

G2050 / 11 décembre 2014
Etat de Genève - DALE / OU / DDURG, Genève

GRAND PROJET « GRANDS ESSERTS », VEYRIER GE
CONCEPT ENERGETIQUE TERRITORIAL

CET 2014-19
OFFICE CANTONAL
DE L'ENERGIE
Rue du Puits-Saint-Pierre 4
Case postale 3920
1211 Genève 3
[Signature]
15 DEC. 2014

Pierre-Olivier Maradan, géologue, BENEFR, SIA
Camille Orthlieb, ing. env. dipl. EPFL
Jonathan Sidler, ing. env. dipl. EPFL
J:\G\G2050\07 rapports\CET\Rapp002 non fusionné\rap0002 concept énergétique_version définitive_v4.docx JS

Feuille de validation et suivi des modifications du concept énergétique territorial

Cette feuille faite partie intégrante du CET validé

CET 2014-19 associé au PLQ "Maison de Vessy" faisant partie du Grand Projet "Les Grands-Esserts"

Commentaires de l'OCEN

Ce CET permet de comprendre les enjeux liés à l'approvisionnement énergétique de ce territoire. Des échanges entre les différents partenaires du projet ont permis d'appréhender ces enjeux en rapport avec les objectifs et contraintes propres à chaque acteur, notamment les enjeux économiques.

Ces échanges doivent être poursuivis pour traiter les questions liées au mix final des énergies, aux problématiques dues au phasage du développement des Grands-Esserts et les mesures conservatoires et solutions transitoires qui en découleraient ainsi que l'apparition de modes de transformation efficaces sur ce périmètre.

Bon pour validation:

Date: 15.12.2014

Visa:


Fabrice Guignet
Adjoint scientifique

Feuille de contrôle

Mandant

Contact Nom : Etat de Genève - DALE / OU / DDURG
Téléphone : 022 546 00 04
Email : benjamin.villard@etat.ge.ch

PPLUS Sàrl

Responsable Nom : Pierre-Olivier Maradan
Téléphone : 032 724 90 24
Email : info@pplus.ch

Modifications :

Modification	Descriptif	Visa	Date
1.3	Version définitive	JS	11.12.2014

Distribution :

Nom	Organisation	Nombre
B. Villard	Etat de Genève – DETA / OU / DDU Rive	pdf
C. Gachoud	Group8	pdf

CONTENU	PAGE
1 MISE EN CONTEXTE	1
1.1 Définition des objectifs du concept énergétique territorial	1
1.2 Résultats attendus	1
1.3 Localisation géographique, caractérisation du site et de son environnement	2
1.4 Contexte politique et institutionnel	2
1.5 Cadre légal	2
1.6 Concepts énergétiques territoriaux en lien avec le périmètre concerné	4
1.7 Projets d'aménagement en cours ou à venir sur la zone et à proximité	6
1.8 Contexte environnemental	8
1.8.1 Qualité de l'air	8
1.8.2 Hydrogéologie	8
1.8.3 Hydrologie	8
2 ETAT DES LIEUX ÉNERGÉTIQUE	9
2.1 Cartographie des ressources	9
2.2 Potentiel des ressources énergétiques pour la production de chaleur	9
2.3 Potentiel des ressources énergétiques pour la production d'électricité	16
2.4 Structure qualitative et quantitative des besoins énergétiques actuels et évolution future	18
2.5 Les acteurs concernés et leur rôle	30
2.6 Les infrastructures énergétiques existantes et projetées	30
3 PROPOSITIONS ET ANALYSE DE STRATÉGIES ÉNERGÉTIQUES LOCALES	31
3.1 Stratégies de valorisation du potentiel énergétique local	31
3.2 Stratégies d'approvisionnement	31
3.2.1 Stratégies d'action sur les besoins	31
3.2.2 Stratégies d'approvisionnement (approche en termes de filières)	31
3.2.2.1 Dans le cadre d'une production centralisée	32
3.2.2.2 Dans le cadre d'une production décentralisée	33
3.3 Mesures à prévoir pour les niveaux de planification inférieurs	33
3.4 Mesures transitoires	34
4 SYNTHÈSE DES ORIENTATIONS ET DES RECOMMANDATIONS POUR LES ACTEURS CONCERNÉS	35
4.1 Production décentralisée	35
4.2 Production centralisée	36

TABLEAUX

Tableau 1 : Surface brut de plancher totale (plan guide T2 – novembre 2013)	21
Tableau 2 : Besoins de chaleur utile pour le chauffage	22
Tableau 3 : Evolution des besoins de chaleur pour le chauffage pour des bâtiments Haute Performance Energétique (HPE)	23
Tableau 4 : Evolution des besoins de chaleur pour le chauffage pour des bâtiments Très Haute Performance Energétique (THPE)	25
Tableau 5 : Besoins de chaleur utile pour le chauffage de l'ECS	27
Tableau 6 : Besoins électriques utiles du projet	29
Tableau 7 : Echelles des stratégies d'approvisionnement	32
Tableau 8 : Classement des sources de chaleur pour une production centralisée	32
Tableau 9 : Scénarios d'approvisionnement possibles pour une production centralisée	33
Tableau 10 : Classement des sources de chaleur pour une production décentralisée ..	33
Tableau 11 : Scénarios d'approvisionnement possibles pour une production décentralisée	33

FIGURES

Figure 1 : Plan de situation (1:25'000).....	2
Figure 2 : Concepts énergétiques territoriaux en lien avec le périmètre concerné.....	4
Figure 3 : Commune de Veyrier	6
Figure 4 : Cadastre des chaudières	7
Figure 5 : Etat des lieux des ressources énergétiques alentours.....	9
Figure 6 : Systèmes de récupération de chaleur sur les eaux usées.....	12
Figure 7 : Réseau d'assainissement	12
Figure 8 : Filières énergétiques étudiées	17
Figure 9 : Phasage du projet.....	20
Figure 10 : Graphique de l'évolution des besoins de chaleur pour le chauffage pour des bâtiments HPE.....	24
Figure 11 : Graphique de l'évolution des besoins de chaleur pour le chauffage pour des bâtiments THPE.....	26
Figure 12: Besoins de chaleur pour l'ECS et le chauffage en fonction du développement du projet.....	28

SOURCES/DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE

- [1] Loi sur l'énergie de l'Etat de Genève (L 2 30, du 7 novembre 1987)
- [2] Règlement d'application de la loi sur l'énergie de l'Etat de Genève (L 2 30.01, du 22 septembre 1988)
- [3] Directive relative au concept énergétique territorial – Service de l'énergie, Version n°1, Août 2004
- [4] Concept énergétique de quartier « Maison de Vessy », Energestion, Janvier 2007, M. Martial Gotz.
- [5] CET 2011-39 Secteur des Cherpines
- [6] CET 2011-20 Zones Agricoles Spéciales
- [7] CET 2012-11 Secteur Carouge-Arve
- [8] Cahier des charges GP Les Grands-Esserts, Mandat de maîtrise d'œuvre urbaine – Dossier d'appel d'offres
- [9] Point presse du Conseil d'Etat, 30 janvier 2013, M. Pierre Maudet, conseiller d'Etat & Mme Anja Wyden Guelpa, chancelière d'Etat
- [10] Récupération de chaleur
http://www.crem.ch/files/content/sites/crem_ntr/files/CREM2011/EVENEMENTS2010/SemPOMPEACHALEUR2010-20100325/FR.pdf
- [11] www.minergie.ch
- [12] Questionnaire MINERGIE-ECO, Habitat collectif
- [13] CET PLQ Communaux d'Ambilly, Janvier 2010

1 MISE EN CONTEXTE

1.1 Définition des objectifs du concept énergétique territorial

L'objectif de ce rapport est de fournir des éléments d'aide à la décision pour appuyer le choix d'une politique énergétique dans le cadre du Grand Projet des Grands-Esserts. Ce concept énergétique, approche élaborée à l'échelle du Plateau de Vessy vise, d'après [1], à :

- a) Organiser les interactions en rapport avec l'environnement entre les acteurs institutionnels, professionnels et économiques liés au projet
- b) Diminuer les besoins en énergie par la construction de bâtiments répondant à un standard de haute performance énergétique et par la mise en place de technologies efficaces pour la transformation de l'énergie
- c) Développer des infrastructures et des équipements efficaces pour la production et la distribution de l'énergie
- d) Utiliser autant que possible le potentiel énergétique local renouvelable et les rejets thermiques.

Les Grands Projets d'aménagement représentent pour l'OCEN l'opportunité d'étudier et de développer des projets pilotes en matière d'énergie.

Dans le cas spécifique des Grands-Esserts, il est à noter l'implication des futurs constructeurs, la caisse de pension de l'Etat de Genève (CPEG), dans l'élaboration du concept énergétique.

1.2 Résultats attendus

Le résultat visé par ce concept énergétique est, à partir d'un état des lieux des ressources, besoins, acteurs et infrastructures, de proposer des stratégies de valorisation des ressources locales et des stratégies d'approvisionnement visant à satisfaire, à court comme à plus long terme, les besoins du futur quartier des Grands-Esserts, en cohérence avec les objectifs de politique énergétique, soit la société à 2000 watts sans nucléaire comme vision à long terme [8].

Les résultats attendus sont des propositions de stratégies énergétiques pour ce futur quartier en se basant sur :

- Un engagement optimal des ressources locales ;
- Une gestion de la demande par la construction de bâtiments à haut, voire très haut standard énergétique (selon Art. 12Q, REn) ;
- Des transformations aussi efficaces que possibles de l'énergie dans le but de globalement tendre vers une limitation des émissions de CO₂ et le concept d'une société à 2000 watts sans nucléaire ;
- Des solutions économiquement et socialement acceptables ;
- Un système capable d'évoluer au cours du temps vers d'autres sources d'énergie.

Pour ce faire, la définition de périmètres de pertinence en fonction des stratégies possibles est utile.

1.3 Localisation géographique, caractérisation du site et de son environnement

Le site du Grand Projet des Grands-Esserts se situe au cœur du Plateau de Vessy sur la commune de Veyrier à cheval sur la Route de Vessy et le long de la Route de Veyrier. Le périmètre jouxte l'EMS de la Maison de Vessy ainsi que le nouveau quartier des architectes Bonnet. À l'Est, une lisière forestière et le lit du Nant de Vessy le délimite. Le site, d'une surface de 11.5 ha, est actuellement en zone de développement 3 et il est utilisé pour l'agriculture. Il est composé de 4 parcelles, dont 3 appartiennent au futur constructeur, la CPEG. La parcelle restante appartient à l'Etat de Genève.

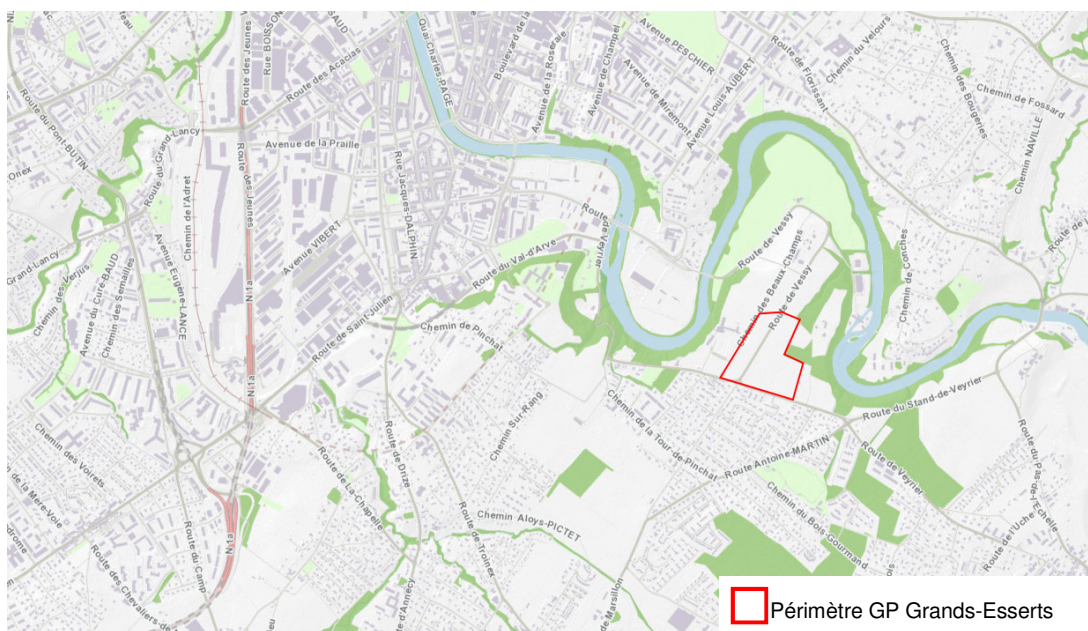


Figure 1 : Plan de situation (1:25'000)

1.4 Contexte politique et institutionnel

Le présent rapport est établi dans le cadre de l'élaboration du Grand Projet des Grands-Esserts sur la commune de Veyrier.

Dans ce cadre, le bureau Group8 ainsi qu'une équipe de spécialistes ont été mandatés par l'Etat de Genève pour la mission de Maîtrise d'Œuvre Urbaine du Grand Projet des Grands-Esserts. Le bureau PPLUS sàrl intervient dans cette équipe pour les aspects liés à l'environnement. Ce projet a pour bût la réalisation d'études nécessaires à la formalisation du PLQ sur le périmètre concerné. Il doit s'inscrire dans la continuité :

- des études précédentes
- des résultats et recommandations des MEP
- des études de mobilité
- de l'accord entre l'Etat de Genève et la ville de Veyrier du 3 mai 2012.

1.5 Cadre légal

La réalisation du présent concept énergétique territorial (CET) est régie par la loi cantonale sur l'énergie (L 2 30, 1987) [1] et son règlement d'application (L 2 30.01, 1988) [2]. Les exigences relatives à la planification énergétique territoriale sont

quant à elles définies dans la Directive relative au concept énergétique territorial du 4 août 2010 [3].

Les grandes orientations de la politique énergétique du canton sont définies dans l'art. 1 de la loi sur l'énergie :

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

Dans ce cadre, la loi exige la mise en œuvre d'une planification énergétique territoriale définie à l'art. 6, al.12 LEn comme explicité au point 1.1.

L'art. 11 al. 2 LEn précise le champ d'application de ces CET :

« En matière d'aménagement du territoire, les plans directeurs de quartier, les plans localisés de quartier, les plans localisés agricoles et les plans visés à l'article 13, al. 1, lettre b de la loi d'application de la loi fédérale sur l'aménagement du territoire, du 4 juin 1987, comportent un concept énergétique territorial. »

Ainsi, la mission de Maîtrise d'Œuvre Urbaine ayant pour objectif, de réaliser les études nécessaires à la formalisation de PLQ sur le périmètre concerné, le périmètre des Grands-Esserts est soumis à l'établissement d'un concept énergétique territorial (CET), qui fait l'objet du présent rapport.

La Directive relative au concept énergétique territorial du 4 août 2010 précise le contenu, les modalités d'élaboration et la forme d'un concept énergétique territorial.

Concernant les réseaux de chaleur à distance, l'art. 22, al. 2 LEn définit l'obligation de raccordement si :

« a) le réseau correspond à une utilisation plus rationnelle de l'énergie que les autres sources d'énergies envisageables ;

b) elle satisfait pour l'utilisateur au principe de proportionnalité ».

1.6 Concepts énergétiques territoriaux en lien avec le périmètre concerné

Pour la cohérence et l'intégration de ce concept énergétique, les résultats de trois concepts énergétiques traitant de territoires proche des Grands-Esserts sont passés en revue.

La localisation des différents concepts énergétiques est visible dans la Figure 2.

