déplacements à proximité ou à destination de l'aéroport de Cointrin. Les immissions de particules fines et NO_2 ont bien baissé ces dernières années, mais elles dépassent ponctuellement les valeurs limites de l'OPair³, notamment pour le NO_2 à proximité de l'aéroport.

Cela implique des conditions particulières quant à la possibilité de recourir au bois pour le chauffage des bâtiments au Grand-Saconnex :

- La mise en place, le renouvellement ou la transformation d'une installation productrice de chaleur alimentée au bois ou aux dérivés de bois d'une puissance supérieure à 70 kW est soumise à autorisation, il est conseillé de privilégier d'autres sources d'énergies renouvelables avant d'envisager le recours au bois, d'autant plus pour une nouvelle construction et dans une zone où des alternatives renouvelables sont disponibles.
- Pour une puissance inférieure à 70 kW, c'est autorisé.

Le concept énergétique retenu devra limiter les émissions polluantes.

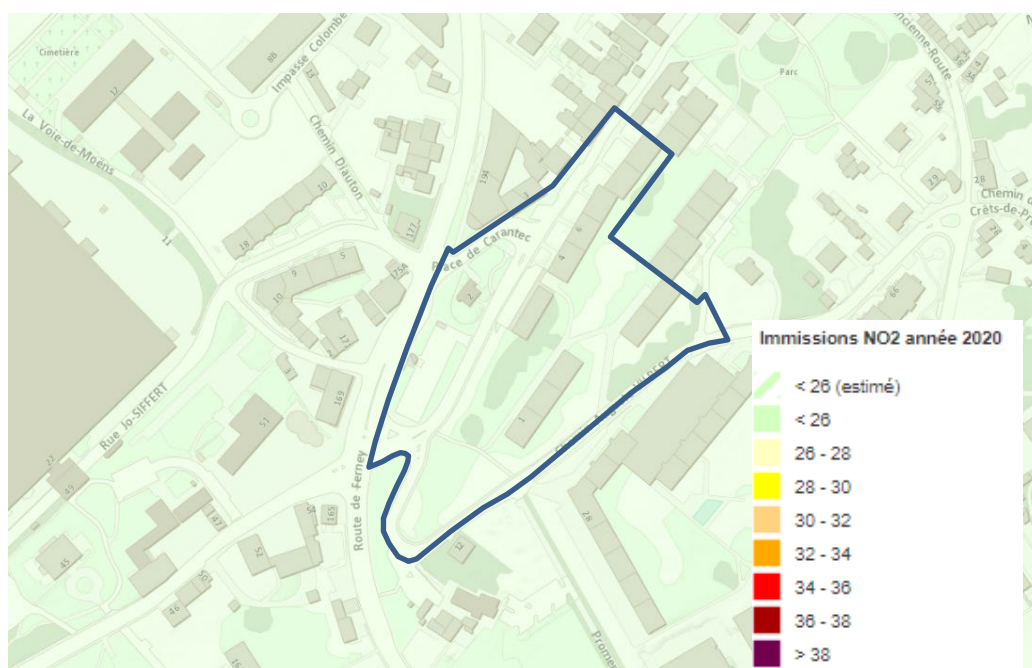


Figure 10 - Moyenne annuelle des immissions de dioxyde d'azote (NO_2) en 2020 (source : SITG, mars 2022)
En bleu, le PLQ Carantec.

³ Selon les rapports sur la qualité de l'air à Genève (ROPAG) édités chaque année et disponibles sur www.ge.ch/air

1.6.2 Bruit

Le PLQ fixe les degrés de sensibilité au bruit (DS) : le DS est de niveau 3 (DS III) dans la moitié nord-ouest de la parcelle et de niveau 2 (DS II) dans la moitié sud-est.

Le niveau 3 (DS III) correspond au degré attribué aux zones où sont admises des entreprises moyennement gênantes, notamment dans les zones d'habitation et artisanales (zones mixtes) ainsi que dans les zones agricoles (OPB⁴, art. 43, al. 1c).

Le niveau 2 (DS II) correspond au degré attribué aux zones où aucune entreprise gênante n'est autorisée, notamment dans les zones d'habitation ainsi que dans celles réservées à des constructions et installations publiques (OPB, art. 43, al. 1b).

Le degré de sensibilité au bruit doit être pris en compte dans la planification des installations de chauffage, ventilation et climatisation, car les valeurs limites d'exposition au bruit à respecter dépendent de ce paramètre.

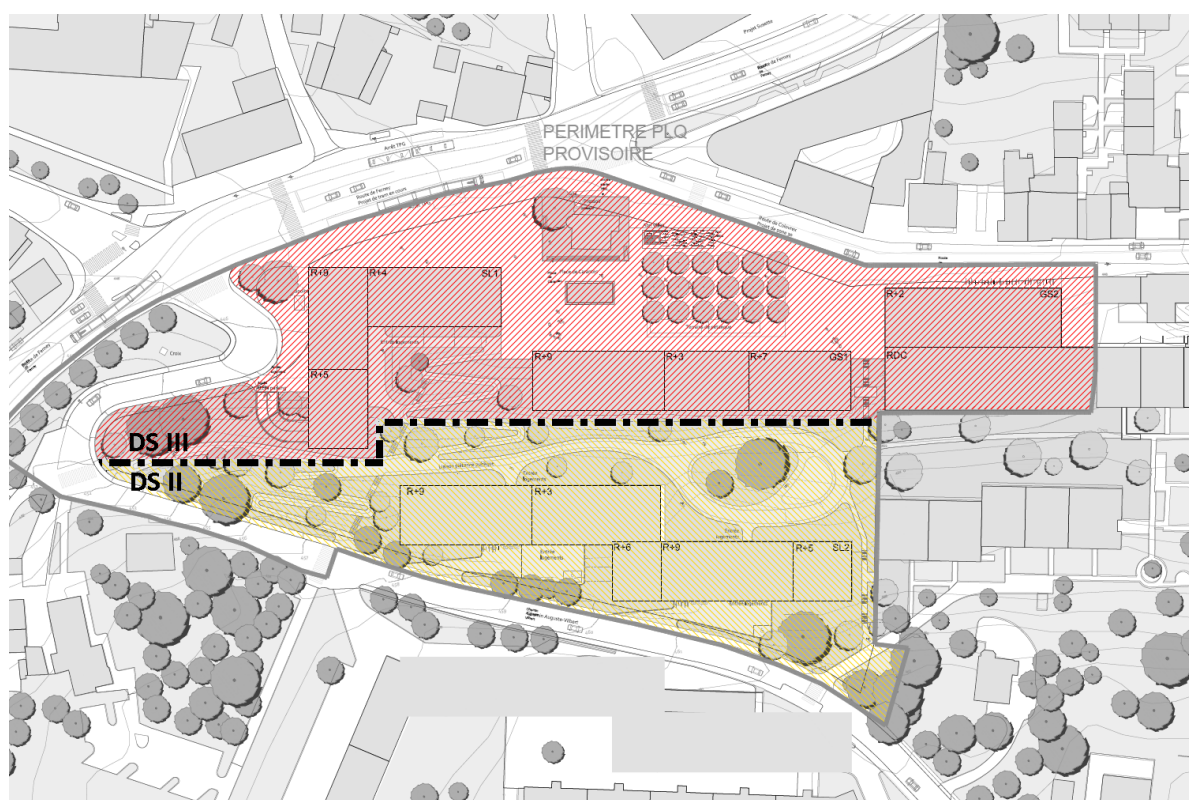


Figure 11 - Degrés de sensibilité au bruit sur le site du projet Carantec, (source : AAB, aménagements extérieurs non actualisés avec les données de 2022)

⁴ Ordonnance fédérale sur la protection contre le bruit (OPB) du 15 décembre 1986 (état le 1^{er} janvier 2016).

1.6.3 Qualité du sol

Pollution

Aucun site pollué ne se trouve dans le périmètre étudié. A proximité immédiate, on trouve une aire d'exploitation ne nécessitant pas de surveillance, ni d'assainissement.

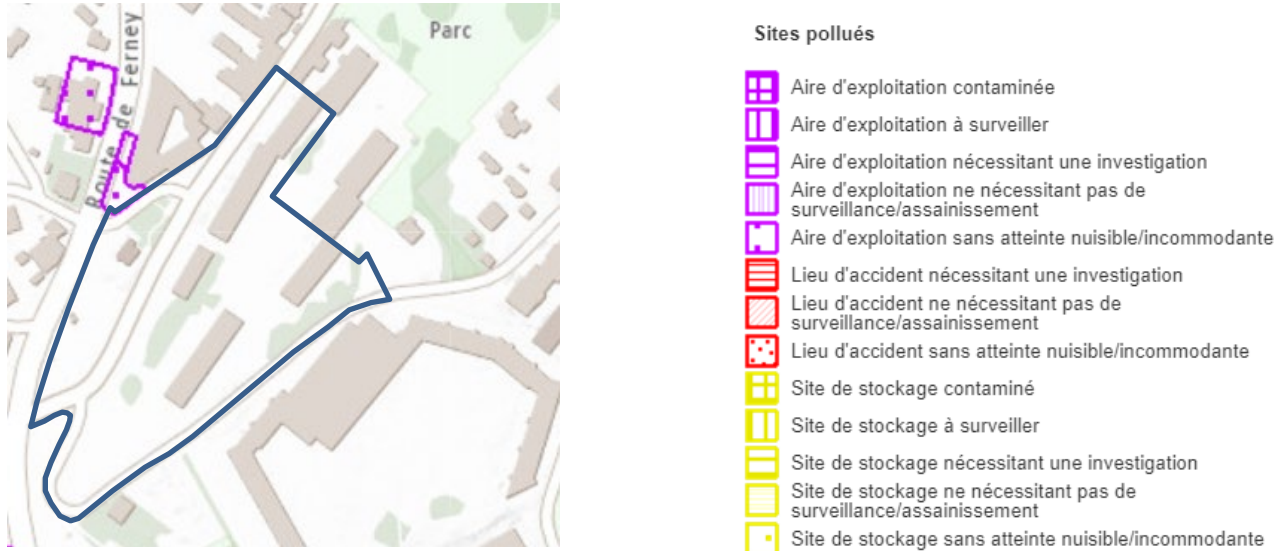


Figure 12 – Carte des sols pollués (source : SITG, mars 2022) En bleu, le PLQ Carantec.