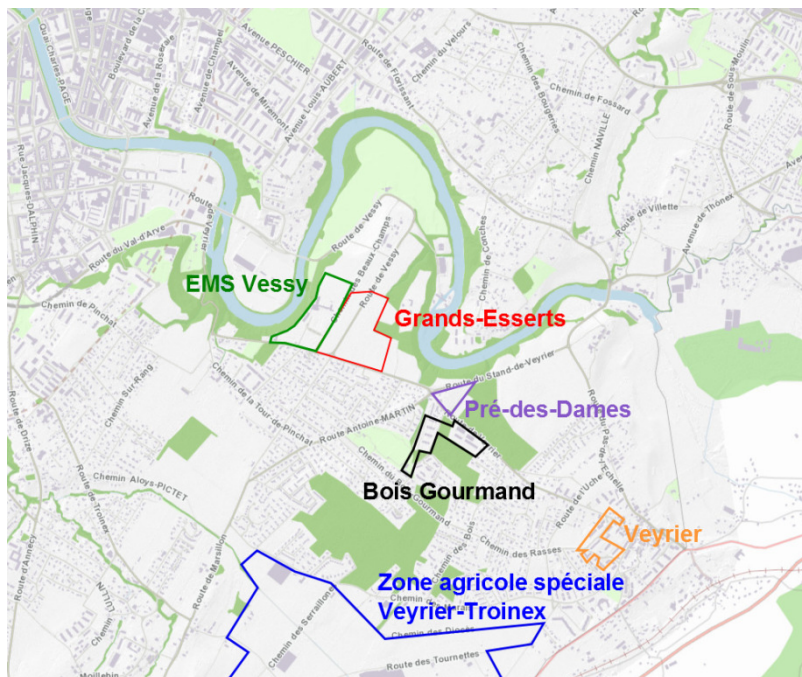


Figure 2 : Concepts énergétiques territoriaux en lien avec le périmètre concerné

1.6.1. Concept énergétique de quartier de la Maison de Vessy

Le concept énergétique de quartier « Maison de Vessy » [4] est une analyse énergétique de la totalité du plateau de Vessy : EMS Maison de Vessy, Immeubles Bonnet, Grands-Esserts avec groupe scolaire et extension de la crèche de la cigogne, présentant le calcul des besoins et des potentiels. Il conseille le choix d'une production centralisée, dimensionnée dans un premier temps pour alimenter la Maison de Vessy et les immeubles Bonnet (Fondation Privée HLM).

Etat actuel :

- Centrale de chauffe au gaz (haute température 70°C) utilisée à la totalité de sa capacité.
- couplage chaleur-force (en fonction depuis 2 ans) au gaz dimensionné pour le ruban électrique de l'EMS.

Dimensionnement, d'après Energgestion :

- Conduite d'approvisionnement en direction des immeubles Bonnet surdimensionnée d'un facteur 3 (D100) dans la situation actuelle, pour un futur raccordement des Grands-Esserts. Le surdimensionnement de cette conduite a été financée par l'OCEN à titre de mesure conservatoire. La situation est visible en Annexe 1.

- 8.5 MW pourrait être fournis par cette conduite, soit l'approvisionnement pour une surface chauffée de 180'000 m².
- Centrale de chauffe actuellement exploitée dans sa totalité, des agrandissements seraient donc nécessaires en cas de raccordement des Grands-Esserts. L'espace nécessaire à cet agrandissement est d'ores et déjà réservé dans le parc de l'EMS.

L'EMS de Vessy a créé une société indépendante pour la gestion de la production énergétique du CAD : « VESSY-ENERGIE Sàrl ». Actuellement, le quartier Bonnet est approvisionné en énergie par Vessy Energie.

Dans les prévisions de la Maison de Vessy :

- le CAD actuellement au gaz,
- s'il est étendu aux Grands-Esserts, il devrait migrer vers un approvisionnement 75% bois, 25% gaz.

Bien que les ressources de bois locales soient déjà utilisées par le CAD de Bois-Gourmand, d'autres sources d'approvisionnement en bois sont possibles dans l'agglomération franco-valdo-genevoise. Ces potentialités sont développées dans la partie 2.2.1 Biomasse – bois.

1.6.2. CET 2012-13 PDZIA Pré-des-Dames

Ce concept énergétique territorial a été développé dans le cadre du Plan Directeur de Zone Industrielle et Artisanale du Pré-des-Dames, sa validation date de décembre 2012.

Trois principales stratégies y sont esquissées :

- A. Locale : Champ de corbeilles géothermiques pour l'énergie thermique et panneaux solaires photovoltaïques pour l'énergie électrique.
- B. CAD + CCF pour le périmètre du Pré-des-Dames puis à terme les Grands-Esserts puis potentiel connexion à la zone villa, le quartier des Quibières et le CAD bois de la commune de Veyrier (CAD de Bois Gourmand).
- C. PAC sur l'Arve, grâce à la proximité des rives de l'Arve et à terme approvisionner la zone villa, voire les Grands-Esserts (chauffage basse température). En revanche, le cadastre forestier, l'instabilité des berges et la zone de protection des rives de l'Arve risquent de poser problème.

Le CET du Pré-des-Dames aborde un possible raccordement des Grands-Esserts et du quartier des Quibières à leur système énergétique. Cependant, les phasages de ces différents projets ne concordent pas dans le temps, et risquent de poser problème dans la mise en œuvre des raccordements.

1.6.3. CET 2011-20 « Zones agricoles spéciales »

Cette étude présente un concept énergétique global pour les différentes zones agricoles spéciales du canton de Genève. C'est la ZAS Veyrier-Troinex qui nous intéresse plus particulièrement, puisqu'elle se situe à proximité du périmètre des Grands-Esserts. En revanche, la zone villa se trouve entre les Grands-Esserts et la ZAS.

L'étude s'oriente vers une centrale de chauffe au bois avec un appoint gaz et un couplage chaleur-force (CCF). Cette ZAS ne semble pas produire de déchets organiques qui puissent être énergétiquement valorisés sur les Grands-Esserts.

1.7 Projets d'aménagement en cours ou à venir sur la zone et à proximité

Les principaux projets d'aménagement alentours sont :

- la construction récente du quartier d'habitation Bonnet
- l'agrandissement de l'EMS Maison de Vessy.

1.7.1. Quartier d'habitation– Architectes Bonnet

- Bâtiments : 3 grands volumes compacts contenant 108 appartements LUP HLM LGZD locatifs de 4, 5 et 6 pièces.
- Maître de l'ouvrage (MEP) : Hospice général & Fondation Privée pour des logements à loyers modérés (FPLM)
- Architectes : Pierre Bonnet et Mireille Adam Bonnet

1.7.2. PDZIA Pré-des-Dames

La zone industrielle et artisanale du Pré-des-Dames est prévue pour accueillir dès 2015 ses premiers bâtiments. La surface brute de plancher prévue est de 16'720 m².

1.7.3. Veyrier

Le périmètre de la commune de Veyrier est représenté dans la Figure 3, avec la localisation de deux zones qui nous intéressent particulièrement du point de vue énergétique : le centre du village, le quartier des Carpières, et la zone villa à proximité immédiate du quartier des Grands-Esserts.



Figure 3 : Commune de Veyrier

En Annexe 2 et Annexe 3, des cartes des consommations en énergie fossile et électrique de la commune de Veyrier sont présentées. Elles permettent de se rendre compte de l'importance du tissu de villas (16 GWh/an pour le sous-secteur directement au sud du GP) et du centre de Veyrier (18.7 GWh/an) qui sont très

dépendants des énergies fossiles et qui devront migrer à des énergies plus durables à l'avenir.

a. Centre du village

Le centre de Veyrier est particulièrement énergivore par rapport au reste de la commune, avec une forte prépondérance d'énergies fossiles. Le tissu urbain de type zone villa a généré au fil des années l'implantation d'un grand nombre de chaudières individuelles souvent au mazout ou au gaz. D'ici 50 ans, ces systèmes de chauffage migreront/seront obligés de migrer vers des sources d'approvisionnement énergétique plus durable.

D'ores et déjà, la commune de Veyrier a mis en œuvre et exploite un réseau de chauffage à distance alimenté par une chaudière à bois d'une puissance de 1MW, situé à proximité du périmètre des Grands-Esserts (centrale de chauffe de Bois Gourmand). Ce réseau produit la chaleur pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire de deux écoles, du service des routes et de 70 appartements. Selon les informations provenant du concept énergétique du PDZIA Pré-des-Dames et des informations fournies par la commune de Veyrier, le réseau CAD approvisionné par une chaudière à bois a déjà atteint sa pleine capacité et exploite actuellement l'intégralité du gisement renouvelable de bois de chauffage des forêts de la commune. Son exploitation est faite par EKZ (Elektrizitätswerke des Kantons Zürich – Services industriels du canton de Zürich) dans le cadre d'un contracting.

b. Veyrier, Zone Villa

Comme expliqué dans la partie a., la zone villa de Vessy, à proximité des Grands-Esserts, possède un approvisionnement énergétique constitué d'un grand nombre de petites chaudières individuelles (voir Figure 4).



Figure 4 : Cadastre des chaudières

1.8 Contexte environnemental

Le diagnostic environnemental du périmètre des Grands-Esserts est effectué dans un rapport à part entière. Les thèmes les plus pertinents, en lien avec l'énergie, sont précisés ci-dessous.

1.8.1 Qualité de l'air

D'après les mesures effectuées par le Service cantonal de la protection de l'air (SABRA), les trois principaux polluants caractéristiques, à savoir les particules fines PM₁₀, le dioxyde d'azote NO₂ et l'ozone O₃ approximent les valeurs limites fixées par l'OPair. A savoir :

- ~28 µm/m³ pour le NO₂ contre 30 µm/m³ autorisés par l'OPair,
- 23 µm/m³ pour les PM₁₀ contre 20 µm/m³ pour l'OPair,
- 306 dépassements annuels (2011) de la concentration d'ozone (O₃) de 120 µm/m³ contre 1 dépassement annuel autorisé par l'OPair.

1.8.2 Hydrogéologie

La nappe du Genevois constitue la réserve en eau potable souterraine la plus importante du canton. Elle est relativement bien protégée des atteintes extérieures par des couches argileuses très peu perméables.

Le périmètre des Grands-Esserts étant situé au droit de cette nappe phréatique, la géothermie à grande et moyenne profondeur n'est pas envisageable.

Afin de ne pas mettre en danger la nappe phréatique du Genevois et sous réserve de la réalisation d'études géologiques précises, la profondeur utile potentiellement exploitable par géothermie a été évaluée à 10m.

1.8.3 Hydrologie

La proximité de l'Arve permet d'envisager l'utilisation de la rivière pour des opérations de récupération de chaleur ou de production de froid. L'Arve pourrait intervenir comme élément d'approvisionnement d'un réseau de CAD. Toutefois, il faut tenir compte du fait que la zone de protection des rives de l'Arve couvre tous les accès de notre périmètre à l'Arve et que les constructions et aménagements dans cette zone de protection sont particulièrement règlementés. De plus, l'instabilité des berges de l'Arve peut rendre difficile la construction d'installations.

2 ETAT DES LIEUX ÉNERGÉTIQUE

2.1 Cartographie des ressources

L'état des lieux des ressources énergétiques alentours nous permet de dresser la carte ci-dessous. On remarque que le réseau de gaz est disponible aux alentours du site.

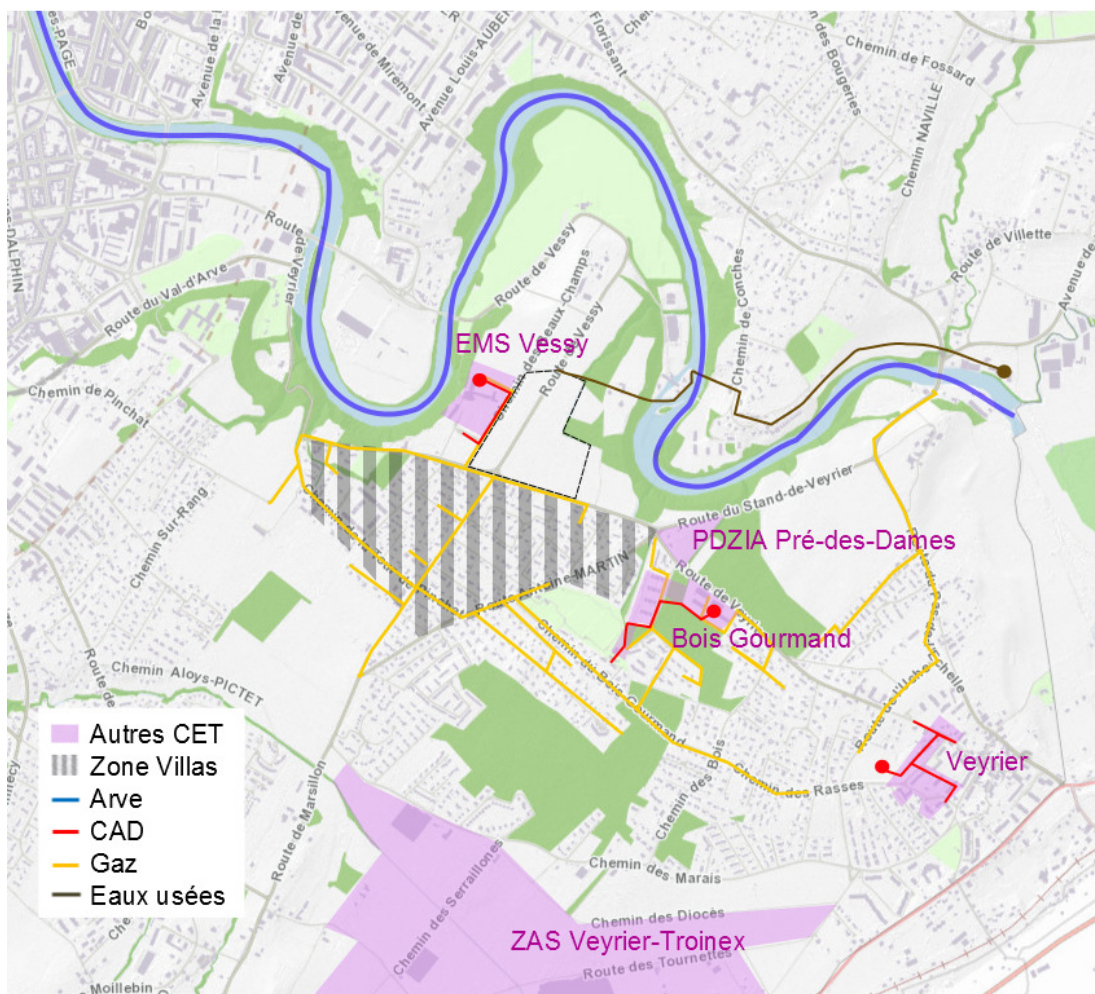


Figure 5 : Etat des lieux des ressources énergétiques alentours

2.2 Potentiel des ressources énergétiques pour la production de chaleur

2.2.1. Biomasse – bois

- Potentiel

D'après les services techniques de la commune de Veyrier (selon CET Pré-des-Dames), la commune de Veyrier a développé un CAD alimenté par une chaudière à bois d'une puissance de 1 MW. Ce CAD a déjà atteint sa pleine capacité et exploite actuellement l'intégralité du gisement renouvelable de bois de chauffage des forêts de la commune.

Toutefois, le Conseil d'Etat, dans son point presse du 30 janvier 2013, annonce que « De nouvelles filières [bois] pourraient être créées dans l'Ain afin de produire quelques 10'000 tonnes de bois par année. Ce bois pourrait alimenter une ou plusieurs installations à créer ». Cela signifie donc que la possibilité d'un CAD bois reste envisageable pour les Grands-Esserts avec un périmètre d'approvisionnement agrandi à l'agglomération franco-valdo-genevoise.

Comme il a été mentionné précédemment, la conduite de sortie de la centrale de l'EMS a déjà été dimensionnée (D300) en vue d'un potentiel raccord des Grands-Esserts.

Concernant le potentiel chiffré de cette ressource, la société Energestion estime que 8.5 MW peuvent être fournis par la centrale de Vessy, par rapport à la taille de la conduite de raccordement. La puissance nécessaire à la production de chauffage et d'eau chaude sanitaire pour la totalité du quartier est inférieure à 8 MW. Dès lors un approvisionnement 100% est envisageable.

Le développement d'un projet commun entre les Grands-Esserts et la Maison de Vessy représente probablement un levier pour la transition énergétique de la Maison de Vessy.

Toutefois, le développement d'une centrale de chauffe propre au quartier des Grands-Esserts n'est pas exclu.

- Contraintes

Les concentrations des trois polluants caractéristiques étant proches des valeurs limites de l'OPair, il faudra veiller à installer des dispositifs de filtration des fumées efficaces, souvent très coûteux.

Par ailleurs, des calculs ont été effectués afin de connaître le nombre de camions nécessaires à l'approvisionnement en bois des chaudières. Selon nos calculs, une fois le quartier terminé et si tous les besoins sont couverts par des chaudières à bois, il faudrait 14 semi-remorques (70 m³ de plaquette/camion) par mois pour les mois les plus froids (décembre-janvier). Durant l'été, trois semi-remorques par mois seront nécessaires. Les calculs de volume d'approvisionnement en bois sont disponibles en Annexe 5.

Un chauffage au bois fournira de la chaleur haute température alors que des bâtiments neufs HPE ou THPE ne requièrent que de la basse température. Dans ce contexte, une ressource haute température comme le bois ne fait de sens que si elle est combinée avec une production d'électricité (couplage chaleur-force, CCF) qui permet de valoriser la différence de température. Une centrale de gazéification du bois (production de biogaz) adjointe à un couplage chaleur-force serait également envisageable. Le principe de cogénération répond au but de la loi sur l'énergie en matière d'utilisation rationnelle de l'énergie.

La centrale de chauffe de la société Vessy Energie pourrait migrer au bois si les Grands-Esserts s'y raccordent.

- Recommandations

- Les services de l'Environnement et de l'Energie se positionnent plutôt pour un raccord à la centrale de l'EMS que la construction de plusieurs centrales à bois individuelles, dans la mesure où cela induirait la transition énergétique pour

l'EMS (diminution de la consommation d'énergie fossile), permettrait des économies d'échelles, limiterait le nombre de point d'émissions et permettrait un investissement efficace et rationnel au niveau de la filtration des fumées.

Suite à différents échanges entre l'OU, la CPEG et la Maison de Vessy, la société Energgestion a réalisé une étude sur les différentes solutions d'approvisionnement énergétique du nouveau quartier (cf. annexe 10, étude Energgestion, mai 2014). Les différents paramètres et évaluations y sont exposés. Les coûts d'infrastructures et de constructions des réseaux nécessaires, le cas échéant, ont donc pu être évalués. Le compte rendu de cette étude se trouve en annexe.

Selon cette étude, si l'on considère le coût de l'énergie thermique à terme, la solution la moins coûteuse est celle de se raccorder sur le chauffage à distance existant et de produire l'énergie thermique à base de bois et de gaz. De cette façon, les émissions de CO₂ sont réduites par rapport aux autres solutions et diminuent l'impact de la taxe.

Pour des raisons d'entretien, les chaudières à bois sont arrêtées durant l'été et remplacées par des chaudières à gaz. Sauf cas dérogatoire, un appoint solaire devrait être en place, apportant une part non négligeable d'énergie durant l'été, réduisant le temps de fonctionnement des chaudières à gaz.

2.2.2. Biomasse - matière organique fermentescible/déchets organiques

- Potentiel

Deux projets de valorisation énergétique de la biomasse sont en cours à Genève : Rive Gauche Bioénergie et Pôle Bio.

Le projet Rive Gauche Bioénergie (avec la société Fonroche) vise à valoriser des déchets organiques pour la production de chaleur et d'électricité après méthanisation sur la zone agricole spéciale de Troinex. L'énergie produite par ce procédé (~800 kW électrique avec cogénération) sert intégralement au chauffage des serres. La taille de l'installation ne permet pas de nouveau raccordement, les déchets organiques des serres sont entièrement utilisés et la consommation énergétique des Grands-Esserts serait trop importante pour se relier à cette installation.

Le projet Pôle Bio se concentre surtout sur la rive droite. Il projette l'exploitation du gisement de déchets verts Rhône Chatillon, dans le but de produire de l'électricité (distribuée par les SIG), de la chaleur (réinjectée dans le CADIOM) et du biogaz (revendu par les SIG). Ce projet est trop éloigné du site pour que les Grands-Esserts soient concernés.

- Contraintes

L'apport d'énergie par méthanisation demande l'installation d'un méthaniseur / digesteur qui peut avoir une forte emprise au sol, pour des petites productions.

- Recommandations

L'approvisionnement énergétique des Grands-Esserts par valorisation de la biomasse (méthanisation) semble peu probable au vu de la taille des installations pour répondre aux besoins et de la faible disponibilité en matières fermentescibles. Seule une étude approfondie permettrait d'évaluer cette proposition.

2.2.3. Chaleur des eaux usées

- Potentiel

D'une température oscillant durant l'année entre 10 et 20 °C, les eaux usées recèlent de grandes quantités d'énergie. En hiver, elles sont nettement plus chaudes que l'air extérieur et de la chaleur peut en être récupérée.

Il existe trois types de récupération de chaleur :

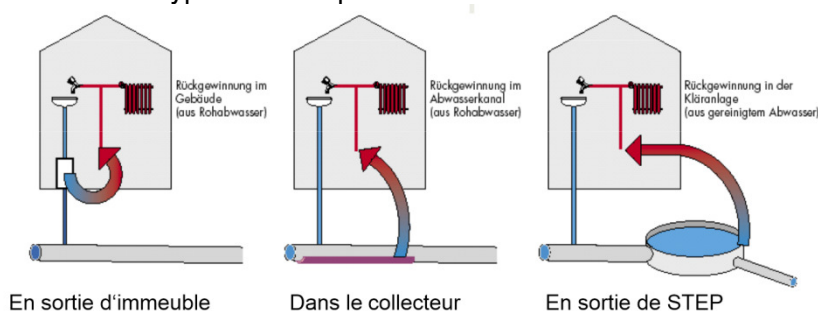


Figure 6 : Systèmes de récupération de chaleur sur les eaux usées

- En sortie d'immeuble, les rendements sont relativement faibles
- Dans les collecteurs, les rendements sont meilleurs. Il y a un fort potentiel, mais il faut veiller à ne pas trop diminuer la température des eaux usées pour ne pas perturber les processus de la STEP.
- En sortie de STEP, la STEP de Villette étant 1.5 km de l'autre côté de l'Arve, cette solution n'est pas réalisable (voir Figure 7).



Figure 7 : Réseau d'assainissement

- Contraintes

Afin que la récupération de chaleur soit vraiment efficace, il est conseillé que les collecteurs équipés d'échangeurs de chaleur soit d'un diamètre minimum de 800 mm. Or pour le moment, les collecteurs municipaux sont dotés d'un diamètre de 600mm, et il n'est pas projeté de les remplacer à moyen terme.

- Recommandations

Il n'est pas prévu de remplacer les conduites à court terme. Dans l'évolution de la réalisation du projet, il serait opportun de s'informer sur l'état des projets de réfection des canalisations d'eau usée pour permettre une mise en place de conduites adaptées à la récupération de la chaleur (conduites munies d'échangeur).

2.2.4. Géothermie grande/faible profondeur

- Potentiel

A cause de la nappe du Genevois, le périmètre des Grands-Esserts est en zone d'exclusion pour la géothermie à grande et moyenne profondeur. En revanche, des infrastructures géothermiques actives à faible profondeur (<10m), comme des géostructures (pieux avec échangeurs de chaleur) ou des corbeilles géothermiques peuvent être envisagées sur le périmètre des Grands-Esserts.

Il semble difficile d'envisager un forage géothermique en dehors du périmètre des Grands-Esserts qui pourrait l'approvisionner dans la mesure où le périmètre est au centre de la zone d'interdiction de forage géothermique.

- Contraintes

La géothermie faible profondeur présente le risque de refroidir le sol s'il n'est pas associé à un système de recharge en été. De plus, les rendements de ce type d'installations sont trop faibles pour l'ampleur des besoins du quartier.

- Recommandations

La géothermie n'est pas une piste intéressante pour le projet des Grands-Esserts.

2.2.5. Energie solaire thermique

Le canton de Genève bénéficie en moyenne d'environ 1800 heures d'ensoleillement. La production d'énergie solaire thermique se fait par le biais de panneaux solaires thermiques pour la production de chaleur. L'implantation de ces panneaux peut se faire en façade ou en toiture. De plus, il est conseillé de favoriser les toitures plates dans le développement des bâtiments afin de gérer entièrement l'orientation et l'inclinaison des panneaux en toiture. Pour un bâtiment à toiture plate, il est considéré que 20% de la toiture n'est pas utilisable (encombrement par d'autres infrastructures techniques). Enfin, en considérant un angle de pose de 30°, la surface brute de toiture nécessaire à l'implantation de 1 m² de panneaux est de 1.15 m². L'Annexe 8 présente le potentiel solaire des toitures alentours au périmètre des Grands-Esserts. On remarque que l'exposition est favorable.

A l'échelle du bâtiment, selon l'art. 15, al. 2 LEn, toute nouvelle construction doit également, en principe, être équipée de capteurs solaires afin de satisfaire 30% de ses besoins en eau chaude sanitaire (ECS) à partir d'énergie solaire thermique.

- Potentiels

L'énergie solaire est une solution qui peut être envisagée de deux manières. D'une part, il est aujourd'hui facile d'implanter quelques panneaux solaires pour un chauffage d'appoint ou une petite production d'énergie. D'autre part, il est également aujourd'hui concevable de réaliser un bâtiment entièrement autonome en énergie basée sur le solaire. Ces deux possibilités sont bien différentes et engendrent des installations d'ampleur différentes.

Une installation de panneaux solaires peut être une source d'approvisionnement d'un réseau de chaleur à distance pour une série de bâtiments, par exemple. La gestion de cette ressource peut être centralisée au niveau d'un quartier, par le développement d'une sorte de « réseau solaire ».

Cependant, l'utilisation de l'énergie solaire thermique comme source principale pour l'alimentation du quartier semble difficile à mettre en œuvre en raison notamment des volumes d'accumulateur à engager pour déphaser la production et la consommation de cette énergie de manière saisonnière. C'est pourquoi pour l'estimation des coûts des infrastructures, deux scénarios de solaire thermique ont été esquissés :

- 30% de l'eau chaude sanitaire (ECS) est couvert par le solaire, en moyenne annuelle
- 50% de l'ECS est couvert par le solaire, en moyenne annuelle

La production de chaleur par le biais d'une installation solaire thermique varie en fonction des mois de l'année. Les chiffres de répartition par mois sont disponibles en Annexe 6.

- Contraintes

Une installation solaire doit être mise en place dans le quartier (respect de l'art. 15, al. 2 LEn), sous réserve d'une dérogation.

La surface de toiture attribuée aux installations solaires ne sera plus disponible aux habitants. Cela aura pour impact, dans les projets, de réduire les surfaces de terrasses en toiture disponibles. De plus, le choix architectural retenu d'une variation des gabarits de bâtiments entre R+3 et R+6 peut induire des zones d'ombre et ainsi réduire les surfaces disponibles.

- Recommandations

Une installation solaire peut prendre la forme de petites installations individualisées par bâtiment ou peut être intégrée à un « réseau multiénergies », au niveau du quartier.

Dans l'état de la technique, pour le premier PLQ, un bâtiment « tout solaire » (100% approvisionnement solaire) semble peu envisageable. Toutefois, cette solution pourrait être réévaluée dans les années futures et en fonction de l'évolution de la technique pour la construction des PLQ suivants. Cela pourrait, à ce moment-là, faire l'objet d'un projet pilote.

2.2.6. Rejets industriels

- Potentiels

L'Annexe 7 montre les potentiels de rejets et de valorisation énergétique aux alentours du périmètre des Grands-Esserts. A première vue, cette zone semble relativement dépourvue de potentiels rejets thermiques. Selon le type d'industrie qui se développe dans la ZIA Pré-des-Dames, de potentiels rejets sont à attendre. Cependant, il est quasiment impossible que ces rejets puissent couvrir les besoins de chaleur des Grands-Esserts.

2.2.7. Eaux de rivière

- Potentiels

La récupération de chaleur sur les eaux de l'Arve a déjà fait l'objet d'études approfondies et même de réalisation à Genève (UniMail, nouvel hôtel de police).

Dans le cadre du projet PAVène, la société Conti & associés a fait une étude sur ce potentiel de récupération de chaleur. Ce rapport avance une puissance thermique basse température disponible de 183'700 kW (COP=4), en nuanciant que ces chiffres calculés sont tellement importants qu'il s'agit avant tout de vérifier leur ordre de grandeur.

- Contraintes

Les problèmes rencontrés dans les expériences de PAC sur l'Arve concernent d'une part la quantité de matières charriées par le fleuve, et d'autre part les températures basses qu'il peut atteindre en hiver. En effet, L'Arve charrie de grandes quantités de matière qui rendent difficiles le captage de l'eau et entraînent une usure précoce des installations. De plus, la température de l'Arve descend jusqu'à 2°C en hiver ce qui rend difficile la récupération de chaleur. Le rendement d'une PAC sur l'Arve diminue donc en hiver au moment où les utilisateurs raccordés en ont le plus besoin.

Enfin, il faut noter que l'Arve est à une altitude bien inférieure du plateau de Vessy et du périmètre des Grands-Esserts. Un pompage serait donc nécessaire pour faire remonter l'eau sur le plateau. Enfin, les rives de l'Arve sont particulièrement instables autour du plateau de Vessy, l'installation d'une centrale de récupération de chaleur dans cette zone semble donc peu opportune.

- Recommandations

Malgré le potentiel énergétique, la récupération de chaleur sur l'Arve semble techniquement difficile à mettre en œuvre pour l'approvisionnement des Grands-Esserts.

2.2.8. Air

- Potentiels

La récupération de chaleur sur l'air se fait par le biais de pompe à chaleur Air/Eau. Ce type de système est généralement installé sur de petites unités. Il nécessite un appoint électrique ou d'un autre agent thermique important.

- Contraintes

Ces installations sont des sources de bruit importantes. Elles risquent d'ajouter des nuisances dans un quartier déjà soumis aux nuisances sonores de la route de Veyrier.

- Recommandations

Ce système correspond davantage à l'approvisionnement de petites unités donc, dans notre cas, impliquerait une multiplication de petites centrales de production de chaleur. Cette solution peut être intéressante dans la mesure où elle permet l'installation de centrales selon le phasage du projet.

2.3 Potentiel des ressources énergétiques pour la production d'électricité

a. Les possibilités de couplage Chaleur-Force (CCF)

Dans le cas où la source de production de chaleur est de haute température (bois ou gaz), il est possible d'y associer un couplage chaleur-force (CCF) pour produire de l'électricité. La centrale de la Maison de Vessy est dotée d'un CCF alimenté au gaz qui fournit pratiquement la totalité de l'électricité consommée par l'établissement. Selon les exploitants, le retour d'expérience est très positif.

Dans le cas d'un approvisionnement haute température, il est nécessaire d'envisager l'installation d'un CCF en regard des objectifs de la loi sur l'énergie.

b. Energie solaire photovoltaïque

Le futur quartier sera doté d'une grande surface de toiture plate à valoriser soit par des aménagements, soit par valorisation énergétique. Selon ce qui est envisagé pour le solaire thermique, il serait possible d'utiliser les surfaces de toiture pour produire de l'énergie photovoltaïque pour l'usage du quartier, voir pour des tiers.