Mise en place de sondes géothermiques

Selon les informations du SITG, le site de Carantec se trouve à la frontière entre une zone où une demande de renseignement doit être effectuée au préalable pour mettre en place des sondes géothermiques et une zone au sud où elles sont interdites (probablement en raison de la présence probable de la nappe du Grand-Saconnex).

D'après les informations recueillies auprès du guichet GEothermies, il faudra effectuer une étude de reconnaissance des ressources du site pour savoir si on peut utiliser l'eau de la nappe ou avoir recours à des sondes géothermiques. Sur la base des conclusions de cette étude, si c'est le recours à des sondes géothermiques qui est privilégié, une dérogation devra être demandée, car le projet se situe dans un secteur Au-B de protection des eaux souterraines.

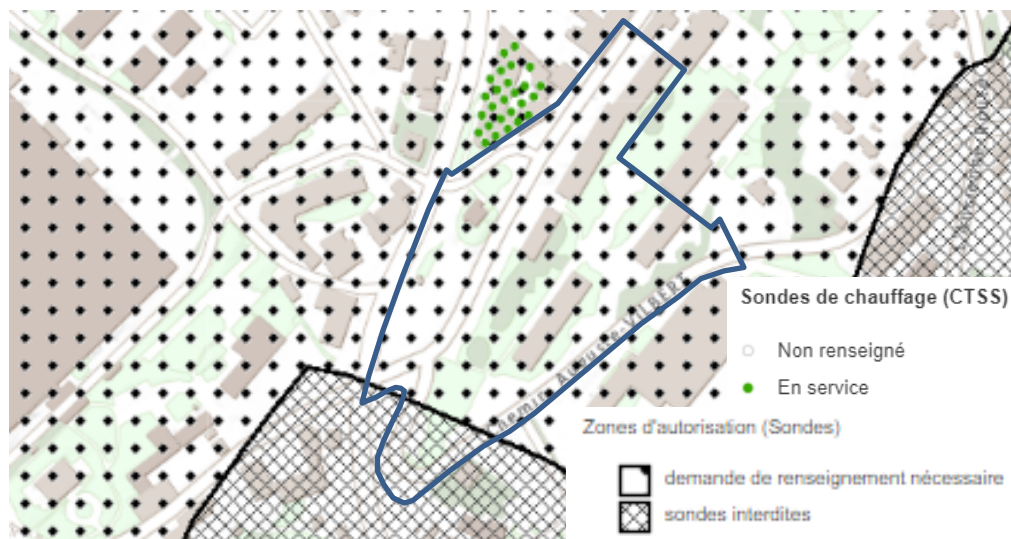


Figure 13 – Carte des sondes de chauffage (source : SITG, mars 2022) En bleu, le PLQ Carantec.

A noter qu'un champ de sondes géothermiques a été mis en œuvre sur une parcelle voisine au nord du périmètre étudié, pour un bâtiment de commerces (Migros), bureaux et logements. Cette donnée ne permet pas de statuer sur la possibilité d'avoir recours à des sondes géothermiques sur le site étudié.

1.6.4 Hydrogéologie

Les connaissances du sous-sol dans cette zone ont évolué ces dernières années, mais il reste des incertitudes sur la présence de la nappe d'eau souterraine du Grand-Saconnex au droit de la parcelle et les possibilités d'exploiter la chaleur de cette nappe.

Selon les informations du SITG, le site de Carantec se trouve à la frontière entre une zone au sud où la géothermie sur nappe est envisageable (au niveau de la nappe superficielle présentée dans la carte suivante) et une zone où une demande de renseignement doit être effectuée.

Selon les informations transmises par le guichet GEothermies, les incertitudes doivent être levées en effectuant une étude de reconnaissance préliminaire avec des tests sur site (forage(s), essais d'eau, etc.). En l'état actuel des connaissances du guichet, la mise en place de sondes géothermiques doit être privilégiée par rapport à l'utilisation de la nappe.

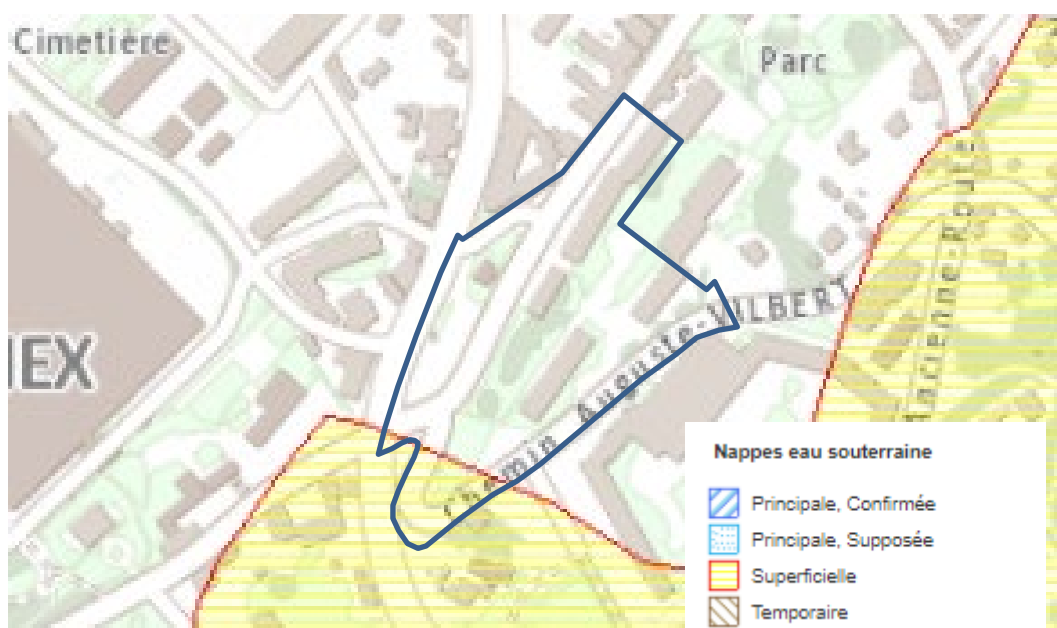


Figure 14 - Carte des nappes d'eau souterraine (source : SITG, mars 2022) En bleu, le PLQ Carantec

2 ETAT DES LIEUX ENERGETIQUE

Ce chapitre vise à faire l'état des lieux énergétique sur le périmètre du projet Carantec, en particulier sur les aspects suivants :

- Les besoins énergétiques actuels et futurs
- Le potentiel d'utilisation de ressources énergétiques renouvelables
- Les infrastructures et réseaux énergétiques existants et projetés
- Les acteurs impliqués

L'analyse des stratégies énergétiques envisageables et les implications pratiques font l'objet du chapitre suivant.

Les besoins en énergie présentés dans la suite du rapport ont été estimés :

- *à partir de surfaces de référence énergétique calculées selon les plans d'architecte du 4 septembre 2017 pour les bâtiments neufs et du 4 octobre 2017 pour la Maison des Médecins. Ces surfaces ont légèrement évolué depuis avec le développement du projet. Les dernières surfaces à jour en mars 2022 sont présentées dans le tableau ci-dessous*
- *en tenant compte du standard de très haute performance énergétique selon sa définition en 2017. Au niveau des besoins de chaleur pour le chauffage, les exigences du standard de très haute performance énergétique (THPE) en 2017 sont légèrement plus hautes que les exigences du standard de haute performance énergétique (HPE) en 2022 (le niveau d'exigence des standards énergétiques HPE/THPE a été renforcé en 2019 en modifiant le règlement d'application de la loi sur l'énergie)*

Ces changements n'ont pas été répercutés dans la suite du rapport pour l'évaluation des besoins d'énergie, car ils n'ont pas d'impact notable sur les conclusions de l'étude.

<i>Etape</i>	<i>Bâtiment</i>	<i>Catégorie</i>	<i>SRE [m²]</i>	<i>SRE bâtiment [m²]</i>
1	A	Commerce	1'300	9'350
		Tertiaire	1'250	
		Habitat collectif	6'850	
2	C	Commerce	1'372	10'622
		Habitat collectif	9'250	
	D	Tertiaire	366	478
		Commerce	112	
3	B	Habitat collectif	14'600	14'600
4	E	Lieu de rassemblement	1'958	4'550
		Administration	1'728	
		Restauration	864	
Total				39'600

Figure 15 - Surfaces projetées sur le PLQ Carantec, mars 2022

2.1 Evolution prévisible des besoins en énergie

2.1.1 Evolution des surfaces

Les bâtiments existants qui seront détruits accueillent essentiellement des logements et quelques commerces. La Maison des Médecins (futur bât. D) abrite des cabinets médicaux.

<i>Catégorie</i>	<i>SRE [m²]</i>
Habitat collectif	8'153
Commerce	345
Administration (Maison des Médecins)	338
Total	8'836

Figure 16 - Surfaces existantes sur le PLQ Carantec

A l'avenir, le nouveau bâtiment A abritera des commerces sur tout le rez-de-chaussée, des bureaux dans une partie des étages supérieurs ainsi que des logements. Le futur bâtiment C accueillera des bureaux, ainsi que des logements et services pour étudiants et aînés, regroupés sous la catégorie d'ouvrage « habitat collectif ». Le futur bâtiment B abritera uniquement des logements. Le bâtiment D devrait être consacré à des bureaux et à un restaurant après rénovation. Le bâtiment E, qui devrait être un équipement public, a été considéré sous la catégorie d'ouvrage « lieux de rassemblement ».

Le tableau suivant synthétise les surfaces de référence énergétique (SRE) par bâtiment et affectations prévues dans le projet. Le plan suivant met en évidence les différents bâtiments.