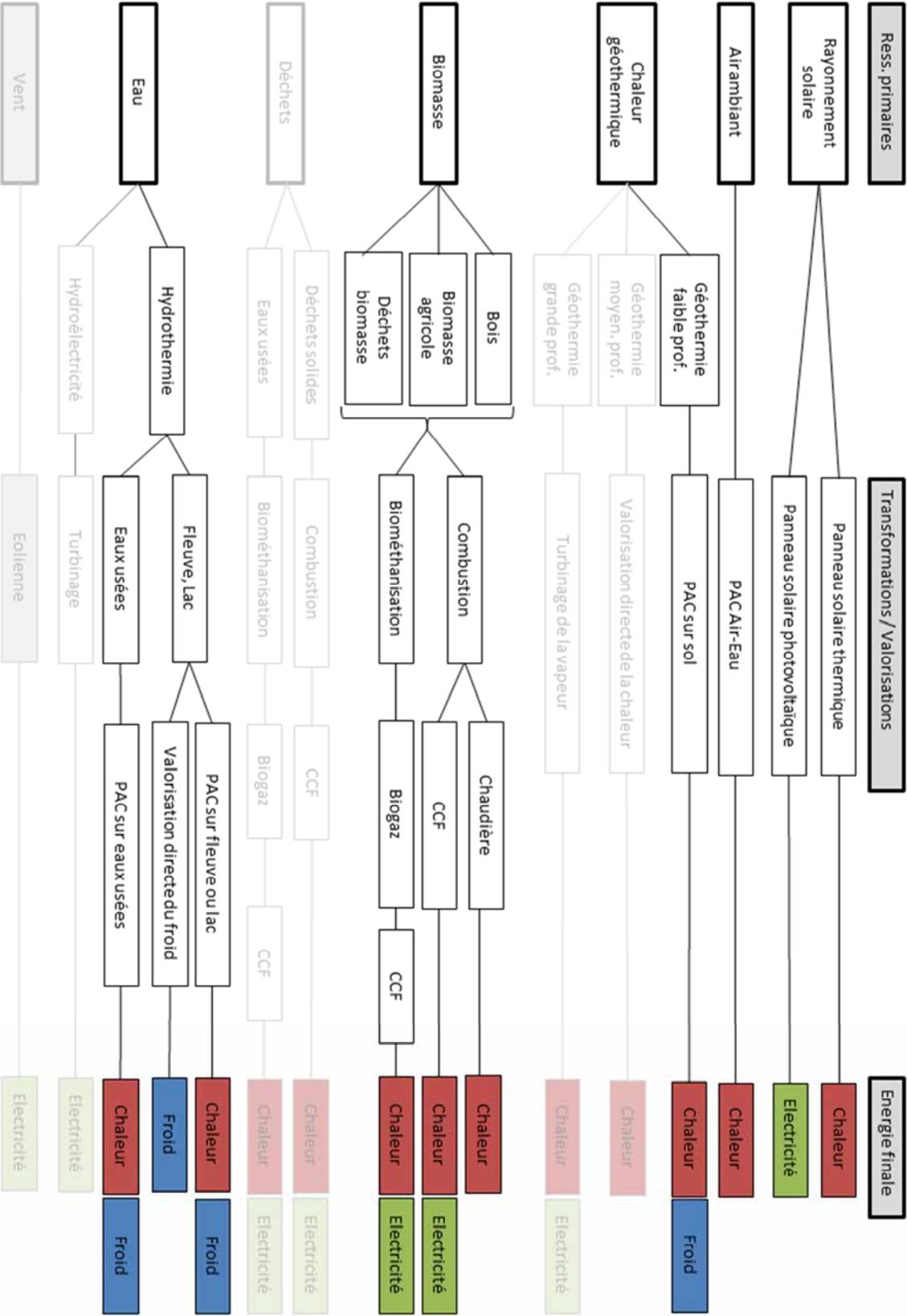


Figure 8 : Filières énergétiques étudiées

2.4 Structure qualitative et quantitative des besoins énergétiques actuels et évolution future

2.4.1. Hypothèses pour le calcul des besoins

Pour le calcul des besoins d'énergies thermique et électrique, des hypothèses ont dû être posées pour les études. Il s'agit du programme retenu au plan guide T2 (novembre 2013) constitué du programme suivant :

- 120'500 m² de logement
- 2'000 m² d'activités tertiaires
- 1000 m² de services communaux
- 800 m² de locaux associatifs
- 5'000 m² de commerces
- 7'400 m² de locaux scolaires
- 12'830 m² de locaux annexes

2.4.2. Cadre légal au niveau du bâtiment

Le règlement d'application de la loi sur l'énergie de l'Etat de Genève définit deux standards énergétiques pour les bâtiments et les précise aux Art. 12B et 12C REn :

- Standard de haute performance énergétique (approx. 40 kWh/m²/an)
- Standard de très haute performance énergétique (approx. 30 kWh/m²/an)

« Art. 12B, REn : Standards de haute performance énergétique

1. Les bâtiments neufs au bénéfice du label Minergie® sont considérés comme répondant à un standard de haute performance énergétique.

2. Sont également considérés comme répondant à un standard de haute performance énergétique les bâtiments neufs respectant les critères cumulatifs suivants :

- a) les besoins de chauffage sont inférieurs ou égaux à 80% des besoins admissibles de chaleur pour le chauffage définis par la norme SIA 380/1 ;
- b) la part d'énergie non renouvelable pour couvrir les besoins de chauffage et d'eau chaude sanitaire est inférieure ou égale à 60% des besoins admissibles de chaleur définis par la norme SIA 380/1 ;
- c) les valeurs cibles relatives à la demande globale en énergie définies par la norme SIA 380/4 sont respectées pour la ventilation/climatisation et l'éclairage. »

« Art. 12C, REn : Standards de très haute performance énergétique

1. Les bâtiments neufs au bénéfice du label Minergie-P® sont considérés comme répondant à un standard de très haute performance énergétique.

2. Sont également considérés comme répondant à un standard de très haute performance énergétique les bâtiments neufs respectant les critères cumulatifs suivants :

- a) les besoins de chauffage sont inférieurs ou égaux à 60% des besoins admissibles de chaleur définis par la norme SIA 380/1;

- b) la part d'énergie non renouvelable pour couvrir les besoins de chauffage et d'eau chaude sanitaire est inférieure ou égale à 50% des besoins admissibles de chaleur définis par la norme SIA 380/1;*
c) les valeurs cibles de la norme SIA 380/4 sont respectées pour la ventilation/climatisation et l'éclairage. »

Il précise également à l'article 12Q :

« Art. 12Q, REn : Bâtiments et installations des collectivités publiques et des établissements et fondations de droit public et de leurs caisses de pension

5. Les variantes proposées dans le cadre de l'élaboration du concept énergétique d'une nouvelle construction de l'Etat ou des communes et dont la surface de référence énergétique est supérieure à 10'000 m² ont pour objectif de présenter un projet conforme à un standard de très haute performance énergétique tel que défini à l'article 12C, sauf dérogation. L'étude de rentabilité technico-économique desdites variantes est jointe au dossier de requête en autorisation de construire. »

D'après cet article, les constructions établies sur le site des Grands-Esserts réalisées par une institution public devront respecter le standard de Très Haute Performance Energétique. En revanche, les constructions réalisées par des investisseurs privés devront respecter le standard de Haute Performance Energétique (art. 15 al. 1 Len) au minimum.

De plus, selon l'art. 15, al. 2 LEn, toute nouvelle construction doit également, en principe, être équipée de capteurs solaires thermiques afin de satisfaire 30% de ses besoins en eau chaude sanitaire (ECS) à partir d'énergie solaire, sous réserve de dérogation.

Les calculs des besoins de chaleur sont donc basés sur les valeurs de la norme SIA 380/1, avec des bâtiments de Très Haute Performance Energétique (60% des valeurs de la SIA 380/1).

2.4.3. Dimensionnement des besoins

Le projet se développe en 2 phases selon le phasage retenu au plan guide T2 (novembre 2013) :

- **Phase 1** : 90'300 m² (env. 815 logements) SBP + 7'400 m² d'école se divisant en groupes de réalisation successives :
 - o L'îlot : Beaux-Champs
 - o L'îlot : Maison de Vessy
 - o L'îlot : Salève
 - o L'îlot : Nant
 - o L'îlot : Ecole
- **Phase 2** : 39'000 m² SBP (env. 390 logements) représentée par les îlots :
 - o Lisière
 - o Ferme
 - o Arve.

La répartition des îlots est visible dans la Figure 9.



Figure 9 : Phasage du projet

Tableau 1 : Surface brut de plancher totale (plan guide T2 – novembre 2013)

Étapes	SBP totale
1.1	35'500.00 m²
Vers Beaux-Champs	12'500.00 m ²
Vers la Maison de Vessy	23'000.00 m ²
1.2	22'500.00 m²
Vers le Salève	22'500.00 m ²
1.3	
Vers le Nant	32'300.00 m ²
Vers l'école	7'400.00 m ²
2.4	39'000.00 m²
Vers la Ferme	11'700.00 m ²
Vers l'Arve	15'600.00 m ²
Vers la Lisière	11'700.00 m ²
Total	129'300.00 m² + 7'400.00 m² école

Le facteur de forme du bâtiment est particulièrement important pour le calcul des besoins de chaleur. Minergie conseille pour des bâtiments d'habitat collectif de grande surface un facteur de forme situé entre 0.8 et 1.6 [12].

Pour le calcul des besoins, l'hypothèse pessimiste d'un facteur de forme de 1.6 a été retenue. Il devra être ajusté au cours du développement des formes urbaines dans le cadre des PLQ.

Les besoins de chaleur sont divisés en deux catégories : besoin de chaleur pour la production d'eau chaude sanitaire, soit besoin de chaleur haute température et besoin de chaleur pour le chauffage, soit besoin de chaleur basse température.

a. Besoins de chaleur basse température

Les besoins de chaleur basse température pour le chauffage des bâtiments sont recensés dans le tableau ci-dessous. Ces derniers ont été calculés selon la norme SIA 380/1 et pour des bâtiments haute performance énergétique (HPE) et très haute performance énergétique (THPE).

Tableau 2 : Besoins de chaleur utile pour le chauffage

Etapes	Qh,li HPE [MWh]	Qh,li THPE [MWh]
1.1	1267 MWh	951 MWh
Vers Beaux-Champs	450 MWh	338 MWh
Vers la Maison de Vessy	817 MWh	613 MWh
1.2	815 MWh	611 MWh
Vers le Salève	815 MWh	611 MWh
1.3		
Vers le Nant	1145 MWh	859 MWh
Vers l'école	313 MWh	235 MWh
2.4	1378 MWh	1'033 MWh
Vers la ferme		
Vers l'Arve	965 MWh	723 MWh
Vers la Lisière	413 MWh	310 MWh
Total	4.61 GWh + 0.31 GWh école	3.45 GWh + 0.24 GWh école

Tableau 3 : Evolution des besoins de chaleur pour le chauffage pour des bâtiments Haute Performance Energétique (HPE)

Etapes	Qh,li HPE	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
1.1													
Vers Beaux-Champs	450 MWh	90 MWh	77 MWh	59 MWh	36 MWh	27 MWh	0 MWh	0 MWh	0 MWh	9 MWh	36 MWh	50 MWh	68 MWh
Vers la Maison de Vessy	817 MWh	163 MWh	139 MWh	106 MWh	65 MWh	49 MWh	0 MWh	0 MWh	0 MWh	16 MWh	65 MWh	90 MWh	123 MWh
1.2													
Vers le Salève	815 MWh	163 MWh	139 MWh	106 MWh	65 MWh	49 MWh	0 MWh	0 MWh	0 MWh	16 MWh	65 MWh	90 MWh	122 MWh
1.3													
Vers le Nant	1'145 MWh	229 MWh	195 MWh	149 MWh	92 MWh	69 MWh	0 MWh	0 MWh	0 MWh	23 MWh	92 MWh	126 MWh	172 MWh
Vers l'école	313 MWh	63 MWh	53 MWh	41 MWh	25 MWh	19 MWh	0 MWh	0 MWh	0 MWh	6 MWh	25 MWh	34 MWh	47 MWh
2.4													
Vers la ferme et Vers l'Arve	965 MWh	193 MWh	164 MWh	125 MWh	77 MWh	58 MWh	0 MWh	0 MWh	0 MWh	19 MWh	77 MWh	106 MWh	145 MWh
Vers la lisière	413 MWh	83 MWh	70 MWh	54 MWh	33 MWh	25 MWh	0 MWh	0 MWh	0 MWh	8 MWh	33 MWh	45 MWh	62 MWh
TOTAL	4918 MWh	984 MWh	837 MWh	640 MWh	393 MWh	296 MWh	0 MWh	0 MWh	0 MWh	97 MWh	393 MWh	541 MWh	739 MWh

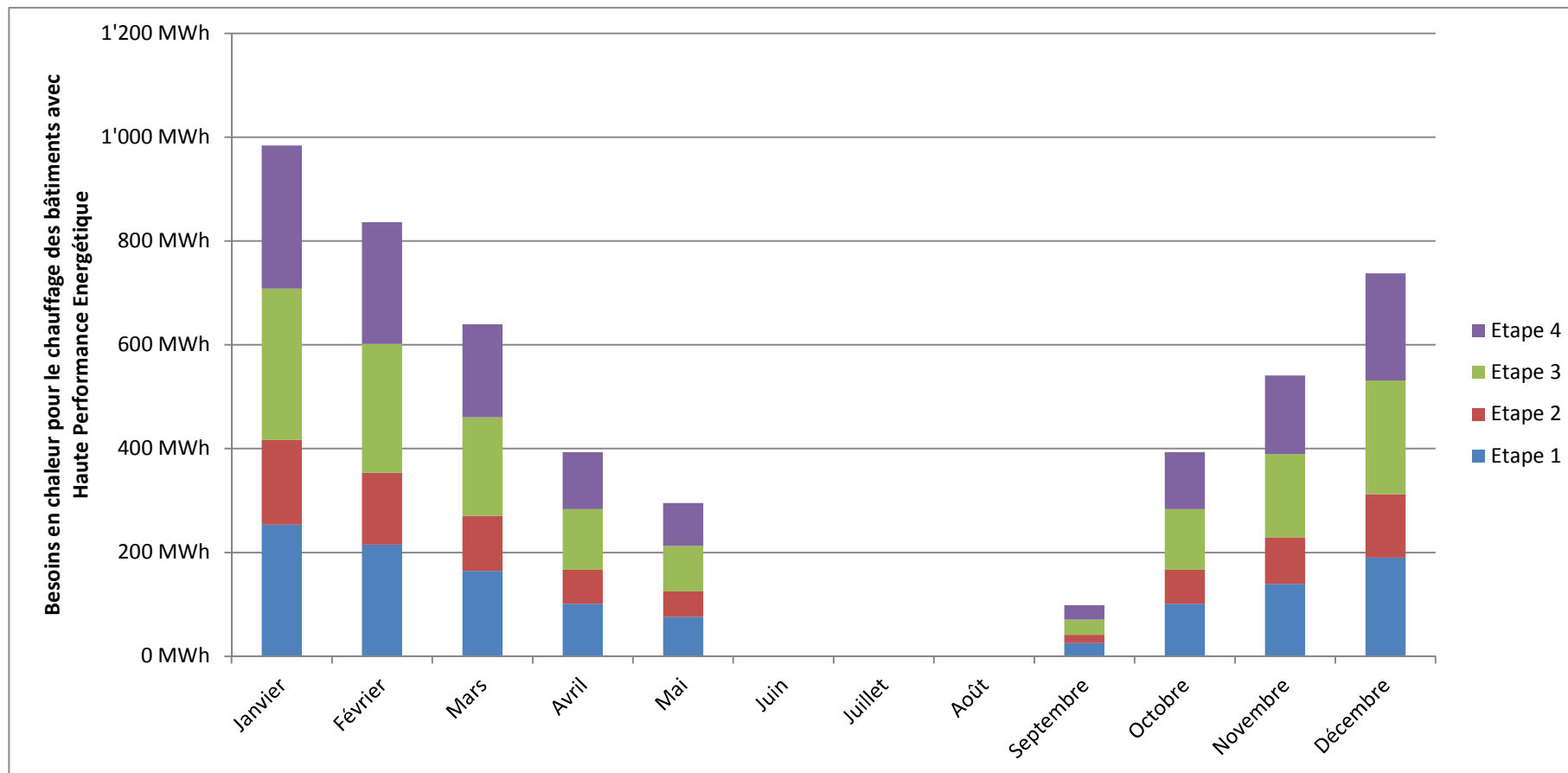
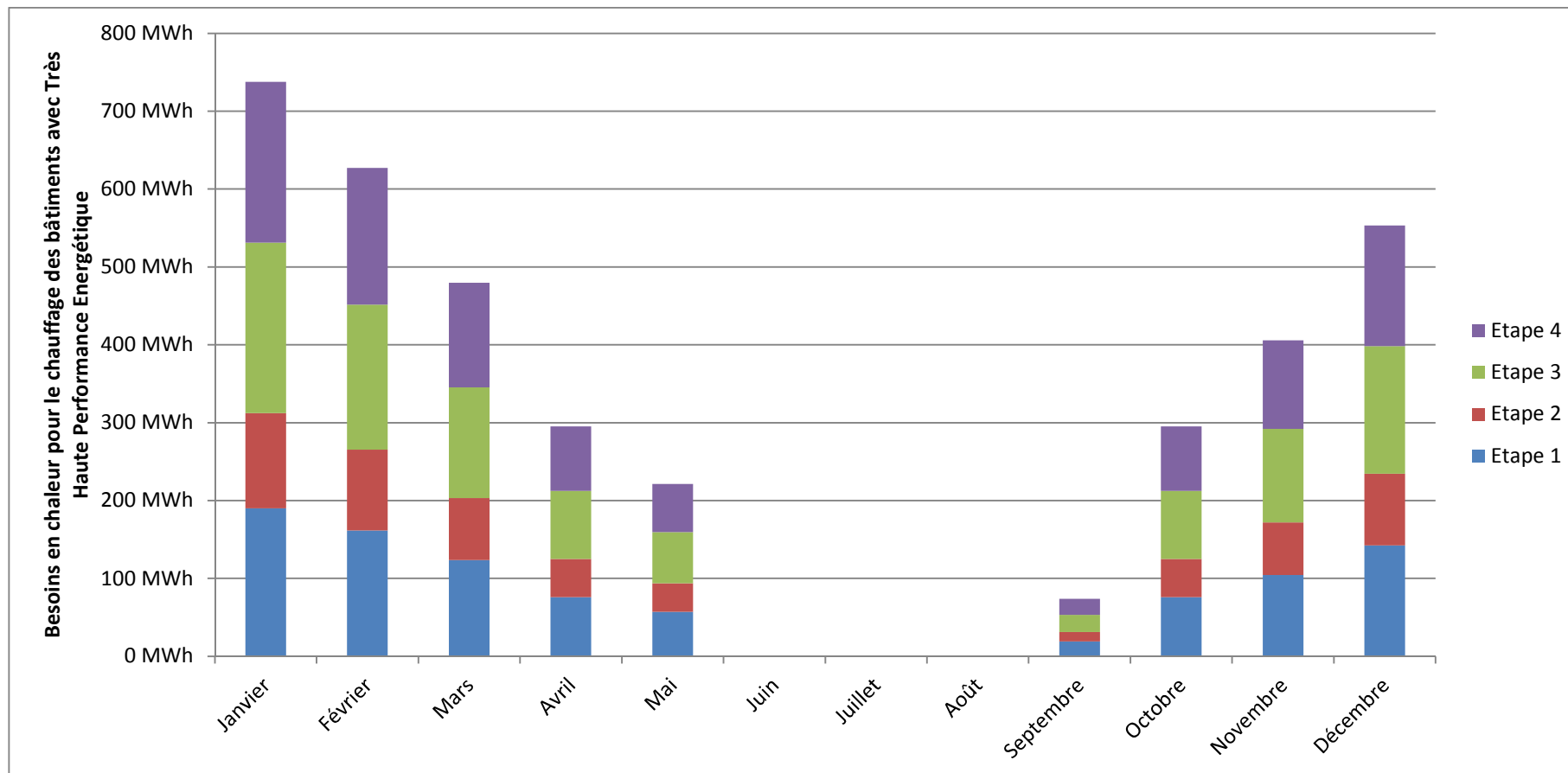
Figure 10 : Graphique de l'évolution des besoins de chaleur pour le chauffage pour des bâtiments HPE