<i>Etape</i>	<i>Bâtiment</i>	<i>Catégorie</i>	<i>SRE [m²]</i>	<i>SRE bâtiment [m²]</i>
1	A	Commerce	1'310	9'430
		Administration	2'320	
		Habitat collectif	5'800	
2	C	Administration	460	10'530
		Habitat collectif	10'070	
	D	Administration	330	440
		Restauration	110	
3	B	Habitat collectif	14'810	14'810
4	E	Lieux de rassemblement	3'350	3'350
Total				38'560

Figure 17 - Surfaces projetées sur le PLQ Carantec, selon le projet en 2017

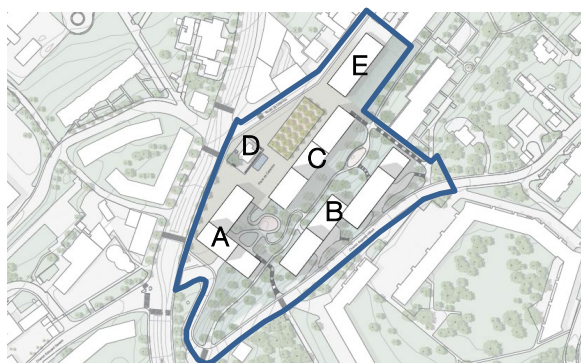


Figure 18 - Plan masse du concours de 2016 (source : Group8) En bleu, le PLQ Carantec

Sur le site, les SRE vont augmenter d'un facteur 4.4 environ entre l'état actuel et l'état final (une fois l'étape 4 achevée) comme le montre le tableau suivant.

<i>Catégorie</i>	<i>Existant</i>	<i>Projet</i>
Habitat collectif	8'153	30'680
Commerces	345	1'310
Administration	338	3'110
Restauration	0	110
Lieux de rassemblement	0	3'350
Total SRE [m²]	8'836	38'560

Figure 19 – Comparaison entre les SRE de l'existant et du projet Carantec, selon le projet en 2017

2.1.2 Besoins actuels

Les bâtiments qui se trouvent actuellement sur le site ont des besoins en chaleur (chauffage et eau chaude sanitaire) et en électricité. Aucun besoin en froid n'est connu.

Consommations actuelles en chaleur

La consommation totale de chaleur (chauffage et ECS) du site existant s'élève à environ 1.8 GWh. Cette valeur correspond à la moyenne des consommations de mazout et de gaz pour la période 2014-2016, selon les Indices de Dépense de Chaleur des bâtiments disponibles sur le SITG. Seule la Maison des Médecins a recours au gaz, tous les autres bâtiments utilisent du mazout. La part d'ECS représente environ 14% des besoins totaux en chaleur sur la base des valeurs de la norme SIA 380/1, édition 2016.

<i>Catégorie d'ouvrage</i>	<i>SRE [m²]</i>	<i>Chaleur [MWh/an]</i>	<i>Chauffage * [MWh/an]</i>	<i>ECS * [MWh/an]</i>
Habitat collectif	8'153	1'607	1'369	238
Commerce	345	67	64	3
Administration	338	83	80	3
Total	8'836	1'758	1'513	244
*Estimation			Soit 171 kWh/m ²	

Figure 20 – Consommations de chaleur du site existant

A noter que l'IDC moyen sur 3 années (2014, 2015, 2016) de la Maison des Médecins (futur bâtiment D) est supérieur à 800 MJ/(m².an), il est de 886 MJ/(m².an). Cela implique qu'un audit énergétique du bâtiment est exigé dans un délai d'un an et que les mesures rentables en moins de 3 ans doivent être mises en œuvre dans un délai de 2 ans. La rénovation prévue dans le projet devra satisfaire ces exigences.

Besoins actuels en froid

Actuellement, il n'y a pas de besoins en froid connus sur le site.

Besoins actuels en électricité

Les besoins actuels exacts en électricité ne sont pas connus. Néanmoins, ils ont été estimés à 247 MWh à partir des besoins standards indiqués dans la norme SIA 380/1, édition 2016.

<i>Catégorie d'ouvrage</i>	<i>Standard SIA 380/1 [kWh/m²]</i>	<i>Electricité * [MWh/an]</i>
Habitat collectif	28	228
Commerce	33	11
Administration	22	7
Total	-	247
*Estimation		

Figure 21 – Estimation des besoins en électricité du site existant

2.1.3 Production d'énergie existante

Tous les bâtiments de logements qui seront détruits sont actuellement chauffés au mazout tandis que le bâtiment D est chauffé au gaz.

2.1.4 Besoins futurs, selon le projet en 2017

Ce chapitre traite uniquement des besoins en énergie des bâtiments neufs (A, B, C et E) et du bâtiment D une fois rénové.

Besoins futurs en chaleur (chauffage et ECS) ⁵

Les besoins en chaleur pour le chauffage et l'ECS par phase sont récapitulés dans le tableau suivant. En phase finale, les besoins pour le chauffage et l'ECS sont estimés à 1'330 MWh/an.

On constate que les besoins en chaleur globaux pour le chauffage et l'ECS du site vont peu évoluer entre l'état actuel et le futur site, même si les surfaces chauffées vont augmenter d'un facteur 4.4 environ. Cela s'explique par le standard THPE de 2017 considéré pour les bâtiments neufs. On relève également que les besoins prévisibles pour la préparation d'ECS seront légèrement supérieurs aux besoins pour le chauffage.

	<i>Etape 1</i>	<i>Etape 2</i>	<i>Etape 3</i>	<i>Etape 4</i>
SRE [m ²]	9'430	20'400	35'210	38'560
Chauffage [MWh/an]	130 soit 14 kWh/m ²	310 soit 15 kWh/m ²	520 soit 15 kWh/m ²	600 soit 16 kWh/m ²
ECS [MWh/an]	150	370	680	730
Total chaleur [MWh/an]	280	680	1'200	1'330

Figure 22 – Estimation des besoins cumulés en chaleur par étape, selon le projet en 2017

Le chauffage et la production d'ECS requièrent des températures de fonctionnement différentes :

<i>Température maximale ..</i>		<i>.. de départ</i>	<i>.. d'exploitation</i>
Chauffage	Radiateurs	50°	-
	Chauffage au sol	35°	-
ECS		-	60°C

⁵ Remarque : cette partie estime les besoins en énergie utile, contrairement au chapitre sur l'existant qui contient des consommations (énergie finale).

Pour le chauffage, les bâtiments neufs respectent le standard de très haute performance énergétique (THPE) de 2017, c'est-à-dire 60% des valeurs limites de la norme SIA 380/1, édition 2016. Le bâtiment D sera entièrement rénové. Ainsi, nous avons considéré qu'il devra respecter 100 % des valeurs limites de la SIA 380/1. Des facteurs de forme ont été estimés sur la base des informations transmises par les architectes. Les valeurs limites correspondantes sont présentées dans le tableau suivant.

Bâtiment	Facteur de forme	Valeur limite pour chauffage [kWh/m ²]	
		THPE	Rénovation à neuf
		60% Q _{h,li}	100% Q _{h,li}
A	0.9	14.1	-
B	0.9	14.7	-
C	0.9	14.7	-
D	2.3	-	44.5
E	1.5	22.5	-

Figure 23 – Estimation des facteurs de forme et valeurs limites pour les besoins de chauffage, selon le projet en 2017

On constate que pour les bâtiments de logements neufs A, B et C, les besoins pour le chauffage par unité de surface chauffée seront environ 10 fois moins grands que la moyenne des bâtiments existants. Ainsi, même si les surfaces du site vont être multipliées par un facteur 4.4, les besoins pour le chauffage du site vont diminuer d'un facteur 2 environ.

En phase finale, les besoins pour le chauffage sont estimés à 600 MWh. Cela représente une puissance nominale nécessaire pour le chauffage de l'ordre de 300 kW.

Pour l'eau chaude sanitaire (ECS), les besoins en énergie utile des bâtiments neufs et du bâtiment D sont évalués sur la base de la norme SIA 380/1, édition 2016. Les besoins pour l'ECS par étape sont indiqués dans le tableau suivant. Les besoins pour l'ECS vont augmenter par rapport à l'existant, proportionnellement aux surfaces. En phase finale, ils s'élèveront à 730 MWh/an environ. Cela représente une puissance d'environ 500 kW pour des charges journalières des ballons d'ECS d'une durée de 4h.

Catégorie d'ouvrage	Standard SIA 380/1	Etape 1	Etape 2	Etape 3	Etape 4
	[kWh/m ²]	[MWh/an]			
Habitat collectif	21	122	333	644	644
Administration	7	16	22	22	22
Restaurant	56	0	6	6	6
Commerces	7	9	9	9	9
Lieux de rassemblement	14	0	0	0	47
Total arrondi	-	150	370	680	730

Figure 24 – Estimation des besoins cumulés en chaleur pour l'ECS par étape, selon le projet en 2017

A noter qu'en phase de projet, les besoins en ECS devront être évalués sur la base de la SIA 385/1 et 385/2, en tenant compte du nombre prévisible d'utilisateurs.

Pour la ventilation, aucun besoin spécifique en chaleur n'a été estimé. En effet, à ce stade, il est trop tôt pour déterminer quel concept de ventilation sera mis en place. C'est lors des études de projet qu'un concept de ventilation respectant les exigences de la SIA 180 devra être établi, en prenant en compte les contraintes environnementales. Il est toutefois important de garder à l'esprit que le concept de ventilation peut avoir un impact non négligeable sur les besoins en énergie et puissance, sur les surfaces techniques et sur les coûts.

Besoins futurs en froid

Pour l'instant, aucun système de refroidissement ou climatisation n'est envisagé par les maîtres d'ouvrage sur le projet. Aucun besoin en froid n'a donc été considéré dans cette étude.

Si le projet évolue et que certains locaux sont finalement refroidis ou climatisés pour le confort des utilisateurs, alors ces locaux devront respecter les exigences constructives de la SIA 180, entre autres une inertie thermique suffisante et des protections solaires extérieures commandées automatiquement. En outre, les besoins en froid devront être couverts en priorité par des énergies renouvelables, afin d'éviter le recours à des machines frigorifiques à compression mécanique. La géothermie peut couvrir tout ou une partie de ces besoins, en particulier avec des sondes géothermiques de faible profondeur qui nécessitent la mise en place d'un dispositif de recharge thermique. Le réseau thermique GeniLac pourrait également couvrir ces besoins.

Besoins futurs en électricité

Les besoins futurs en électricité sont évalués sur la base des valeurs standard de la norme SIA 380/1, édition 2016.

Catégorie d'ouvrage	Standard SIA 380/1	Etape 1	Etape 2	Etape 3	Etape 4
	[kWh/m²]	[MWh/an]			
Habitat collectif	28	162	444	859	859
Administration	22	51	68	68	68
Restaurant	33	0	4	4	4
Commerces	33	43	43	43	43
Lieux de rassemblement	17	0	0	0	57
Total arrondi	-	260	560	970	1'030

Figure 25 – Estimation des besoins cumulés en électricité par étape, selon le projet en 2017

2.2 Ressources énergétiques renouvelables et rejets thermiques locaux

2.2.1 Bois

Comme indiqué au chapitre 1.6.1 sur la qualité de l'air, il est recommandé d'étudier d'autres alternatives renouvelables au-delà de 70 kW. Compte tenu des puissances en jeu sur le site et des nombreuses autres ressources renouvelables disponibles, il est recommandé de ne pas envisager le recours au bois, d'autant plus qu'il est préférable d'éviter la circulation de camions de livraison dans le secteur.

2.2.2 Géothermie de faible profondeur exploitée via une pompe à chaleur

Comme indiqué au chapitre 1.6.3 sur la qualité du sol, des forages géothermiques pourraient être autorisés sur le site de Carantec. Une demande de renseignement devra être adressée au guichet GEothermies si cette option est envisagée.

La chaleur du sol peut être exploitée en mettant en place un champ de sondes géothermiques de faible profondeur, d'une profondeur de 300 m environ. L'énergie soustraite au sol peut être utilisée pour la production de chaleur et de froid par l'intermédiaire d'une pompe à chaleur (PAC).

Comme pour toutes les PAC, le coefficient de performance (COP), qui exprime le rapport entre l'énergie produite et l'électricité utilisée pour la produire, est optimal lorsque le chauffage fonctionne à basse température, par exemple avec du chauffage de sol ($\leq 35^{\circ}\text{C}$). Le COP diminue pour la production d'eau chaude sanitaire, qui nécessite des températures plus élevées (60°C).

La faisabilité d'une telle solution reste à démontrer, en tenant compte de la présence de la nappe du Grand-Saconnex, de la pérennité de la ressource sur le long terme (nécessité d'une recharge thermique à vérifier), des niveaux de sous-sol prévus sur le site et du planning de réalisation. A cet effet, des forages tests sont nécessaires. Compte tenu des besoins en énergie des bâtiments et de la configuration du site, des sondes géothermiques de faible profondeur devront se situer en partie sous les bâtiments projetés.

Enfin, la mise en œuvre d'un champ de sondes demande un investissement important en comparaison de l'utilisation de la nappe phréatique ou de l'air extérieur.

La possibilité d'utiliser la chaleur du sol par l'intermédiaire de géostructures placées dans les éléments structurels enterrés des constructions pourrait être envisagée pour fournir une partie de l'énergie de ruban.

2.2.3 Géothermie de moyenne et grande profondeur

Le Programme GEothermies mène des études sur le canton de Genève pour évaluer les possibilités d'exploiter la géothermie de moyenne et grande profondeur, mais le site de Carantec n'est pas directement concerné. Sur le long terme, ces nouvelles ressources seront peut-être exploitées et accessibles au plus grand nombre par l'intermédiaire d'un chauffage à distance.

Pour la géothermie de moyenne profondeur, la campagne géophysique en 3D menée à l'automne 2021 a livré des résultats qui sont encore en cours d'interprétation. Une zone de faille traversant les unités calcaires dès 500 mètres de profondeur environ a été mise en évidence et pourrait faire l'objet de travaux exploratoires dans le futur. L'exploitation d'une telle ressource nécessiterait une valorisation énergétique sur un périmètre plus large que ce PLQ par le biais d'un réseau de chauffage à distance qui pourrait éventuellement alimenter ce secteur.

2.2.4 Chaleur de la nappe phréatique exploitée via une pompe à chaleur

A l'heure actuelle, il est encore trop tôt pour savoir si la nappe du Grand-Saconnex pourra être utilisée pour la production de chaleur. Comme indiqué au chapitre sur l'hydrogéologie, les connaissances actuelles ne semblent pas aller dans ce sens, mais l'évolution des connaissances devra être suivie dans les années à venir en contactant le guichet GEothermies.

L'énergie de la nappe peut être utilisée pour la production de chaleur et de froid par l'intermédiaire d'une pompe à chaleur (PAC). Aucun besoin de froid n'a été identifié sur le projet, toutefois, en présence d'une nappe peu mobile dont l'équilibre thermique doit être conservé, il peut être souhaitable de réchauffer l'eau de la nappe en été en rafraichissant légèrement les bâtiments.

S'il s'avère que la nappe peut être utilisée pour la production de chaleur avec une PAC, alors cette solution pourrait être très intéressante pour différentes raisons : tout d'abord pour ses performances, équivalentes à celles d'une PAC avec un champ de sondes géothermiques, ensuite pour sa faible emprise sur le terrain, puisqu'elle requiert uniquement des puits de pompage et de rejet, et enfin pour son investissement initial moyen en comparaison de la mise en œuvre d'un champ de sondes.

Hors du périmètre, au nord-ouest à proximité de l'aéroport, on note la présence de la nappe de Montfleury qui pourra éventuellement être exploitée à l'avenir pour alimenter en énergie un réseau de chauffage à distance. Toutefois, à l'heure actuelle, le projet Carantec est trop éloigné de cette nappe et est de trop petite taille pour s'intéresser seul à son utilisation.

2.2.5 Chaleur de l'air exploitée via une pompe à chaleur

La chaleur de l'air peut être utilisée pour la production de chaleur et de froid par l'intermédiaire d'une pompe à chaleur (PAC).

Les performances de la PAC diminuent lorsque la température de l'air diminue. Ainsi, en hiver, les performances d'une PAC sont meilleures si on utilise l'air extrait d'espaces intérieurs avec des installations de ventilation (simple-flux) plutôt que l'air extérieur. Toutefois, la quantité d'énergie qui peut être récupérée sur la ventilation est limitée, car les volumes d'air extraits dépendent des standards de renouvellement d'air intérieur et la durée de l'extraction dépend du concept de ventilation. L'énergie récupérée sur l'air extrait ne peut donc pas être considérée comme une source principale d'énergie dans un bâtiment, mais plutôt comme une source d'énergie complémentaire. Cette récupération sur l'air extrait est même obligatoire dans certains cas⁶. En revanche, les PAC sur l'air extérieur peuvent être utilisées comme producteur principal de chaleur. Cependant, durant les jours où la température extérieure est trop basse pour obtenir des performances satisfaisantes, un système d'appoint peut prendre le relais.

Comme pour toutes les PAC, le coefficient de performance (COP), qui exprime le rapport entre l'énergie produite et l'électricité utilisée pour la produire, est optimal lorsque le chauffage fonctionne à basse température, par exemple avec du chauffage de sol ($\leq 35^{\circ}\text{C}$). Le COP diminue pour la production d'eau chaude sanitaire, qui nécessite des températures plus élevées (60°C).

La conception d'une installation avec une PAC sur l'air extérieur doit être étudiée avec soin afin de ne pas causer de nuisances sonores.

Par ailleurs, l'utilisation de PAC sur l'air extérieur implique un concept d'approvisionnement en énergie décentralisé par bâtiment, voire par entrée (option la plus probable).

⁶ La récupération d'énergie avec une PAC sur l'air extrait des installations de ventilation simple-flux est obligatoire lorsque le volume d'air extrait par bâtiment représente plus de 1'000 m³/h et que le temps d'exploitation dépasse 500 h par an.

2.2.6 Chaleur des eaux usées exploitée via une pompe à chaleur

Les eaux usées du site seront constituées des eaux rejetées au niveau des toilettes, des salles de bain et des cuisines. En sortie d'un bâtiment, les eaux usées peuvent avoir une température moyenne comprise entre 10 et 20°C.

La chaleur extraite sur les eaux usées peut être utilisée pour la production de chaleur et de froid par l'intermédiaire d'une pompe à chaleur. Toutefois, la récupération de chaleur sur les eaux usées via une PAC doit être associée à un autre système de production d'énergie pour couvrir tous les besoins en énergie.

Comme pour toutes les PAC, le coefficient de performance (COP) de la PAC, qui exprime le rapport entre l'énergie produite et l'électricité utilisée pour la produire, est optimal lorsque le chauffage fonctionne à basse température, par exemple avec du chauffage de sol ($\leq 35^\circ\text{C}$). Le COP diminue pour la production d'eau chaude sanitaire, qui nécessite des températures plus élevées (60°C). Etant donné que la récupération de chaleur sur les eaux usées est possible toute l'année, son utilisation pour la production d'ECS ne doit pas être négligée.

L'énergie des eaux usées peut être exploitée à différents endroits sur le site, soit en sortie des bâtiments par stockage dans une cuve, soit directement sur la conduite d'évacuation principale.

Afin de récupérer un maximum d'énergie sur les eaux usées du site de Carantec, il est préférable d'envisager un stockage en sortie des bâtiments. Différents systèmes sont envisageables, mais dans tous les cas une cuve de stockage des eaux usées doit être placée à l'extérieur du bâtiment.

2.2.7 Energie solaire

Pour les nouvelles constructions, l'implantation de panneaux solaires thermiques et/ou photovoltaïques est possible et obligatoire pour respecter les exigences de la loi sur l'énergie. Le projet prévoit des bâtiments avec des toitures plates, ce qui permet de poser aisément une installation solaire avec une orientation optimale. Toutefois, toutes les surfaces de toiture ne pourront pas être utilisées compte tenu du plafond aérien et des ombres portées liées à la volumétrie des bâtiments et à la topographie de la parcelle en pente. Les toitures les plus hautes seront donc privilégiées pour la pose de panneaux solaires. L'intégration des panneaux solaires devra être planifiée avec soin, en particulier s'ils sont visibles depuis les autres bâtiments.