Tableau 4 : Evolution des besoins de chaleur pour le chauffage pour des bâtiments Très Haute Performance Energétique (THPE)

Etapes	Qh,li THPE	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
1.1													
Vers Beaux-Champs	338 MWh	68 MWh	57 MWh	44 MWh	27 MWh	20 MWh	0 MWh	0 MWh	0 MWh	7 MWh	27 MWh	37 MWh	51 MWh
Vers la Maison de Vessy	613 MWh	123 MWh	104 MWh	80 MWh	49 MWh	37 MWh	0 MWh	0 MWh	0 MWh	12 MWh	49 MWh	67 MWh	92 MWh
1.2													
Vers le Salève	611 MWh	122 MWh	104 MWh	79 MWh	49 MWh	37 MWh	0 MWh	0 MWh	0 MWh	12 MWh	49 MWh	67 MWh	92 MWh
1.3													
Vers le Nant	859 MWh	172 MWh	146 MWh	112 MWh	69 MWh	52 MWh	0 MWh	0 MWh	0 MWh	17 MWh	69 MWh	94 MWh	129 MWh
Vers l'école	235 MWh	47 MWh	40 MWh	31 MWh	19 MWh	14 MWh	0 MWh	0 MWh	0 MWh	5 MWh	19 MWh	26 MWh	35 MWh
2.4													
Vers la ferme et Vers l'Arve	723 MWh	145 MWh	123 MWh	94 MWh	58 MWh	43 MWh	0 MWh	0 MWh	0 MWh	14 MWh	58 MWh	80 MWh	109 MWh
Vers la lisière	310 MWh	62 MWh	53 MWh	40 MWh	25 MWh	19 MWh	0 MWh	0 MWh	0 MWh	6 MWh	25 MWh	34 MWh	47 MWh
TOTAL	3689 MWh	739 MWh	627 MWh	480 MWh	296 MWh	222 MWh	0 MWh	0 MWh	0 MWh	73 MWh	296 MWh	405 MWh	555 MWh

Figure 11 : Graphique de l'évolution des besoins de chaleur pour le chauffage pour des bâtiments THPE

b. Besoins de chaleur haute température

Les besoins de chaleur haute température correspondent aux besoins de chaleur pour chauffer l'eau chaude sanitaire.

Tableau 5 : Besoins de chaleur utile pour le chauffage de l'ECS

Etapes	Q_{ww} ECS
1.1	642 MWh
Vers Beaux-Champs	170 MWh
Vers la Maison de Vessy	472 MWh
1.2	444 MWh
Vers le Salève	444 MWh
1.3	
Vers le Nant	671 MWh
Vers l'école	64 MWh
2.4	813 MWh
Vers la ferme et Vers l'Arve	569 MWh
Vers la lisière	244 MWh
Total	2.57 GWh + 0.064 GWh école

Synthèse des besoins de chaleur pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire

Les besoins de chaleur utiles pour l'ECS et le chauffage en fonction du développement du projet sont représentés dans la Figure 12 :

- En bleu, les besoins de chaleur pour l'ECS
- En rouge, les besoins de chaleur pour le chauffage dans le cas de bâtiments THPE
- En orange, les besoins supplémentaires en chaleur (par rapport à THPE) pour le chauffage dans le cas de bâtiments HPE

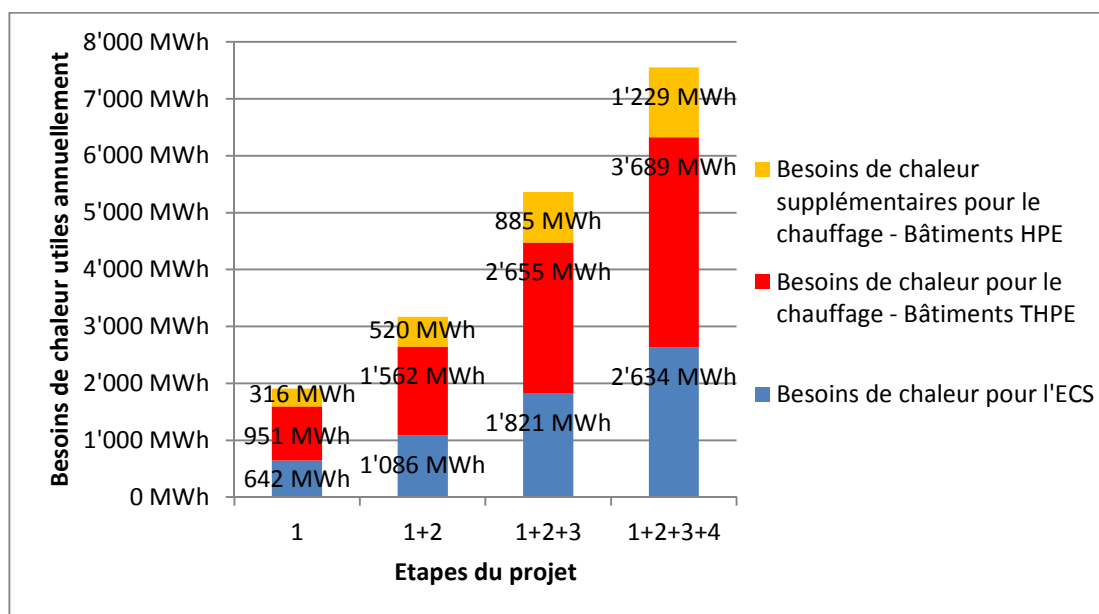


Figure 12: Besoins de chaleur pour l'ECS et le chauffage en fonction du développement du projet

2.4.4. Besoins de refroidissement

Les besoins de refroidissement devront être définis en fonction des surfaces de bureaux et de commerces. Les rejets de chaleurs induits par les installations de refroidissement devront être valorisés pour le chauffage des bâtiments.

2.4.5. Besoins électriques

Le calcul des besoins électriques se basent sur la recommandation SIA 380/4 «L'énergie électrique dans le bâtiment».

Tableau 6 : Besoins électriques utiles du projet

Etapes	E_{f,ei}
1.1	1003 MWh électriques
Vers Beaux-Champs	367 MWh électriques
Vers la Maison de Vessy	636 MWh électriques
1.2	611 MWh électriques
Vers le Salève	611 MWh électriques
1.3	
Vers le Nant	894 MWh électriques
Vers l'école	93 MWh électriques
2.4	1083 MWh électriques
Vers la ferme et Vers l'Arve	758 MWh électriques
Vers la lisière	325 MWh électriques
Total	3,59 GWh électriques + 0.093 GWh électrique école

2.5 Les acteurs concernés et leur rôle

D'après [8], les acteurs de ce projet sont :

Acteurs	Rôles
L'Etat de Genève DALE/ OU / DDURG	Autorité cantonale Propriétaire Maitre d'ouvrage
La ville de Veyrier	Autorité communale
La caisse de prévoyance de l'Etat de Genève (CEG)	Autorité cantonale Propriétaire Maitre d'ouvrage
La Fondation de la commune de Veyrier pour le logement	Maitre d'ouvrage
Investisseur commercial (non connu)	Maitre d'ouvrage

2.6 Les infrastructures énergétiques existantes et projetées

2.6.1. CAD Vessy

Le réseau CAD de l'EMS Maison de Vessy est disponible pour un possible raccordement des Grands-Esserts sur son infrastructure, comme détaillé en 1.6.1 et 2.2.1. Ce raccordement se ferait dans un cadre d'un rapport de contracting entre les opérateurs du quartier des Grands-Esserts et la société gérante du CAD : « Vessy Energie ».

2.6.2. CAD PDZIA Pré-des-Dames

Le concept énergétique du Pré-des-Dames propose dans ses stratégies la possibilité d'un CAD bois-gaz avec CCF sur le périmètre du Pré-des-Dames, sur lequel pourraient se raccorder les futurs quartiers des Grands-Esserts et la zone villa. D'après ce CET, des besoins de puissances minimaux sont nécessaires à la mise en œuvre du couplage chaleur-force, cette option est donc potentiellement envisageable uniquement si les Grands-Esserts et le quartier villa s'y raccordent dans des horizons temporels similaires. Les phasages de projet ne sont pour le moment pas très concordants.

D'autre part, une autre stratégie abordée est la récupération de chaleur dans l'Arve. Toutefois, cette solution semble également envisageable uniquement si les quartiers des Grands-Esserts et la zone villa s'y raccordent. Au vue des horizons temporels des différents projets, cette stratégie semble peu plausible.

Ces possibilités sont des stratégies potentielles pour l'approvisionnement énergétique de la ZIA Pré-des-Dames, mais aucune solution n'a pour le moment été choisie.

2.6.3. CAD Bois-Gourmand

La commune de Veyrier a développé un chauffage à distance alimenté par une chaudière à bois d'une puissance de 1 MW. Ce CAD a déjà atteint sa pleine capacité et exploite actuellement l'intégralité du gisement renouvelable de bois de chauffage des forêts de la commune. De plus sa localisation géographique ne se prête pas idéalement à un raccordement aux Grands-Esserts.

3 PROPOSITIONS ET ANALYSE DE STRATÉGIES ÉNERGÉTIQUES LOCALES

Les chapitres précédents ont présentés la disponibilité en ressources énergétiques locales, les enjeux en termes de maîtrise des besoins et le contexte élargi dans lequel se trouve le projet des Grands-Esserts.

A partir de ces éléments, il faut réfléchir aux **stratégies de valorisation** par l'utilisation des potentiels de ressources énergétiques locales et aux **stratégies d'approvisionnement** possibles : individuel par des petites centrales par bâtiments, par groupement de bâtiments ou réseau de chaleur à distance approvisionné par une série de ressources diversifiées.

3.1 Stratégies de valorisation du potentiel énergétique local

3.1.1. Modalités de valorisation des ressources énergétiques renouvelables et locales ainsi que des rejets thermiques

La ressource locale actuellement valorisable est principalement le solaire. L'air, l'eau de l'Arve et les eaux usées sont des ressources locales qui seront plus difficiles à valoriser.

La valorisation des rejets de chaleur est inscrite dans la loi (Art 12J, al. 8 et 9 REn). Les surfaces commerciales sont une source de rejets thermiques. La récupération de chaleur sur les systèmes de refroidissement des commerces est possible. Suite à un contact avec M. Hirt, nous savons que, par exemple, la Migros a pour objectif d'être autonome en chauffage dans toutes ses surfaces commerciales via la récupération de chaleur sur les systèmes de refroidissement. L'efficacité du processus dépend du nombre de mètre linéaire de rayon froid et du rapport avec la surface total du centre commercial. En cas de production excédentaire de chaleur, la démarche consiste à redistribuer gratuitement aux habitations alentours le surplus. La surface commerciale n'a alors uniquement besoin d'une source de chaleur d'appoint.

Il reste à voir si une stratégie similaire pourrait être mise en place par le/les futur/s exploitants des surfaces commerciales.

3.2 Stratégies d'approvisionnement

3.2.1 Stratégies d'action sur les besoins

Pour ce qui est d'agir sur les besoins, le canton de Genève demande à ce que les bâtiments neufs respectent les exigences haute performance énergétique voire très haute performance énergétique, définies dans les Art. 12B et 12C REn. De plus, une série de mesures pour limiter les besoins énergétiques est disponible en Annexe 9.

3.2.2 Stratégies d'approvisionnement (approche en termes de filières)

La stratégie d'approvisionnement du quartier va être fortement conditionnée par les choix d'échelle des installations de production de chaleur. En effet, une production

centralisée au niveau du quartier implique une organisation totalement différente par rapport à une production décentralisée par pièce urbaine.

Les avantages et inconvénients des productions centralisées ou décentralisées sont présentés ci-dessous.

Tableau 7 : Echelles des stratégies d'approvisionnement

	Centralisée à l'échelle du quartier	Décentralisée par pièce urbaine
Avantages	Gestion globalisée de la planification et de l'exploitation	Dimensionnement individualisé au fur et à mesure de développement du quartier
	Dimensionnement optimisé donc meilleur rendement	
	Nuisances liées à la technique confinées en un seul endroit	Autonomie par bâtiment
	Volume des besoins permettant d'intégrer un CCF	
	Possibilité d'une forte part de renouvelable	Choix d'approvisionnement spécifique au bâtiment
	Capacité d'évolution des sources d'approvisionnement	
Inconvénients	Difficulté de planification et de gestion en fonction des phases du projet	Rendements plus faibles
	Investissement initial important	Multiplication des investissements
	Choix de l'approvisionnement dépendant de la taille du réseau	Multiplication des tâches de gestion
	Nécessité d'une vision à long terme	
	Création d'une société de gestion	Multiplication des nuisances liées aux locaux techniques
	Nécessité d'études approfondies	

Dans les paragraphes suivants, nous détaillons les sources possibles en fonction de l'échelle choisie.

3.2.2.1 Dans le cadre d'une production centralisée

Une série de sources de chaleur semble plus appropriée pour une production centralisée. Elle est détaillée ci-dessous par ordre d'intérêt.

Tableau 8 : Classement des sources de chaleur pour une production centralisée

	Source principale	Appoint
+	Bois	PAC sur les eaux usées
	Solaire	Solaire
	Gaz	Gaz
	PAC sur les eaux de l'Arve	Bois
	PAC air/eau	Géothermie faible profondeur
	Géothermie faible profondeur	PAC sur les eaux de l'Arve
-		PAC air/eau

On se place dans le cadre d'un réseau de chaleur à distance développé sur tout le quartier.

Tableau 9 : Scénarios d'approvisionnement possibles pour une production centralisée

	Source principale	Appoint
Scénario 1	Bois	Solaire
		PAC eaux usées
		Gaz
Scénario 2	Solaire	Gaz
		PAC eaux usées
Scénario 3	Gaz	Solaire
		PAC eaux usées

3.2.2.2 Dans le cadre d'une production décentralisée

Les sources de chaleur davantage appropriées à une production décentralisée sont détaillées ci-dessous.

Tableau 10 : Classement des sources de chaleur pour une production décentralisée

	Source principale	Appoint
+ ↑	Solaire	PAC sur les eaux usées
	Bois	Solaire
	Gaz	Gaz
	Géothermie faible profondeur	Géothermie faible profondeur
	PAC air/eau	PAC air/eau
-		

Les scénarios d'approvisionnement sont les suivants, dans le cadre d'un approvisionnement énergétique par pièce urbaine.