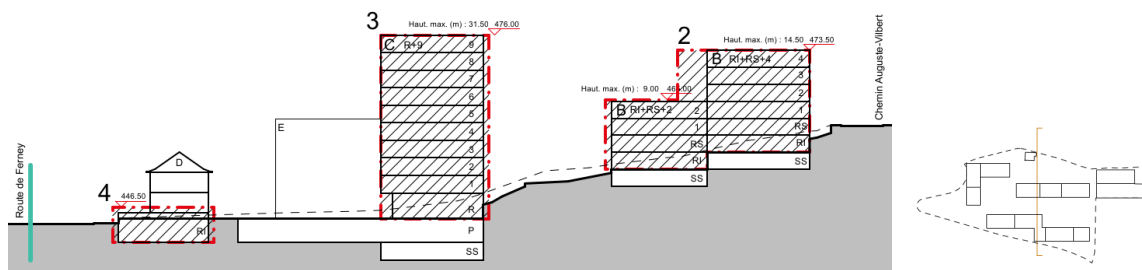


Figure 26 – Coupe sur la parcelle (source : OU, novembre 2022)

2.3 Infrastructures énergétiques existantes et projetées

2.3.1 Réseau électrique

Le réseau électrique est déjà dense dans ce quartier, rien à signaler.

2.3.2 Réseau de gaz

Le réseau de gaz exploité par les SIG est disponible sur le site.

2.3.3 Réseau hydrothermique GeniLac Aéroport

Comme indiqué auparavant, le réseau GeniLac Aéroport utilisera de l'eau du Léman afin de rafraîchir et chauffer des bâtiments. De l'eau sera puisée à 45 m de profondeur dans le lac à une température relativement stable, comprise entre 6 et 8°C environ durant toute l'année.

Le réseau pourra être utilisé de deux manières différentes par les clients : soit pour du froid en direct, soit comme source d'énergie pour des PAC pour produire de la chaleur. Dans ce deuxième cas, les PAC se trouveront dans la chaufferie du client, avec l'échangeur GeniLac. A noter que le refroidissement de logements n'est pas autorisé avec GeniLac.

La construction du réseau GeniLac est en cours avec le début de la mise en service de la zone aéroport en 2024. Selon les informations recueillies auprès des SIG en mars 2022, une réserve de 1MW a été prévue pour le projet Carantec et le réseau pourrait être disponible sur le site de Carantec d'ici 2027. Le réseau devrait arriver du côté de la route de Ferney, du côté du bâtiment A qui devrait être le premier bâtiment construit.

Les SIG proposent des offres en contracting total pour leurs futurs clients, avec un contrat de 30 ans. Cela signifie que les SIG planifient l'installation (sous-station avec échangeur(s) GeniLac et machine(s) de production de chaleur), la financent, l'exploitent et l'entretiennent. Les clients achètent aux SIG directement la chaleur pour le chauffage et la préparation d'eau chaude. Cela permet au client de réduire l'investissement initial dans une nouvelle installation, les coûts liés au capital et à la maintenance sont intégrés dans les tarifs des SIG.

Les SIG préféreraient qu'une solution totalement centralisée soit prévue pour le projet Carantec : il y aurait alors une unique centrale de production de chaleur pour tout le PLQ Carantec (située de préférence dans le bâtiment A placé à proximité de l'arrivée du réseau) et un réseau de distribution de chaleur entre les bâtiments géré par les propriétaires. Cette solution centralisée est bien adaptée pour la production de chaleur pour le chauffage à basse température. En revanche, pour la production d'eau chaude sanitaire à haute température, la solution centralisée n'est pas nécessairement la plus pertinente et il faudra vérifier lors des études de projet la solution la plus adéquate entre une solution centralisée et décentralisée.

Si le réseau GeniLac arrive après la construction du premier bâtiment du site, les SIG proposent des solutions transitoires. Les solutions transitoires, en attendant le raccordement au réseau, sont décidées au cas par cas d'entente entre l'OCEN et les SIG. Les SIG intègrent le coût de la solution transitoire dans leurs tarifs.

2.3.4 Réseau thermique GeniTerre

Comme indiqué auparavant, le réseau GeniTerre fournit de la chaleur à haute température à partir de l'incinération de déchets et de gaz. La part d'énergie renouvelable actuelle de 50% sera augmentée dans les années à venir en diversifiant les sources d'énergies non fossiles et locales pour atteindre 80% en 2030. A court terme, un produit chaleur avec 80% de renouvelable sera proposé à certains clients dès que l'augmentation de la part d'énergie renouvelable le permettra.

Ce réseau de chaleur à haute température est bien adapté pour la production d'eau chaude sanitaire, qui représente plus de 50% des besoins de chaleur du site.

Selon les informations recueillies auprès des SIG en mars 2023, une réserve de puissance est prévue pour le projet. L'horizon temporel de déploiement de GeniTerre n'est pas encore connu, il devrait être connu à la fin de l'été 2023, mais les SIG proposent des solutions transitoires si le réseau arrive après la construction du premier bâtiment du site. Les solutions transitoires, en attendant le raccordement au réseau, sont décidées au cas par cas d'entente entre l'OCEN et les SIG. Les SIG intègrent le coût de la solution transitoire dans leurs tarifs.

Le réseau arrivera par le sud, à proximité du dernier bâtiment construit. Des solutions transitoires devront être trouvées en amont avec tous les acteurs pour raccorder dès que possible les premiers bâtiments construits situés au nord.

Pour les clients, les installations techniques de production de chaleur ont une faible emprise en se raccordant au réseau GeniTerre : seuls des échangeurs placés en chaufferie sont nécessaires pour fournir toute la chaleur nécessaire.

Ce réseau est adapté pour une production de chaleur centralisée (une centrale commune à l'ensemble du site avec les échangeurs GeniTerre et un réseau de distribution de chaleur entre les bâtiments gérés par les propriétaires) et décentralisée (une centrale dans chaque bâtiment). Pour la production d'eau chaude sanitaire, la solution centralisée n'est pas nécessairement la plus pertinente et il faudra vérifier lors des études de projet la solution la plus adéquate entre une solution centralisée et décentralisée.

2.3.5 Réseau d'assainissement des eaux

Des collecteurs d'eaux usées appartenant au réseau primaire d'assainissement sont présents à proximité de la parcelle, en particulier le long de la route de Ferney. L'utilisation de la chaleur de ces eaux usées pourrait être envisagée sous réserve d'un débit et d'une température suffisante. Toutefois, cette solution impliquerait des contraintes importantes de mise en œuvre : il faudrait se coordonner avec l'exploitant (pour obtenir son accord et définir les températures acceptables de rejets) ainsi qu'avec les travaux de la place Carantec. Compte tenu des incertitudes et contraintes, cette solution n'a pas été considérée dans la suite de l'étude.

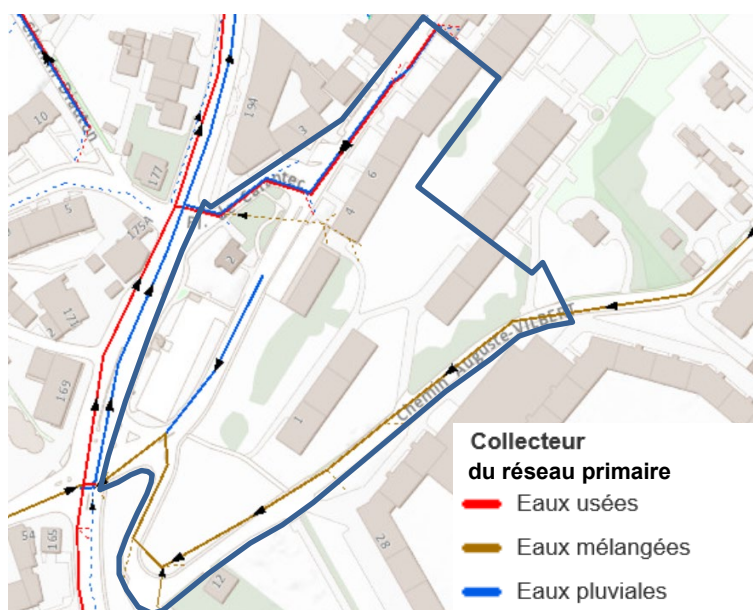


Figure 27 – Collecteurs du réseau primaire d'assainissement des eaux (source : SITG) En bleu, le PLQ Carantec.

2.4 Acteurs

Les principaux acteurs clés dans la définition du concept énergétique sont identifiés dans le tableau suivant :

Maîtrise d'ouvrage	
Propriétaires	Maîtres de l'ouvrage
Définissent les exigences supplémentaires à respecter (au-delà des exigences légales)	
Concepteurs du projet	
Group8	Bureau d'architectes
Concepteur du projet d'architecture	
Hager Partner	Bureau d'architectes paysagistes
Concepteur des aménagements extérieurs, en collaboration avec Group8	
Acteurs publics	
Etat de Genève (OCEN, DALE, etc.)	Autorités cantonales
- Définit des orientations en matière de solutions énergétiques à considérer dans la réalisation du projet - Valide le concept énergétique	
Services Industriels de Genève (SIG)	Exploitants de réseaux énergétiques
- Entreprise de droit public en charge de la fourniture de gaz, d'électricité, de chaleur, d'eau potable, du traitement des déchets et des eaux usées - Maître d'ouvrage et exploitant des différents réseaux (entre autres gaz, GeniLac et GeniTerre) et potentiel contracteur en cas de raccordement	
Programme GEothermies	Programme cantonal
Programme cantonal ayant pour objectif de soutenir le développement massif de l'exploitation de la géothermie à Genève, en améliorant la connaissance du sous-sol genevois et en élaborant le cadre institutionnel favorable au développement de cette énergie	
Service des Monuments et site Genève	Services cantonaux
Donne des recommandations sur la conservation de la valeur patrimoniale des bâtiments existants tels que le bâtiment D	
Acteurs des projets du périmètre élargi	
Propriétaire(s) du projet « Morillon-Parc / A. Vilbert »	Privé(s)
Propriétaire(s) du projet « Les Marronniers »	Public(s) et privé(s)
Propriétaire(s) du projet « Susette »	Public(s) et privé(s)
Coordination souhaitable pour évaluer de potentielles coopérations, synergies, optimisations et rationalisation envisageables.	

Pour la version précédente du CET (en 2018), les représentants des maîtres d'ouvrage (à l'époque le bureau Pillet Développement), les concepteurs du projet et les acteurs publics avaient été réunis le 9 octobre 2017 pour une séance de coordination sur les stratégies énergétiques. Pour la présente version du CET, les acteurs ont été consultés pour actualiser les connaissances du contexte énergétique et territorial et valider les stratégies énergétiques.

A titre informatif, les bureaux d'ingénieurs impliqués dans l'élaboration du PLQ sont indiqués dans le tableau suivant :

Bureaux d'ingénieurs-conseils impliqués dans l'élaboration du PLQ	
<i>Transitec</i>	<i>Bureau d'études en mobilité</i>
Bureau chargé de l'étude de mobilité	
<i>Alterego</i>	<i>Bureau d'études en environnement</i>
Bureau chargé de l'étude d'impact sur l'environnement	
<i>AAB</i>	<i>Bureau d'études en acoustique et ensoleillement</i>
Bureau chargé des études héliodons et acoustique pour le CET de 2018	
<i>EcoAcoustique</i>	
Bureau chargé des études acoustique en 2022	
<i>Jundt</i>	<i>Bureau d'études en génie civil</i>
Bureau chargé du schéma directeur de gestion des eaux	
<i>GADZ</i>	<i>Bureau d'études en géotechnique</i>
Bureau chargé de l'étude géotechnique	
<i>GREN</i>	<i>Bureau d'études en environnement</i>
Bureau chargé de l'étude pédologique	
<i>Weinmann-Energies</i>	<i>Bureau d'études en énergie</i>
Bureau chargé du concept énergétique territorial	

2.5 Synthèse de l'état des lieux énergétique et définition des stratégies énergétiques

Le projet Carantec va permettre de conserver des besoins en chaleur (chauffage et eau chaude sanitaire) équivalents aux besoins actuels du site de l'ordre de **1.3 GWh/an de chaleur utile avec une large moitié consacrée à l'ECS**, bien que les surfaces chauffées soient multipliées d'un facteur 4.4 par rapport à l'existant. En effet, la hausse des besoins en ECS, qui est proportionnelle à l'augmentation des surfaces, est compensée par des besoins en chauffage drastiquement réduits, avec de nouveaux bâtiments répondant au standard de très haute performance énergétique 2017. Les besoins standards en électricité vont tout de même augmenter proportionnellement à la densification du site pour atteindre environ **1.0 GWh/an d'électricité**.

Le site existant utilise des énergies fossiles pour la production de chaleur : du mazout pour les bâtiments de logements qui seront détruits et du gaz pour le bâtiment D qui sera rénové. Cette situation va évoluer à l'avenir.

De nombreuses ressources renouvelables sont disponibles sur le site pour la production de chaleur et/ou d'électricité :

- l'énergie solaire,
- la chaleur des eaux usées avec des PAC,
- le réseau hydrothermique structurant GeniLac avec des PAC,
- le réseau thermique structurant GeniTerre (avec 80% d'énergie renouvelable à l'avenir),
- la chaleur de l'air avec des PAC.

Sous réserve d'études complémentaires, des sondes géothermiques ou la nappe du Grand-Saconnex pourront peut-être également être utilisées avec des PAC.

Sur la base de l'état des lieux, les trois scénarios d'approvisionnement énergétique qui ont été envisagés dans la précédente version du CET (2017) ont été conservés et le scénario 1 a été élargi pour tenir compte des réseaux thermiques structurants dans leur ensemble, en ajoutant la possibilité de se raccorder au réseau GeniTerre :

- **Scénario 1 : raccordement à un réseau thermique structurant (GeniLac avec des pompes à chaleur ou GeniTerre),**
- **Scénario 2 : pompes à chaleur avec sondes géothermiques de 300 m ou sur la nappe du Grand-Saconnex,**
- **Scénario 3 : pompes à chaleur sur l'air.**

L'utilisation de l'énergie solaire est prévue dans tous les scénarios.

3 ANALYSE DES STRATEGIES ENERGETIQUES

Les trois stratégies énergétiques définies dans le chapitre précédent sont les suivantes :

- **Scénario 1 : raccordement à un réseau thermique structurant (GeniLac avec des pompes à chaleur ou GeniTerre),**
- **Scénario 2 : pompes à chaleur avec sondes géothermiques de 300 m ou sur la nappe du Grand-Saconnex,**
- **Scénario 3 : pompes à chaleur sur l'air.**

L'utilisation de l'énergie solaire est prévue dans tous les scénarios afin de remplir les exigences légales.

Toutes les stratégies permettent de satisfaire les exigences légales et les exigences du standard HPE des bâtiments neufs en matière de part minimum d'énergie renouvelable. Pour les bâtiments neufs HPE, l'alimentation principale en chaleur doit provenir d'énergies non fossiles et locales ou d'un réseau thermique avec une part d'énergies non fossiles et locales d'au moins 50%. Toutes les stratégies sont compatibles avec l'atteinte du label Minergie-P pour les bâtiments communaux, mais les stratégies 1 et 2 sont plus favorables. Les stratégies 1 et 2 sont à privilégier pour l'atteinte du standard THPE-2000W. A noter que les solutions énergétiques permettant de répondre aux éventuels besoins d'appoint des différentes variantes étudiées (scénarios 2 et 3) seront décidées au cas par cas avec l'OCEN au stade des autorisations de construire.

La stratégie 1 est à privilégier pour respecter le Plan Directeur de l'Energie.

Dans ce chapitre, les stratégies sont évaluées selon des critères de faisabilité technique, économiques, environnementaux et temporels.

3.1 Mesures communes à toutes les stratégies

Sur les toitures des bâtiments, des installations solaires doivent être prévues afin de respecter l'exigence légale de couvrir 30% des besoins en ECS des bâtiments neufs (50% pour le standard THPE-2000W). Avec des capteurs solaires thermiques, pour le standard HPE, il faut compter environ 510 m² pour les 3 premières phases de construction (bâtiments A, B et C), puis environ 40 m² pour l'étape 4 (bâtiment E). Si ces capteurs solaires thermiques peuvent être remplacés par des panneaux solaires photovoltaïques avec les pompes à chaleur (PAC) prévues dans tous les scénarios, alors les surfaces peuvent sensiblement augmenter selon les hypothèses retenues. Au maximum, sans prendre en compte le COP des PAC, il faut compter environ 1'300 m² pour les 3 premières phases (bâtiments A, B et C) et environ 100 m² pour l'étape 4 (bâtiment E). La prise en compte du COP des PAC permet de réduire ces surfaces.

Des surfaces de panneaux photovoltaïques doivent être prévues pour respecter les exigences légales, à savoir 10 Wc/m² de surface de référence énergétique par bâtiment (30 Wc/m² pour le standard THPE-2000W) dans la limite de 30 kWc obligatoire (respectivement 100kWc pour le standard THPE-2000W). Pour le standard énergétique HPE, cela représente environ 1'200 m² de panneaux solaires en toiture pour les 3 premières phases de construction (bâtiments A, B et C) et 200 m² pour la dernière étape (bâtiment E)⁷. Pour les 3 premières phases de construction, l'électricité produite par les panneaux pourraient représenter environ 180 MWh d'électricité, soit près de 20% des besoins courants en électricité du site (sans compter les besoins en électricité pour la production de chaleur). Pour le bâtiment E seul, l'électricité produite par les 200 m² de panneaux pourraient représenter environ 30 MWh, soit un peu plus de 50% de ses besoins courants en électricité.

Les surfaces de toiture, de l'ordre de 3'300 m², devraient être suffisantes pour accueillir les panneaux solaires permettant d'atteindre le standard HPE. Pour atteindre le standard énergétique THPE-2000W, la couverture des surfaces de toitures ne sera probablement pas suffisante : le cas échéant, des surfaces supplémentaires devront être trouvées, en façade notamment.

Avec une installation photovoltaïque, il est primordial de favoriser l'autoconsommation, par exemple en mettant en place un regroupement dans le cadre de la consommation propre (RCP). En effet, la loi prévoit la possibilité que des consommateurs qui se trouvent sur un même terrain foncier (par exemple des locataires ou des propriétaires par étage) ou sur des terrains fonciers voisins se regroupent au sein d'un RCP afin d'autoconsommer collectivement l'énergie produite par une installation⁸. La couverture de l'ensemble des toitures par du solaire photovoltaïque et/ou l'achat de courant d'origine certifiée renouvelable permettrait de diminuer l'impact environnemental de la fourniture d'électricité.

Pour distribuer la chaleur dans les bâtiments, la création de réseaux de chauffage à basse température (avec du chauffage au sol) est fortement recommandée. Cela permettra de limiter les consommations d'électricité des pompes à chaleur qui exploitent des ressources renouvelables à basse température. Pour les bâtiments neufs, cela ne devrait pas poser de problème. Pour le bâtiment D, le choix dépendra de la rénovation entreprise, mais un réseau de chauffage basse température doit également être privilégié dans la mesure du possible.

⁷ Cette évaluation prend pour hypothèse que cette exigence s'applique par adresse : deux adresses ont été considérées pour les bâtiments A et B qui sont composés de deux parties avec des cages d'escalier distinctes et qui ne communiquent pas entre elles, de la même façon trois adresses ont été considérées pour le bâtiment C.

⁸ Pour plus d'informations, se référer au document « Guide pratique de la consommation propre » de Suisse Energie, disponible sur le site www.suisseenergie.ch (version 2.2 de juillet 2021 au moment de la rédaction de cette étude)

3.2 Scénario 1 – Réseau Thermique Structurant (GeniLac & PAC ou GeniTerre)

Ce scénario consiste à se raccorder à un Réseau Thermique Structurant (RTS) pour le chauffage et la préparation de l'ECS : soit au réseau basse température GeniLac avec des pompes à chaleur (PAC), soit au réseau de chaleur haute température GeniTerre. Des panneaux solaires sont installés pour couvrir une partie des besoins en eau chaude sanitaire et en électricité, comme mentionné auparavant.