Tableau 11 : Scénarios d'approvisionnement possibles pour une production décentralisée

	Source principale	Appoint
Scénario 1	Bois	PAC eaux usées
Scénario 2	Solaire	PAC eaux usées
Scénario 3	Gaz	Solaire
		PAC eaux usées

On considère qu'avoir un volume de stockage de pellets de bois, une centrale de chauffe ainsi qu'une installation solaire avec accumulateur saisonnier est trop compliqué. En revanche, une installation solaire couvrant une partie de l'énergie nécessaire pour l'ECS est tout à fait envisageable, voir nécessaire pour respecter la loi.

Il est également possible de faire du solaire photovoltaïque sur les toits des bâtiments chauffés au bois.

3.3 Mesures à prévoir pour les niveaux de planification inférieurs

Pour ce qui est des principales solutions retenues (bois/solaire/PAC eaux usées) :

- La récupération de chaleur sur les eaux usées : ni planification, ni financement n'étant actuellement prévu pour le remplacement des conduites d'évacuation des eaux usées, cette variante ne se prête pas à une mise en

place actuellement. Il serait en revanche opportun de s'informer dans le futur sur l'état des projets de réfection des canalisations d'eau usée pour permettre une mise en place de conduites adaptées à la récupération de la chaleur (conduites munies d'échangeur) lors d'une étape de développement futur du quartier. La chaleur ainsi récupérée pourrait être réinjectée dans un réseau CAD.

- Le bois : l'agrandissement de la centrale de la Maison de Vessy va nécessiter l'ajout d'un nombre de chaudières/CCF (suivant le phasage). Toutefois, un agrandissement du local de chauffe et du stockage de bois va être nécessaire dès le début du projet dans le cas d'un raccordement à l'EMS.
- Le solaire thermique : les surfaces de captage de solaire thermique vont évoluer en fonction du phasage, la production de chaleur solaire suivra donc la surface de capteurs installée.
- Le solaire photovoltaïque : les surfaces de captage seront relativement grandes, tout en les partageant avec le solaire thermique, et permettront un apport énergétique pour le quartier.

Ces 3 sources d'énergie thermique peuvent être réinjectées dans un réseau CAD ou utiliser directement pour le chauffage de l'ECS. La source d'énergie électrique peut être réinjectée dans le réseau de distribution du quartier.

3.4 Mesures transitoires

Le développement du quartier se fera par étapes. Il est donc possible que la mise en place d'une centrale de chauffe ne soit pas possible dès la construction des premiers bâtiments. Il est donc envisageable de mettre en place des mesures transitoires pour permettre la construction des premières pièces urbaines, avant la construction de la centrale.

4 SYNTHÈSE DES ORIENTATIONS ET DES RECOMMANDATIONS POUR LES ACTEURS CONCERNÉS

4.1 Production décentralisée

La production décentralisée a l'avantage d'être parfaitement adaptée à l'évolution temporelle du quartier et permet une bonne adéquation des infrastructures à la demande en énergie.

Dans les variantes décentralisées, l'énergie d'appoint la plus plébiscitée est la chaleur des eaux usées. La modification des collecteurs et le remplacement de ceux-ci par des collecteurs avec échangeurs de chaleur représente un investissement conséquent. De plus, la couverture d'au minimum 30% des besoins de chaleur admissibles pour l'eau chaude sanitaire par de l'énergie solaire est obligatoire (sauf cas dérogatoire).

La variante avec le bois comme source principale (scénario 1) semble bien adaptée à l'utilisation, mais pose plus de problème pour la livraison du bois en raison de la dissémination des silos à bois dans le quartier. Cette variante n'a pas été économiquement évaluée, mais son coût est relativement élevé en raison de la multiplication d'une part des infrastructures (silos, brûleur,...) et des adaptations nécessaires aux collecteurs d'eaux usées. On peut s'attendre à des investissements élevés et un coût par kilowattheure dépassant 20 ct. Le bois étant une énergie renouvelable, aucune taxe CO2 n'est à prévoir.

En considérant le solaire comme source principale (scénario 2), les investissements augmentent tout en faisant diminuer les coûts de l'énergie. Les investissements pour l'énergie d'appoint étant également élevés, les investissements sont lourds pour cette variante. En revanche, la totalité de l'énergie étant renouvelable, aucune taxe CO2 n'est à prendre en compte. On peut s'attendre à un coût par kilowattheure dépassant 20 ct.

La troisième variante (scénario 3), utilisant le gaz comme source principale, est la solution la plus simple dans le cas d'une installation décentralisée et bénéficie de l'avantage de n'avoir aucun stockage de combustible sur place. En considérant le solaire comme énergie d'appoint, afin de respecter la loi cantonale, les investissements sont de l'ordre de 10'650'000.- CHF (selon étude Energestion) et le coût de la chaleur à terme est d'environ 18 ct./KWh. La variante considérant la chaleur des eaux usées comme énergie d'appoint nécessiterait plus d'investissements, tout en restant obligé de maintenir les panneaux solaires, et de ce fait le coût de la chaleur dépasserait 20 ct./KWh. De plus, la part de l'énergie provenant d'énergie renouvelable étant faible (de l'ordre de 15%) une taxe CO2 estimée à environ 80'800.- CHF est à prévoir.

La société Energestion a également évalué une variante considérant les pellets comme énergie primaire et le gaz comme énergie d'appoint. Les investissements se monteraient pour cette variante à 12'750'000.- CHF et le coût de la chaleur serait de l'ordre de 20.5 ct./KWh. La part d'énergie renouvelable serait d'environ 70% et la taxe CO2 se monterait à environ 28'500 CHF. Il est encore nécessaire d'ajouter les investissements nécessaires pour la partie solaire de l'installation, qui n'a pas été

prise en compte dans cette estimation. La part d'énergie renouvelable serait également plus haute grâce à l'apport énergétique solaire, et la taxe CO2 diminuerait en conséquence.

4.2 Production centralisée

Une production centralisée à l'avantage de concentrer les équipements sur un seul site et permet d'avoir un seul endroit de stockage du combustible le cas échéant. Cela permet également d'avoir un seul point d'immissions des polluants, rendant leur traitement plus facile et efficace, garantissant une meilleure qualité de l'air dans le restant du quartier. L'efficacité du générateur est également plus élevée, mais des pertes plus importantes dans le réseau de distribution sont inévitables en raison de la plus grande étendue de celui-ci. La centralisation permet également d'évoluer plus facilement vers de nouvelles sources d'énergie ou mode de transformation.

La solution la plus optimale économiquement est un raccordement sur la centrale de l'EMS de Vessy avec une migration au bois comme source principale et au gaz comme appoint (scénario 1). Comme mentionné au paragraphe 2.2.1, la société Energgestion a chiffré les investissements nécessaires pour une telle installation. Ceux-ci se montent à environ 10'100'000.- CHF pour l'agrandissement de la centrale existante. Le coût de la chaleur à terme s'élèverait à environ 16 ct./KWh. La production de chaleur à base d'énergie renouvelable atteindrait environ 75% et le coût de la taxe CO2 serait de 27'750 CHF. En revanche cette version ne comprend pas l'utilisation de l'énergie solaire, qui d'un point de vue énergétique est intéressante dans la mesure où elle réduit l'utilisation du gaz en été lorsque les chaudières à bois sont arrêtées pour l'entretien ou en raison des faibles puissances demandées. De plus, selon la loi cantonale, il est obligatoire de couvrir au minimum 30% des besoins de chaleur admissibles pour l'eau chaude sanitaire par de l'énergie solaire. Il faut donc compter un investissement supérieur à la valeur précédente pour englober les coûts des installations solaires, qu'elles soient centralisées ou décentralisées. En revanche, la part d'énergie renouvelable utilisée serait plus élevée et le montant de la taxe CO2 diminuerait en conséquence.

Une solution indépendante par rapport à l'EMS de Vessy a également été évaluée par Energgestion. Pour une centrale au bois comme énergie principale et au gaz comme appoint, l'investissement se monte à environ 10'380'000.- CHF pour un coût au kilowattheure d'environ 17 ct. La part d'énergie renouvelable et le montant de la taxe CO2 seraient similaires à la variante précédente. Tout comme le dimensionnement précédent, cette estimation ne prend pas en compte la partie solaire obligatoire de l'installation. Il est donc nécessaire de compter un surcoût par rapport aux chiffres donnés.

D'un point de vue d'efficacité énergétique et par recommandation de l'OCEN, il serait intéressant, voire nécessaire, de prévoir un couplage chaleur force au bois, par gazéification ou par combustion et utilisation d'une turbine à vapeur. Les investissements seraient plus élevés et le fonctionnement plus cher, mais l'efficacité de conversion de l'énergie serait meilleure avec l'avantage de la production d'électricité utilisable sur site (par exemple pour l'alimentation d'une pompe à chaleur) ou revendue en fonction des conditions, faisant de ce fait baisser d'autres charges. Si, pour différentes raisons, un tel système ne pouvait être intégré avec la première étape de développement, le concept général du grand projet devra intégrer la capacité à évoluer vers ce type de technologies pour les étapes ultérieures.

Une pompe à chaleur sur les eaux usées serait également possible comme énergie d'appoint. Cette variante n'a pas été économiquement chiffrée, mais impliquerait de gros investissements pour adapter les collecteurs des eaux usées ou l'installation d'un échangeur dans le réservoir de siphonage. On peut estimer que le coût de la chaleur dépasserait 20 ct./KWh.

La variante avec le solaire comme source principale (scénario 2) serait également envisageable, mais implique des investissements lourds et des volumes d'accumulateurs conséquents. En contrepartie, son fonctionnement serait relativement bon marché. L'appoint au gaz représenterait un investissement supplémentaire modéré, alors que l'appoint avec une pompe à chaleur sur les eaux usées augmenterait plus fortement les investissements. On peut estimer que le coût de la chaleur avec cette variante dépasserait 20 ct./KWh.

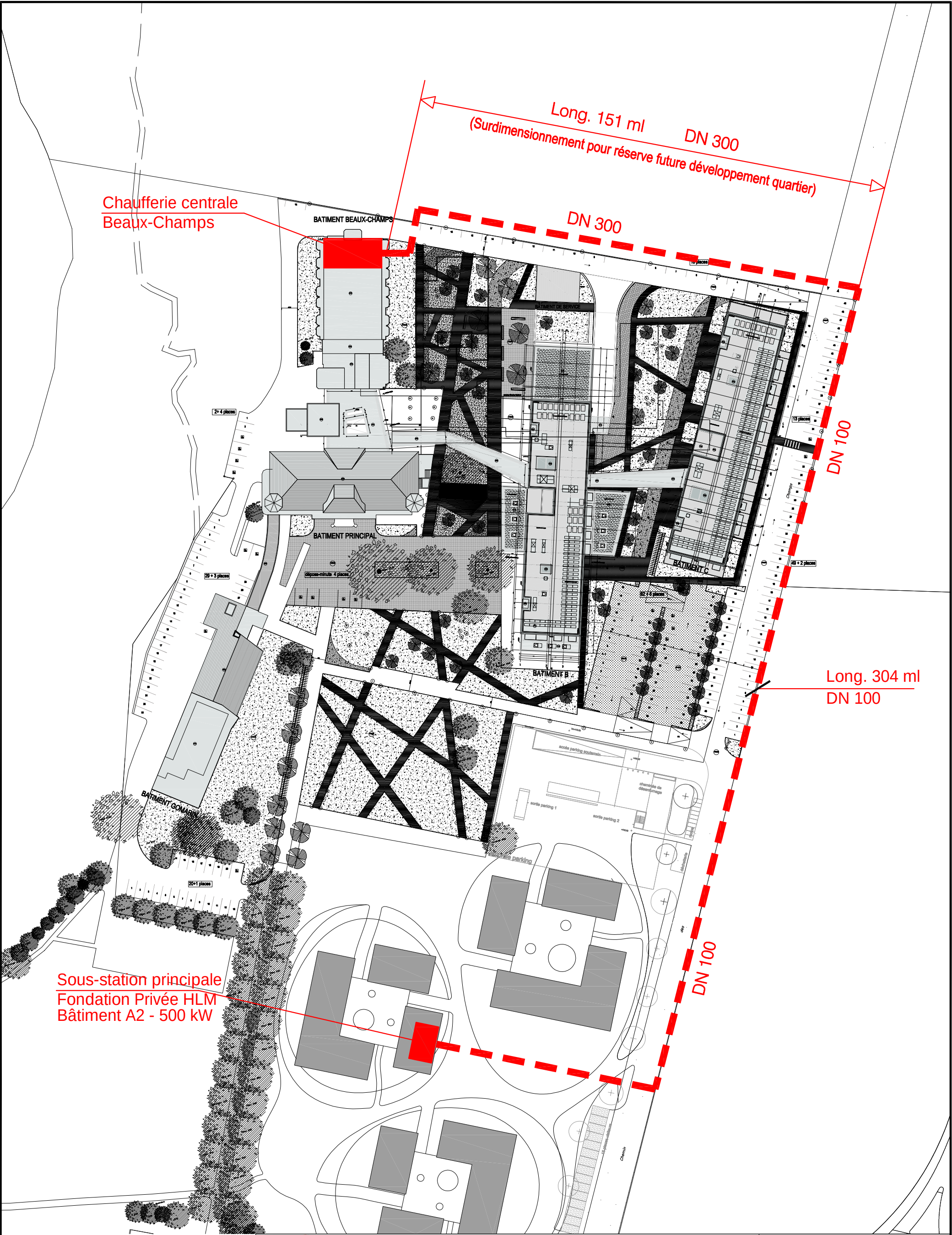
La variante avec production principale à base de gaz et solaire comme appoint (scénario 3) a été évaluée par Energestion. Le coût total d'investissement s'élève à environ 12'200'000.- CHF et le coût de la chaleur à terme est de l'ordre de 19.5 ct./KWh. L'utilisation accrue d'une énergie fossile, avec seulement environ 15% d'énergie renouvelable, augmente les émissions de CO₂. La taxe CO₂ annuel serait d'environ 80'780.- CHF. Le choix d'une pompe à chaleur sur les eaux usées comme énergie d'appoint augmenterait l'investissement de base, tout en maintenant l'obligation d'installer des panneaux solaires.

Plusieurs échanges impliquant l'OCEN, l'OU, la CPEG et la Maison de Vessy ont eu lieu et devront être poursuivis pour trouver la meilleure forme pour le projet et notamment les solutions acceptables pour le premier PLQ. Les PLQ à venir devraient bénéficier de conditions plus claires. Le centre commercial devra faire l'objet d'une attention particulière.