Ce scénario peut s'appliquer avec une production centralisée ou décentralisée par bâtiment. Une production centralisée présente l'avantage de mutualiser les ressources afin d'optimiser la taille et le fonctionnement des installations. Dans ce cas, la chaufferie doit être placée de préférence dans le premier bâtiment construit, c'est-à-dire le A et un réseau de chaleur doit être prévu sur le site afin de distribuer la chaleur aux autres bâtiments, par exemple au plafond des parkings en sous-sol. Une installation décentralisée peut être intéressante pour réduire les consommations d'énergie (pour la préparation d'ECS avec GeniLac par exemple) et/ou pour individualiser les productions des bâtiments pour les propriétaires.

Des locaux techniques doivent être mis à disposition sur le site. Leur taille et leur position dépendent de la centralisation ou décentralisation de la production de chaleur, ainsi que du RTS retenu : les locaux techniques pour GeniLac seront plus grands que ceux nécessaires pour GeniTerre, car il faudra y ajouter des pompes à chaleur.

Au niveau du cadre légal établi dans le plan directeur de l'énergie, c'est la solution à privilégier.

Au niveau des coûts, le raccordement à un RTS permet de limiter les coûts d'investissement initiaux.

Au niveau du planning, le réseau GeniLac sera disponible au mieux en 2027 sur le site de Carantec. L'horizon temporel de disponibilité du réseau GeniTerre n'est pas encore connu, mais il devrait l'être à la fin de l'été 2023. Si le premier bâtiment du projet est prêt avant l'arrivée du réseau, les SIG et l'OCEN peuvent s'accorder sur une solution transitoire. Le coût de la solution transitoire est intégré dans le tarif global de la chaleur.

Avantages	
Cadre légal	- Solution avec RTS à privilégier selon le plan directeur de l'énergie
Environnement	- Utilisation de ressources renouvelables (eau du lac) - Part d'énergie renouvelable élevée - Faibles émissions CO ₂
Coûts	- Coût d'investissement initial limité - Coût global de la chaleur (investissement + entretien + énergie) maîtrisé avec un contrat de 20 à 30 ans et une part variable faible
Divers	- Solution « clé en main » - Production de froid en direct envisageable, hormis pour des logements

Désavantages	
Coûts	- Contrat de 20 à 30 ans
Temporalité	- Dépendance vis-à-vis de l'avancement de la construction des RTS au début du projet : solution transitoire à envisager

3.3 Scénario 2 – Sondes géothermiques ou nappe & PAC

Ce scénario consiste à installer des pompes à chaleur sur sondes géothermiques de 300 m ou sur la nappe du Grand-Saconnex pour le chauffage et la préparation d'eau chaude sanitaire. Des panneaux solaires sont installés pour couvrir une partie des besoins en eau chaude sanitaire et en électricité, comme mentionné auparavant.

Le choix entre les sondes ou la nappe doit se baser sur les informations du guichet GEothermies et sur des études de reconnaissance du sous-sol avec des tests in situ (forages ou essais de pompage). Dans les deux cas, la gestion de la ressource sur le long terme et les besoins de recharge thermique doivent être étudiés avec soin.

Dans l'état actuel des connaissances, le guichet GEothermies recommande de privilégier les sondes géothermiques, bien que l'exploitation de la nappe permette de diminuer l'occupation du terrain et les coûts d'investissement pour des performances équivalentes. Si le potentiel de la nappe s'avère intéressant pour ce projet, l'exploitation géothermique de cette ressource sera assurée par les SIG dans le cadre de la délégation inscrite dans la loi sur les ressources du sous-sol (modifications LRSS promulguée en novembre 2021). Concrètement, cela signifie que ce sont les SIG qui seront chargés de conduire les études précédemment citées et d'installer les infrastructures nécessaires à la fourniture de cette ressource géothermique (puits de pompage, puits de rejet, réseaux primaires de circulation de l'eau de nappe entre les 2 types de puits).

L'occupation du terrain est plus importante avec un champ de sondes géothermiques qu'avec les puits nécessaires pour utiliser la nappe phréatique. De plus, compte tenu de la taille du site, des sondes géothermiques devront être placées sous les bâtiments si la faisabilité est avérée. Dans les deux cas, des pompes à chaleur sont placées dans la chaufferie.

Ce scénario peut s'appliquer avec une production centralisée ou décentralisée par bâtiment. Une production centralisée présente l'avantage de mutualiser les ressources afin d'optimiser la taille et le fonctionnement des installations. Dans ce cas, la chaufferie doit être placée de préférence dans le premier bâtiment construit, c'est-à-dire le A et un réseau de distribution de chaleur doit être prévu sur le site afin d'alimenter les autres bâtiments. Des productions de chaleur décentralisées pour l'ECS peuvent toutefois être envisagées pour réduire les consommations d'énergie.

Au niveau des coûts, l'investissement dans un champ de sondes est conséquent tandis que l'utilisation de la nappe requiert des investissements standards à moyens.

Au niveau du planning, ce sont les études de reconnaissance du sous-sol in situ qui pourraient légèrement retarder le développement de cette solution. Au démarrage des projets, le guichet GEothermies devra être contacté pour recueillir les données actualisées.

Avantages	
Environnement	- Part d'énergie renouvelable élevée - Faibles émissions CO₂
Coûts	- Coût de l'énergie maîtrisé avec la majeure partie de l'énergie prélevée dans l'environnement
Divers	- Mutualisation de la production - Production de froid en direct envisageable et favorable à la recharge thermique

Désavantages	
Faisabilité technique	- Faisabilité à étudier, avec forages test ou essais de pompage
Coûts	- Coût d'investissement conséquent pour un champ de sondes
Temporalité	- Dépendance vis-à-vis des études in situ
Divers	- Utilisation intensive du sol avec un champ de sondes, qui peut amener à des conflits sur l'utilisation du sol

La mise en place d'un appoint pourrait permettre de réduire la taille du champ de sondes géothermiques ou diminuer le débit de pompage dans la nappe, par exemple avec la mise en place d'une récupération de chaleur sur les eaux usées avec une PAC. Les solutions énergétiques permettant de répondre aux éventuels besoins d'appoint seront évaluées au cas par cas avec l'OCEN au stade des autorisations de construire.

L'utilisation d'appoints augmente l'espace occupé par les installations techniques. Par exemple, pour utiliser les eaux usées, il faut prévoir une cuve de stockage extérieure des eaux usées et une pompe à chaleur supplémentaire dans la chaufferie.

Au niveau environnemental, les eaux usées sont intéressantes, car ce sont des rejets thermiques disponibles directement sur site.

Un complément d'énergie pourrait également être fourni par des géostructures énergétiques placées dans les éléments structurels enterrés des constructions. La pertinence de cette option pourra être vérifiée au démarrage des projets.

3.4 Scénario 3 – PAC air-eau

Ce scénario consiste à installer des pompes à chaleur sur l'air pour le chauffage et la préparation d'eau chaude sanitaire, avec un éventuel appoint à définir en concertation avec l'OCEN pour les pointes hivernales. Des panneaux solaires sont installés pour couvrir une partie des besoins en eau chaude sanitaire et en électricité, comme mentionné auparavant.

La planification de pompes à chaleur sur l'air requiert une attention particulière pour ne pas causer de nuisances sonores.

La production de chaleur est décentralisée avec une production par bâtiment, voire par entrée. Ce système est peu flexible sur le long terme, car il rend difficile la mise en place d'une stratégie commune pour le remplacement de ces productions en l'absence d'un système centralisé. Cela rend compliqué le passage à une solution centralisée (RTS par exemple) sur le long terme.

Les pompes à chaleur sur l'air fonctionnent en prélevant de l'énergie sur l'air. Des installations techniques extérieures sont nécessaires à cet effet. Compte tenu du plafond aérien, de la hauteur des bâtiments et des installations solaires placées en toiture, la possibilité de mettre en place des installations techniques en toiture sera probablement limitée. Il faudra alors trouver d'autres espaces extérieurs pour mettre en place ces installations, tout en veillant à réduire au maximum les risques de nuisances sonores. Ces contraintes sont à prendre en compte dans le développement du projet.

Au niveau des coûts, les coûts d'investissement sont standards, voire moyens si on prend en compte les surfaces techniques requises pour les installations extérieures.

Au niveau du planning, ce scénario est indépendant d'acteurs extérieurs.

Au niveau environnemental, ce scénario est moins intéressant que les deux premiers, car les pompes à chaleur sur l'air ont des performances annuelles moins bonnes. Cela implique des consommations d'électricité plus importantes.

<i>Avantages</i>	
Environnement	- Part d'énergie renouvelable élevée - Faibles émissions CO₂
Coûts	- Coûts d'investissement standards à moyens - Coût de l'énergie maîtrisé avec la majeure partie de l'énergie prélevée dans l'environnement
Temporalité	- Pas d'influences extérieures
Divers	- Production individualisée par adresse

<i>Désavantages</i>	
Faisabilité technique	- Installations techniques extérieures à prévoir avec PAC sur l'air - Dimensionnement crucial pour éviter les nuisances sonores
Divers	- Solution décentralisée peu flexible sur le long terme - Consommations d'électricité plus grandes qu'avec des PAC sur sondes

3.5 Synthèse des stratégies énergétiques

Au niveau des obligations légales, le raccordement à un réseau thermique structurant (RTS) selon la stratégie 1, GeniLac ou GeniTerre, est à privilégier depuis 2020 avec l'adoption du Plan Directeur de l'Energie.

Au niveau environnemental, toutes les stratégies prévoient une part très importante d'énergies renouvelables pour la production de chaleur permettant de respecter les exigences du standard HPE, à savoir une alimentation principale en chaleur qui provient d'énergies non fossiles et locales. Les productions de chaleur avec pompes à chaleur sont toutes exemptes d'émissions CO₂ directes sur site. Toutefois, l'origine de l'électricité utilisée sur site peut également être une source d'émissions CO₂ hors des limites du site. Les installations solaires qui seront mises en place pour respecter les exigences légales permettront de limiter les émissions CO₂. En complément, la mise en place d'installations solaires photovoltaïques supplémentaires et/ou l'achat de courant produit localement et d'origine renouvelable peut être envisagé pour réduire d'autant plus ces émissions.

Toutefois, les stratégies 1 (RTS) et 2 (chaleur du sol ou de la nappe) sont préférables au niveau environnemental et énergétique, car elles permettent une meilleure exploitation des ressources renouvelables locales grâce à une mutualisation des installations et une plus faible consommation d'électricité. Le raccordement à un réseau thermique présente d'ailleurs un avantage supplémentaire puisqu'il permet de valoriser des synergies à l'échelle du territoire et non simplement à l'échelle du site de Carantec.

Au niveau économique, les coûts annualisés globaux (capital, énergie et entretien) des 3 stratégies devraient être plus ou moins équivalents, avec toutefois des variations en fonction des stratégies retenues pour la production d'ECS et pour les pointes hivernales. La solution la moins coûteuse à l'investissement devrait être la stratégie 1 (RTS) et la plus coûteuse à l'investissement la stratégie 2 (chaleur du sol ou de la nappe). A l'exploitation, les coûts d'énergie et d'entretien des stratégies 2 et 3 devraient être faibles. **Par ailleurs, l'exposition au risque de la variabilité des coûts de l'énergie devrait être limitée dans toutes les stratégies**, car elles reposent toutes sur une part importante d'énergie de l'environnement. De plus, dans la première stratégie avec des RTS, les SIG proposent des contrats de 20 à 30 ans.

Au niveau du planning, la solution la plus simple à mettre en œuvre est la stratégie 3 (PAC air-eau), car c'est une solution individualisée par bâtiment qui n'implique pas de coordination avec des acteurs extérieurs. Le raccordement à un réseau thermique (stratégie 1) pourrait également s'avérer relativement simple à mettre en œuvre, puisque les SIG proposent une solution transitoire si le réseau n'est pas disponible dès la mise en service du premier bâtiment. Toutefois, cette solution transitoire peut compliquer le planning. Par ailleurs, il faudra se coordonner avec les SIG sur la stratégie de préparation d'ECS sur le site. La stratégie 2 (chaleur du sol ou de la nappe) requiert des études de faisabilité et une coordination avec le guichet GEothermies dès le début de la phase de projet. Toutefois, une fois la faisabilité démontrée, cette option ne requiert pas l'interventions d'acteurs extérieurs. A noter cependant que la mise en place de sondes sous les bâtiments peut allonger la durée du chantier par rapport aux autres stratégies.

3.6 Planning et actions à entreprendre

Voilà un récapitulatif des horizons temporels connus. A noter que les horizons temporels du projet Carantec sont encore très incertains.



Un récapitulatif des actions à entreprendre auprès d'acteurs extérieurs afin de préciser les conditions de mises en œuvre des solutions est présenté ci-dessous :

Scénario 1 – GeniLac & PAC

- Faire une demande d'information CAD/FAD via le portail en ligne des SIG ([Demande information CAD FAD | SIG \(sig-ge.ch\)](#)) pour préciser le RTS retenu pour alimenter le site de Carantec et les modalités de raccordement, notamment au sujet du concept de production d'ECS, du tarif et de la solution transitoire.

Scénario 2 – Sondes géothermiques ou nappe & PAC

- Contacter le guichet GEothermies (geothermies_guichet@etat.ge.ch) pour obtenir les dernières informations à jour.
- Sur la base des réponses du guichet, lancer des études de faisabilité, notamment pour la reconnaissance du sous-sol avec des tests in situ.

Scénario 3 – PAC air-eau

- Aucune action n'est requise avec des acteurs extérieurs au projet.

3.7 Subventions

Les conditions d'attribution des subventions évoluent chaque année. Il n'est donc pas possible de prévoir les évolutions des années à venir et il faudra donc évaluer précisément les subventions possibles en phase de projet, en amont du dépôt de la mise à l'enquête. Pour plus d'informations : [Subventions \(geneve.ch/energie2050\)](http://www.geneve.ch/energie2050).

A titre informatif, vous trouverez ci-dessous les principales subventions proposées en 2023.

Bâtiments neufs (A, B, C et E)

- Programme Bâtiments, mesure M16 « Construction Minergie-P(-ECO) ou Minergie-P(-A) » : actuellement 40 CHF/m²_{SRE} pour de l'habitat collectif et 30 CHF/m²_{SRE} pour d'autres affectations (www.leprogrammebatiments.ch).
- Subventions pour la pose de panneaux solaires photovoltaïques et programme de rachat de l'électricité photovoltaïque : avec Pronovo et/ou les SIG.

Bâtiment existant (D)

- Programme Bâtiments : nombreuses mesures d'efficacité énergétique subventionnées (www.leprogrammebatiments.ch).
- Programme Eco 21 : programme d'économie d'énergie mis en place par les SIG, qui a pour but d'accompagner ses clients dans leurs démarches d'efficacité énergétique et d'économie.
- Subventions pour la pose de panneaux solaires photovoltaïques et programme de rachat de l'électricité photovoltaïque : avec Pronovo et/ou les SIG.

Autres aides

- Fonds cantonaux pour le développement des énergies renouvelables et les économies d'énergie
 - à destination du secteur privé : sous forme de prêts et de cautionnement en faveur de projets d'utilisation rationnelle de l'énergie et de recours aux énergies renouvelables. Le montant de l'aide financière est déterminé, entre autres, par la rentabilité économique du projet
 - à destination des collectivités publiques : sous forme de subventions
- Exonération de l'impôt immobilier complémentaire, avec une attestation HPE, THPE

4 SYNTHÈSE GÉNÉRALE ET RECOMMANDATIONS

Le tableau suivant présente une synthèse multicritère des scénarios d'approvisionnement énergétique étudiés dans le présent CET, avec une évaluation qualitative des critères.

Scénario	1- RTS (GeniLac & PAC ou GeniTerre)	2 - Sondes géothermiques & PAC	2 - Nappe & PAC	3 - PAC air-eau
Implications énergétiques et environnementales				
Part d'énergie renouvelable				
Emissions CO ₂				
Compatibilité Société 2000 W*				
Compatibilité Minergie-P				
Cohérence PDE				
Implications techniques et spatiales				
Concept de production de chaleur	Déc.**	Centralisée, avec production ECS décentralisée		Décentralisée
Infrastructure de production	GT	GL		
- Chauffage centralisée	-	Echangeur GL + PAC	PAC	PAC
- Chauffage ou sous-station par bâtiment	Echangeur	Echangeur sur prod. centralisée + production ECS		PAC + éventuel appoint
- Sur le site	Fouilles pour RTS		Champ de sondes	Puits pompage/rejet
	Réseau de distribution de chaleur entre bâtiments			-
Installation solaire	Obligatoire			
Performances				
Indépendance contractuelle de la production de chaleur				
Compatibilité temporelle				
Implications économiques				
Coûts d'investissement				
Coûts à l'exploitation				
Coûts globaux annualisés				
Stabilité du coût de l'énergie				
Acteurs impliqués				
Principaux acteurs	SIG	GEothermies	GEothermies	-

(prod. = production, ECS = eau chaude sanitaire, PAC = pompe à chaleur)

* Aucune évaluation quantitative n'a été effectuée. Toutefois, les scénarios 1 et 2 sont plus compatibles avec les objectifs de la société à 2000 W que le scénario 3, qui utilise des PAC sur l'air moins performantes et un éventuel appoint à définir. Dans tous les cas, l'utilisation d'électricité d'origine renouvelable sera nécessaire pour aller vers la société à 2000 W.

** Une variante centralisée est également envisageable.

	Critère d'évaluation favorable au scénario
	Critère d'évaluation peu favorable au scénario
	Critère d'évaluation défavorable au scénario

Avant de choisir l'approvisionnement énergétique du site de Carantec, il faudra récolter les informations suivantes :

- Auprès des SIG : vérifier les réseaux thermiques disponibles et les conditions de raccordement, c'est-à-dire la stratégie pour la préparation d'ECS, la solution transitoire si nécessaire et le tarif,
- Auprès du guichet GEothermies : mettre à jour les connaissances sur le contexte géothermique du site.

Selon les connaissances actuelles, le raccordement à un réseau thermique structurant (scénario 1) ou l'utilisation de la chaleur du sol / de la nappe (scénario 2) sont les solutions les plus pertinentes pour valoriser des ressources renouvelables locales. Toutefois, **le raccordement à un réseau thermique structurant (RTS), GeniLac ou GeniTerre, est à privilégier depuis l'adoption du Plan Directeur de l'Energie en 2020**. L'utilisation de PAC air-eau décentralisées avec un éventuel appoint à définir (scénario 3) doit être envisagée en dernier recours si les deux premières stratégies ne peuvent pas être mises en œuvre.

Parmi les deux scénarios les plus pertinents (1 et 2), les performances des installations devraient être équivalentes. Le raccordement à un réseau thermique serait le moins cher à l'investissement et pourrait s'avérer le plus simple à mettre en œuvre, en fonction des discussions avec les SIG, mais les coûts à l'exploitation seraient plus élevés. Au contraire, l'utilisation d'un champ de sondes géothermiques serait le plus cher à l'investissement et le plus contraignant pour la mise en œuvre avec les forages mais bénéficierait de faibles coûts d'exploitation. L'utilisation de la nappe se situerait entre les deux premiers cas pour l'investissement et la simplicité de mise en œuvre. Les coûts d'exploitation seraient faibles comme pour les sondes géothermiques mais les coûts globaux (capital, entretien et énergie) annualisés pourraient s'avérer moins élevés que dans les deux autres cas. En l'état des connaissances actuelles, le guichet GEothermies conseille toutefois de privilégier le recours aux sondes géothermiques par rapport à l'utilisation de la nappe du Grand-Saconnex.

Avec les deux scénarios les plus pertinents (1 et 2), le concept de préparation de l'ECS doit être étudié avec soin afin de diminuer les consommations d'énergie et les puissances nécessaires. Une production décentralisée par bâtiment sera probablement nécessaire pour diminuer les pertes de distribution.

Dans tous les cas, une réflexion sur l'optimisation de l'utilisation de l'énergie solaire sur le site doit être engagée.

Echallens, le 30 mars 2023, Hélène Perrineau/fwe/jeg/pca