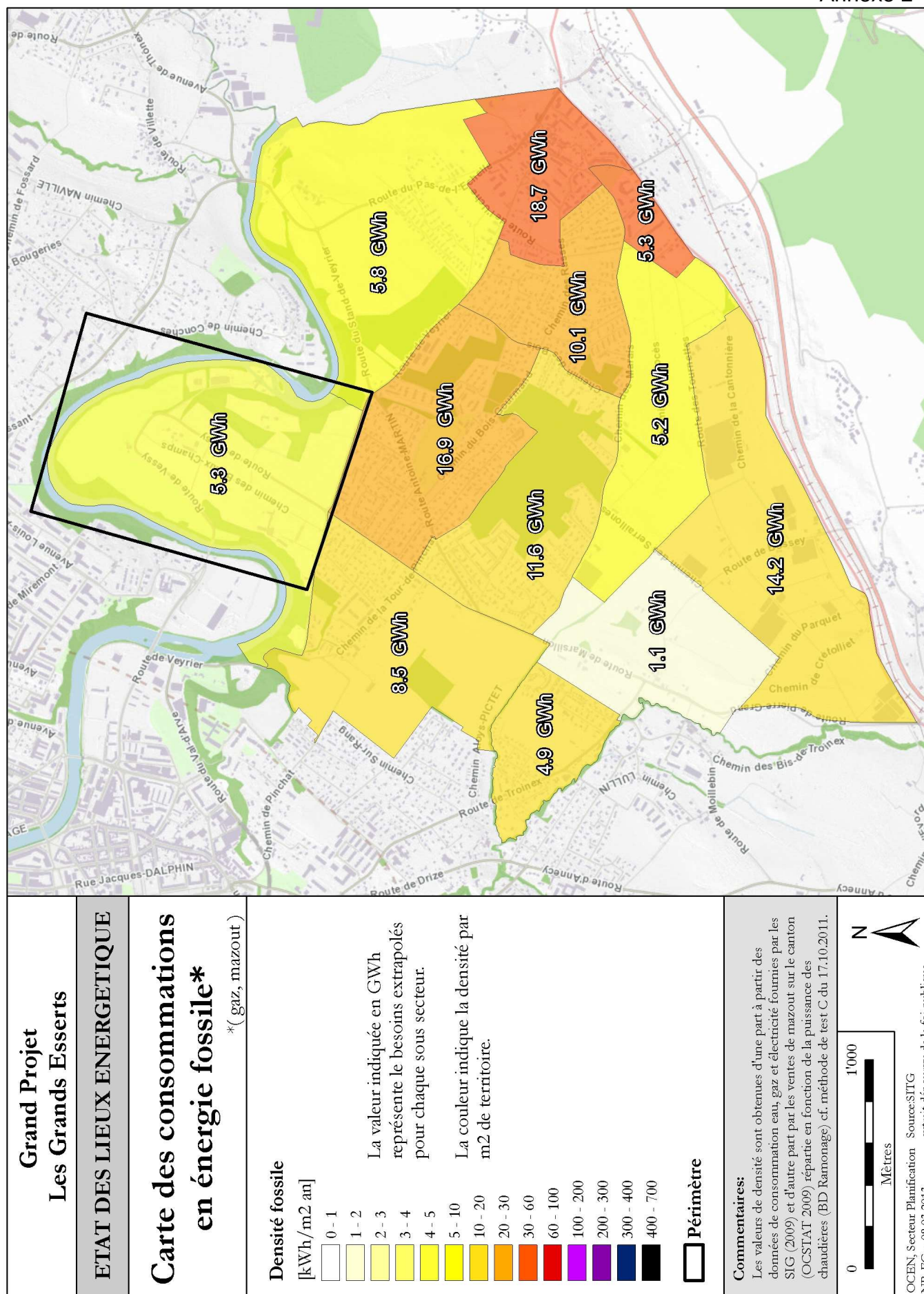
PPLUS Sàrl

Annexes

- Annexe 1. Plan du CAD de la Maison de Vessy**
- Annexe 2. Carte des consommations en énergie fossile de la commune de Veyrier**
- Annexe 3. Carte des consommations électriques de la commune de Veyrier**
- Annexe 4. Carte des chaudières et réseaux**
- Annexe 5. Estimation des volumes de bois nécessaires au chauffage du futur quartier**
- Annexe 6. Scénarios des infrastructures solaires pour l'ECS**
- Annexe 7. PDCn : Gestion des ressources, des déchets et des eaux usées**
- Annexe 8. Carte des ressources locales**
- Annexe 9. Mesures pour limiter les besoins énergétiques**
- Annexe 10. Concept énergétique réalisé par Energestion**



MAISON DE VESSY Chaufferie centrale bâtiment Beaux-Champs Réseau de chauffage à distance des immeubles de la Fondation Privée HLM		Plan N° : 06-527-Plan-CAD-HG. Créé le : 23.09.2008 Indice : 4			
ENERGESTION SA Ingénieurs CVSE 2, Ch. de la Gravière - CP 1245 - 1227 CAROUGE tél. 022.300.37.22 - fax. 022.300.37.24	Avant-projet éch : 1000e	modifié le :	par :	indice :	modifications :
		30.09.08	MG	1	Variante CAD Plateau
		06.10.10	MG	2	Variante tracés CAD
		07.10.10	LG	3	Variante tracés CAD
		17.01.10	LG	4	Tracé base subventions



Grand Projet Les Grands Esserts

ETAT DES LIEUX ENERGETIQUE

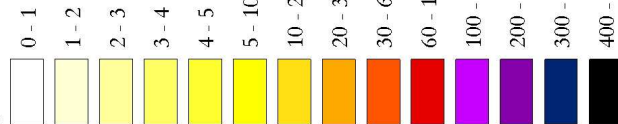
Carte des consommations en énergie électrique

Densité électrique

[kWh/m² a]

0 - 1
1 - 2

3 - 4	La couleur indique la densité par m2 de territoire.
4 - 5	

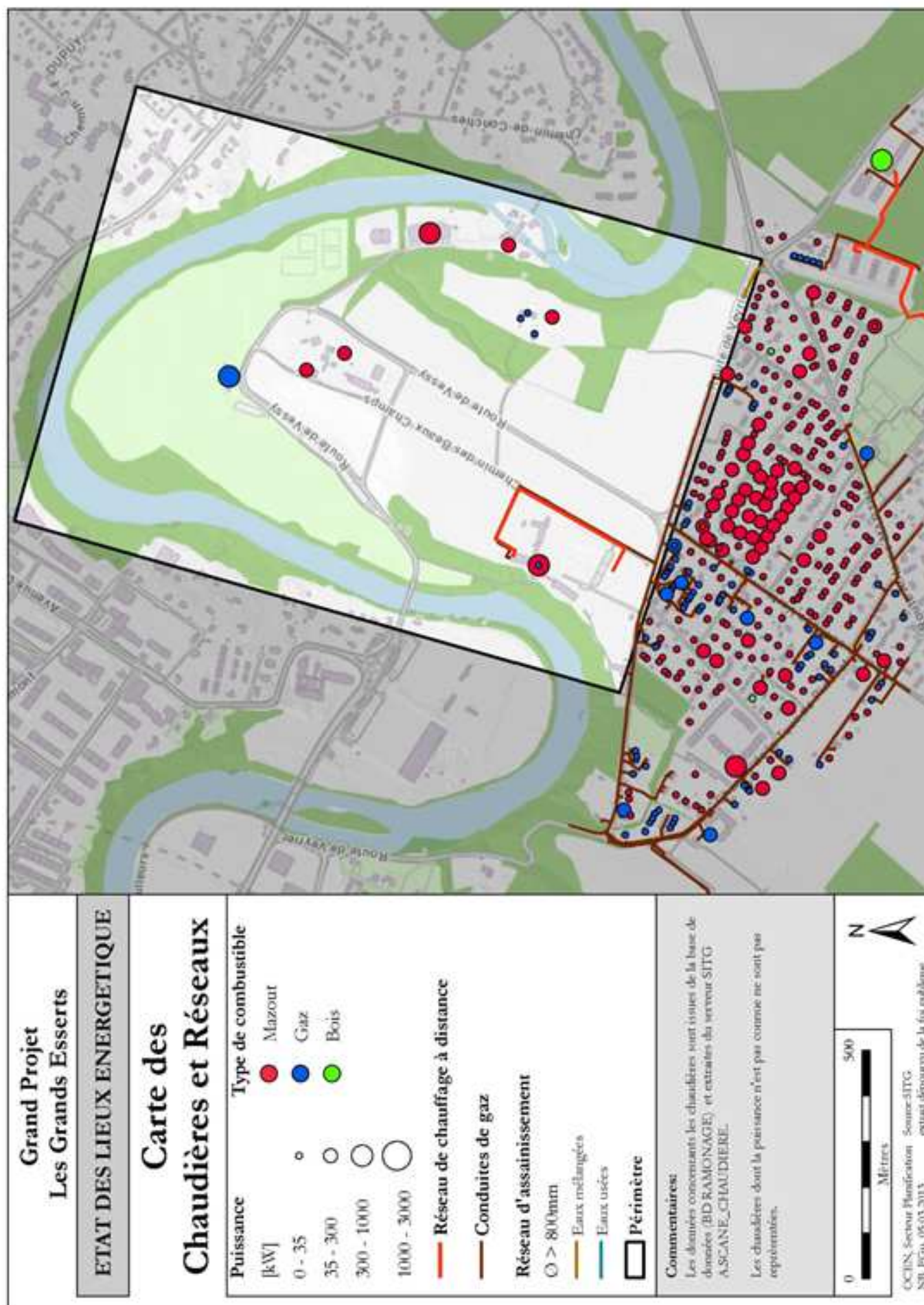


□ Périimètre

Commentaires:

Les valeurs de densité sont obtenues à partir des données de consommation eau, gaz et électricité fournies par les SIG (2009).





PSD Grands-esserts

Annexe 5

Total des besoins en bois par mois pour 100% bois

	Etales	ANNUEL	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
	1.1	622.3 m³	100.0 m³	87.6 m³	71.1 m³	50.5 m³	42.2 m³	17.4 m³	17.4 m³	17.4 m³	25.7 m³	50.5 m³	62.9 m³	79.4 m³
Vers Beaux-Champs		202.1 m³	34.0 m³	29.6 m³	23.7 m³	16.4 m³	13.4 m³	4.6 m³	4.6 m³	4.6 m³	7.6 m³	16.4 m³	20.8 m³	26.6 m³
Vers la Maison de Vessy		420.2 m³	66.1 m³	58.1 m³	47.4 m³	34.1 m³	28.8 m³	12.8 m³	12.8 m³	12.8 m³	18.1 m³	34.1 m³	42.1 m³	52.8 m³
	1.2	410.4 m³	65.2 m³	57.2 m³	46.6 m³	33.3 m³	28.0 m³	12.1 m³	12.1 m³	12.1 m³	17.4 m³	33.3 m³	41.3 m³	51.9 m³
Vers le Salève		410.4 m³	65.2 m³	57.2 m³	46.6 m³	33.3 m³	28.0 m³	12.1 m³	12.1 m³	12.1 m³	17.4 m³	33.3 m³	41.3 m³	51.9 m³
	1.3	714.5 m³	115.0 m³	100.7 m³	81.7 m³	58.0 m³	48.5 m³	20.0 m³	20.0 m³	20.0 m³	29.5 m³	58.0 m³	72.2 m³	91.2 m³
Vers l'école		122.9 m³	22.1 m³	19.1 m³	15.0 m³	9.9 m³	7.9 m³	1.7 m³	1.7 m³	1.7 m³	3.8 m³	9.9 m³	13.0 m³	17.0 m³
Vers le Nant		591.7 m³	92.8 m³	81.6 m³	66.7 m³	48.1 m³	40.6 m³	18.2 m³	18.2 m³	18.2 m³	25.7 m³	48.1 m³	59.3 m³	74.2 m³
	2.4	713.8 m³	111.9 m³	98.4 m³	80.4 m³	58.0 m³	49.0 m³	22.1 m³	22.1 m³	22.1 m³	31.0 m³	58.0 m³	71.5 m³	89.4 m³
Vers la ferme et Vers l'Arve		499.6 m³	78.3 m³	68.9 m³	56.3 m³	40.6 m³	34.3 m³	15.4 m³	15.4 m³	15.4 m³	21.7 m³	40.6 m³	50.0 m³	62.6 m³
Vers la lisière		214.1 m³	33.6 m³	29.5 m³	24.1 m³	17.4 m³	14.7 m³	6.6 m³	6.6 m³	6.6 m³	9.3 m³	17.4 m³	21.4 m³	26.8 m³
Total		2461.0 m³	392.1 m³	344.0 m³	279.9 m³	199.7 m³	167.7 m³	71.5 m³	71.5 m³	71.5 m³	103.6 m³	199.7 m³	247.8 m³	311.9 m³

Nb camions semi-remorques/mois

1 semi-remorque = 70 m³ plaquette

83	14	12	10	7	6	3	3	3	4	7	9	11
----	----	----	----	---	---	---	---	---	---	---	---	----

30% ECS solaire

Répartition annuelle production solaire	30% ECS solaire
Janvier	5.00%
Février	10.00%
Mars	20.00%
Avril	30.00%
Mai	50.00%
Juin	75.00%
Juillet	75.00%
Août	75.00%
Septembre	40.00%
Octobre	20.00%
Novembre	10.00%
Décembre	5.00%
Moyenne	34.58%

Part d'ECS solaire

Etapes	Qww ECS total annuel	Qww ECS total mensuel	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	
Vers Beaux-Champs Vers la Maison de Vessy	1.1	642.4 MWh	53.5 MWh	2.7 MWh	5.4 MWh	10.7 MWh	16.1 MWh	26.8 MWh	40.1 MWh	40.1 MWh	40.1 MWh	21.4 MWh	10.7 MWh	5.4 MWh	2.7 MWh
		170.1 MWh	14.2 MWh	0.7 MWh	1.4 MWh	2.8 MWh	4.3 MWh	7.1 MWh	10.6 MWh	10.6 MWh	10.6 MWh	5.7 MWh	2.8 MWh	1.4 MWh	0.7 MWh
		472.2 MWh	39.4 MWh	2.0 MWh	3.9 MWh	7.9 MWh	11.8 MWh	19.7 MWh	29.5 MWh	29.5 MWh	29.5 MWh	15.7 MWh	7.9 MWh	3.9 MWh	2.0 MWh
Vers le Salève	1.2	444.4 MWh	37.0 MWh	1.9 MWh	3.7 MWh	7.4 MWh	11.1 MWh	18.5 MWh	27.8 MWh	27.8 MWh	27.8 MWh	14.8 MWh	7.4 MWh	3.7 MWh	1.9 MWh
		444.4 MWh	37.0 MWh	1.9 MWh	3.7 MWh	7.4 MWh	11.1 MWh	18.5 MWh	27.8 MWh	27.8 MWh	27.8 MWh	14.8 MWh	7.4 MWh	3.7 MWh	1.9 MWh
Vers l'école Vers le Nant	1.3	735.1 MWh	61.3 MWh	3.1 MWh	6.1 MWh	12.3 MWh	18.4 MWh	30.6 MWh	45.9 MWh	45.9 MWh	45.9 MWh	24.5 MWh	12.3 MWh	6.1 MWh	3.1 MWh
		64.2 MWh	5.4 MWh	0.3 MWh	0.5 MWh	1.1 MWh	1.6 MWh	2.7 MWh	4.0 MWh	4.0 MWh	4.0 MWh	2.1 MWh	1.1 MWh	0.5 MWh	0.3 MWh
		670.8 MWh	55.9 MWh	2.8 MWh	5.6 MWh	11.2 MWh	16.8 MWh	28.0 MWh	41.9 MWh	41.9 MWh	41.9 MWh	22.4 MWh	11.2 MWh	5.6 MWh	2.8 MWh
Vers la ferme et Vers l'Arve Vers la lisière	2.4	812.5 MWh	67.7 MWh	3.4 MWh	6.8 MWh	13.5 MWh	20.3 MWh	33.9 MWh	50.8 MWh	50.8 MWh	50.8 MWh	27.1 MWh	13.5 MWh	6.8 MWh	3.4 MWh
		568.8 MWh	47.4 MWh	2.4 MWh	4.7 MWh	9.5 MWh	14.2 MWh	23.7 MWh	35.5 MWh	35.5 MWh	35.5 MWh	19.0 MWh	9.5 MWh	4.7 MWh	2.4 MWh
		243.8 MWh	20.3 MWh	1.0 MWh	2.0 MWh	4.1 MWh	6.1 MWh	10.2 MWh	15.2 MWh	15.2 MWh	15.2 MWh	8.1 MWh	4.1 MWh	2.0 MWh	1.0 MWh
Total		2'634.4 MWh	219.5 MWh	11.0 MWh	22.0 MWh	43.9 MWh	65.9 MWh	109.8 MWh	164.6 MWh	164.6 MWh	164.6 MWh	87.8 MWh	43.9 MWh	22.0 MWh	11.0 MWh

50% ECS solaire

Répartition annuelle production solaire	50% ECS solaire
Janvier	10.00%
Février	25.00%
Mars	44.00%
Avril	59.00%
Mai	73.00%
Juin	100.00%
Juillet	100.00%
Août	100.00%
Septembre	63.00%
Octobre	34.00%
Novembre	15.00%
Décembre	10.00%
Moyenne	52.75%

Part d'ECS solaire

Étapes		Qww ECS total annuel	Qww ECS total mensuel	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
	1.1	642.4 MWh	53.5 MWh	5.4 MWh	13.4 MWh	23.6 MWh	31.6 MWh	39.1 MWh	53.5 MWh	53.5 MWh	53.5 MWh	33.7 MWh	18.2 MWh	8.0 MWh	5.4 MWh
Vers Beaux-Champs		170.1 MWh	14.2 MWh	1.4 MWh	3.5 MWh	6.2 MWh	8.4 MWh	10.4 MWh	14.2 MWh	14.2 MWh	14.2 MWh	8.9 MWh	4.8 MWh	2.1 MWh	1.4 MWh
Vers la Maison de Vessy		472.2 MWh	39.4 MWh	3.9 MWh	9.8 MWh	17.3 MWh	23.2 MWh	28.7 MWh	39.4 MWh	39.4 MWh	39.4 MWh	24.8 MWh	13.4 MWh	5.9 MWh	3.9 MWh
	1.2	444.4 MWh	37.0 MWh	3.7 MWh	9.3 MWh	16.3 MWh	21.9 MWh	27.0 MWh	37.0 MWh	37.0 MWh	37.0 MWh	23.3 MWh	12.6 MWh	5.6 MWh	3.7 MWh
Vers le Salève		444.4 MWh	37.0 MWh	3.7 MWh	9.3 MWh	16.3 MWh	21.9 MWh	27.0 MWh	37.0 MWh	37.0 MWh	37.0 MWh	23.3 MWh	12.6 MWh	5.6 MWh	3.7 MWh
	1.3	735.1 MWh	61.3 MWh	6.1 MWh	15.3 MWh	27.0 MWh	36.1 MWh	44.7 MWh	61.3 MWh	61.3 MWh	61.3 MWh	38.6 MWh	20.8 MWh	9.2 MWh	6.1 MWh
Vers l'école		64.2 MWh	5.4 MWh	0.5 MWh	1.3 MWh	2.4 MWh	3.2 MWh	3.9 MWh	5.4 MWh	5.4 MWh	5.4 MWh	3.4 MWh	1.8 MWh	0.8 MWh	0.5 MWh
Vers le Nant		670.8 MWh	55.9 MWh	5.6 MWh	14.0 MWh	24.6 MWh	33.0 MWh	40.8 MWh	55.9 MWh	55.9 MWh	55.9 MWh	35.2 MWh	19.0 MWh	8.4 MWh	5.6 MWh
	2.4	812.5 MWh	67.7 MWh	6.8 MWh	16.9 MWh	29.8 MWh	39.9 MWh	49.4 MWh	67.7 MWh	67.7 MWh	67.7 MWh	42.7 MWh	23.0 MWh	10.2 MWh	6.8 MWh
Vers la ferme et Vers l'Arve		568.8 MWh	47.4 MWh	4.7 MWh	11.8 MWh	20.9 MWh	28.0 MWh	34.6 MWh	47.4 MWh	47.4 MWh	47.4 MWh	29.9 MWh	16.1 MWh	7.1 MWh	4.7 MWh
Vers la lisière		243.8 MWh	20.3 MWh	2.0 MWh	5.1 MWh	8.9 MWh	12.0 MWh	14.8 MWh	20.3 MWh	20.3 MWh	20.3 MWh	12.8 MWh	6.9 MWh	3.0 MWh	2.0 MWh
Total		2'634.4 MWh	219.5 MWh	22.0 MWh	54.9 MWh	96.6 MWh	129.5 MWh	160.3 MWh	219.5 MWh	219.5 MWh	219.5 MWh	138.3 MWh	74.6 MWh	32.9 MWh	22.0 MWh

		ÉNERGIE - Infrastructures de transformation	
Information préalable	Coordination en cours		
			Production électrique
			Cogénération
			Production et stockage thermiques
		ÉNERGIE - Infrastructures de transport	
Données de base	Contenu du plan directeur		
			Principale liaison réseau thermique d'eau : existante / information préalable / coordination en cours
			Principale liaison réseau thermique du type CAD : existante / information préalable / coordination en cours
			Gazoduc / projet de gazoduc Trélex-Colovrex
			Oléoduc
			Lignes électriques 380 kV - 220kV - 130 kV / Remplacement de la ligne Verbois-Génissiat 380 kV
		ÉNERGIE - Zones d'intérêt particulières	
			Zones industrielles et artisanales ou mixtes / Renouveau urbain mixte / en projet : lieux de transformation, de production d'énergie et d'application du principe d'écologie industrielle
			Zones d'intérêt énergie ZAS
			Ligne CEVA (tunnels et tranchées couvertes) et gares/hautes en vue de leur exploitation géothermique via des infrastructures
		GESTION DES DÉCHETS	
Données de base	Information préalable		
			Espaces de récupération (ESREC)
			Installations de traitement de déchets minéraux
			Installations de traitement de déchets organiques
			Logistique de transport
			Installations de stockage définitif
		GESTION DES EAUX USÉES - Installations de traitement	
			Stations d'épuration : lieux propices à l'installation d'infrastructures de valorisation des rejets de chaleur
		URBANISATION ET INFRASTRUCTURES DE TRANSPORTS ACTUELLES ET FUTURES	
			Centre urbain
			Couronne urbaine
			Noyaux suburbains, villages
			Zone villas
			Extensions urbaines à dominante habitation
			Lignes de chemin de fer en service et projets engagés / compléments au réseau ferroviaire
			Autoroutes / nouveaux tronçons routiers et autoroutiers à étudier / élargissements
			Axes forts TC (transports collectifs) existants et projets engagés / prolongements à étudier

Selon **Soleil et Architecture – Guide pratique pour le projet**

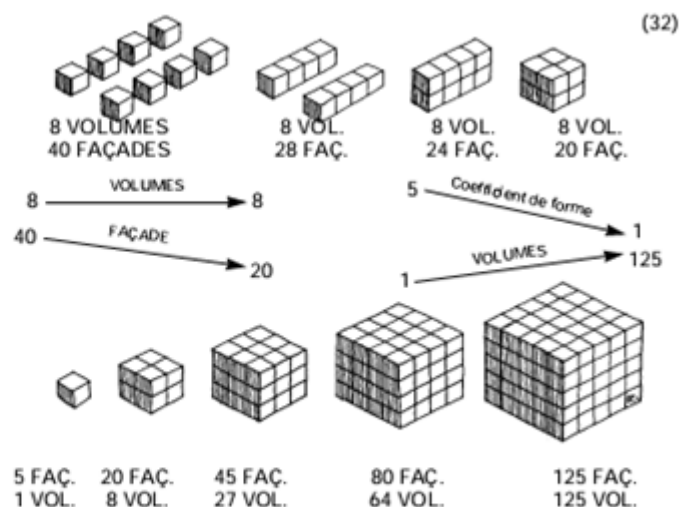
Paramètres influents dans le développement architectural

- Facteur de forme

Le facteur d'enveloppe est le rapport de la surface de l'enveloppe thermique du bâtiment et de sa surface de référence énergétique. Il caractérise la forme et les dimensions du bâtiment. Du point de vue de l'énergie, le facteur d'enveloppe est une grandeur très importante: plus le bâtiment est compact, plus le facteur d'enveloppe est petit, tout comme les déperditions thermiques par unité de surface de référence énergétique (à qualité égale de l'enveloppe du bâtiment).

A4.2 Géométrie de l'enveloppe

La taille et la géométrie du bâtiment conditionnent en partie les besoins de chauffage. Des bâtiments mitoyens auront moins de déperditions thermiques par transmission que des bâtiments isolés. De même des bâtiments compacts par rapport à des bâtiments étroits avec beaucoup de décrochements. De même encore des bâtiments de grand volume (administratifs) par rapport à des petites villas.



Facteur de forme: évolution pour différents types d'agrégation et dimensions d'un cube.

Figure 1 : Géométrie de l'enveloppe [Source : Soleil et architecture – Guide pratique pour le projet] Office fédéral des questions conjoncturelles 1991, page 15]

- Orientation

(34)

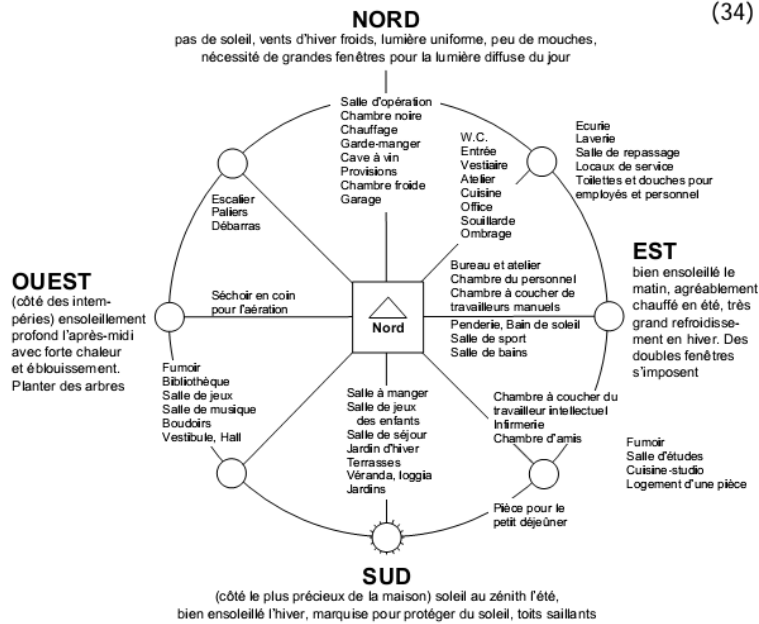


Figure 2 : Orientation [Source : Soleil et architecture – Guide pratique pour le projet] Office fédéral des questions conjoncturelles 1991, page 16]

- Ombres portées sur le site et les autres bâtiments/Implantation judicieuse des bâtiments

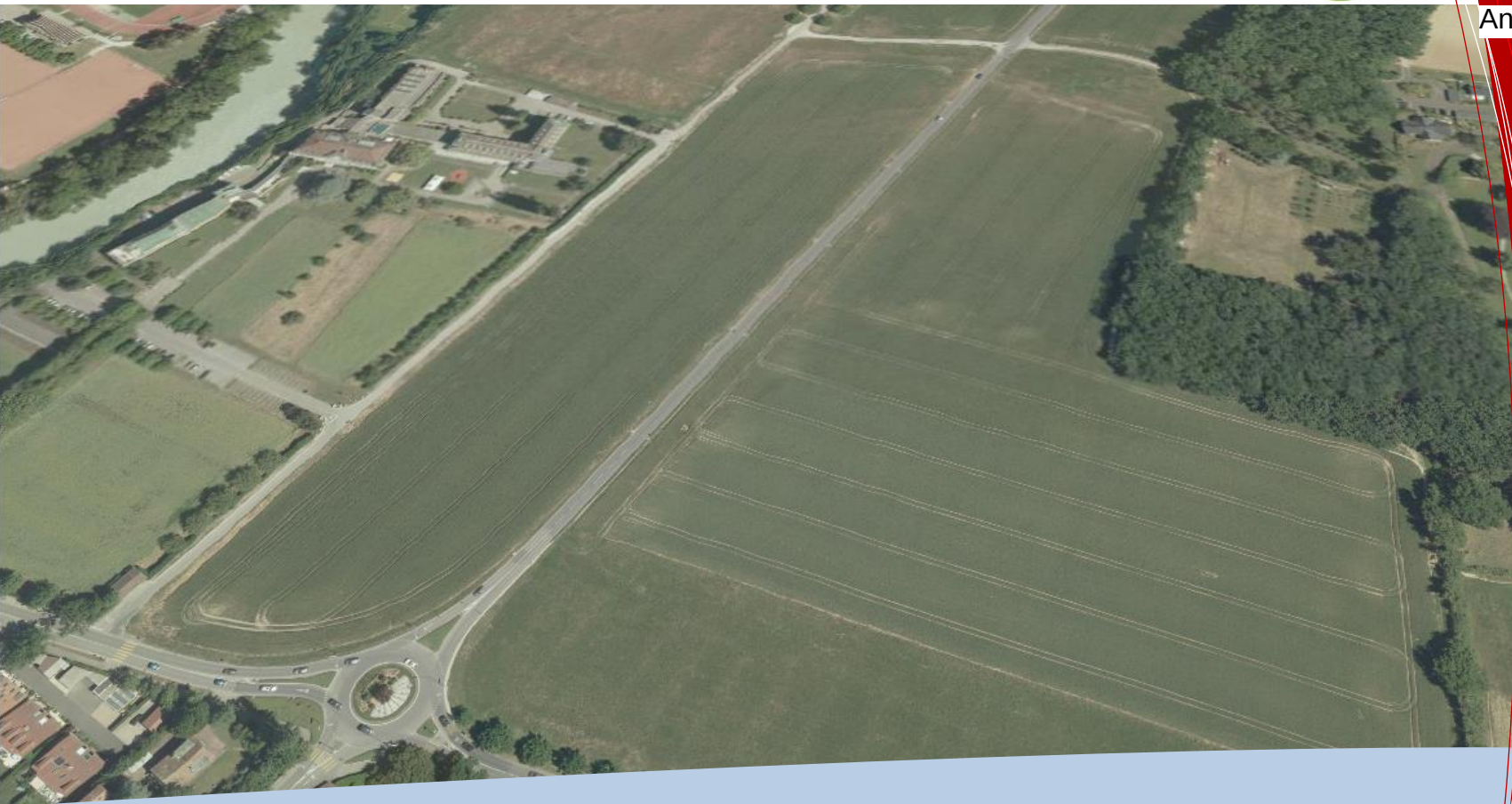
- Solaire passif – recommandations d'après Erreur ! Source du renvoi introuvable.

Le rayonnement solaire peut être récupéré directement ou stocké dans les matériaux qui constituent le bâtiment ; cela nécessite simplement une conception particulière qui s'adapte au climat et qui tient compte de l'orientation du soleil selon les saisons. La notion de solaire passif est incluse dans le concept plus général d'architecture bioclimatique. Cette dernière permet de réduire les besoins énergétiques, de maintenir des températures agréables, de contrôler l'humidité et de favoriser l'éclairage naturel.

L'emplacement, la forme et la hauteur des bâtiments étant déjà définis, il conviendra de maximiser l'apport en énergie passive (chaleur et lumière) par :

- une optimisation de la distribution et de la taille des fenêtres
- un degré élevé de transmission énergétique globale tout en respectant une isolation optimale
- un aménagement de l'espace intérieur permettant l'utilisation (pièces habitables au sud) et un stockage efficace de la chaleur ambiante
- une minimisation des ombres portées par les balcons, les avant-toits et les arbres

Toutefois, une attention particulière sera portée pour éviter les cas de surchauffe estivale.



14-1234 Les Grands Esserts

Concept Energétique

Fabrice Baertschi

Présentation du : 21.05.2014

Contexte historique et légal (1/2)

2007

- Concept énergétique de quartier
- Loi sur l'énergie L2 30

2010

- **Modification de la loi sur l'énergie L2 30 et L2 30.1**
 - Part minimale renouvelable imposée (30% - 50%)
 - Mesure et contrôle de l'indice de dépense énergétique

2014

- Mise à niveaux du cadre légal et de la mise en œuvre de la REn

➤ Production de chaleur doit intégrer une part renouvelable

- Bois (Bonne faisabilité)
- Solaire thermique (Contrainte exposition des toitures ≠ hauteur)
- ~~Géothermie~~ (Interdiction de forage en nappe phréatique)
- ~~Rejets thermique~~ (Pas de rejets thermiques, eaux usées : gisement faible)

➤ Complément à une ressource non renouvelable

- Gaz
- Mazout

Contexte historique et légal (2/3)

Contexte historique et légal (3/3)



Présentation des variantes étudiées

1. Raccordement au CAD existant : Gaz + Bois plaquettes
 - Renforcement de la production de chaleur existante avec bois plaquettes
2. Réalisation d'un CAD autonome : Gaz + Bois plaquettes
 - Création d'une chaufferie centralisée indépendante au bois plaquettes et gaz
3. Réalisation d'un CAD autonome : Gaz + Solaire
 - Création d'une chaufferie centralisée indépendante au gaz et solaire décentralisé
4. Réalisation de chaufferies décentralisées Gaz + Solaire
 - Chaufferies gaz et apports solaires décentralisées par îlots
5. Réalisation de chaufferies décentralisées Gaz + Bois pellet
 - Chaufferies gaz et apports bois pellets décentralisées par îlots

Phasage de développement 1/2

Etape 1

Etape 2

Etape 3

Etape 4



Phasage de développement 2/2



PHASE 1 : 81 500 m2 soit env. 800 logts

- Étape 1 : 28 500 m2 soit env. 300 logts
 - n° 1 : Vers Maison de Vessy (22 500 m2)
 - n° 2 : Vers Beaux Champs (6 000 m2 + centre commercial)
- Étape 2 : 21 000 m2 soit env. 200 logts
 - n° 3 : Vers le Salève
- Étape 3 : 32 000 m2 soit env. 300 logts
 - n° 4 : Vers le nant
 - Ecole

PHASE 2 : 39 000 m2 soit env. 400 logts

- Étape 4 : 39 000 m2 soit env. 400 logts
 - n° 5 : Vers la lisière (11 700 m2)
 - n° 6 : Vers la ferme (11 700 m2)
 - n° 7 : Vers l'Arve (15 600 m2)

V1-Raccordement au CAD existant bois + gaz



Optimisations possibles : pose des conduites sous la (les) piste(s) de chantier pour réduire les coûts du réseau

V2-Réalisation d'un CAD autonome bois + gaz



projet

V3-Réalisation d'un CAD autonome gaz + solaire



projet

V4-Réalisation de chaufferies décentralisées gaz + solaire



V5-Réalisation de chaufferies décentralisées gaz + pellets

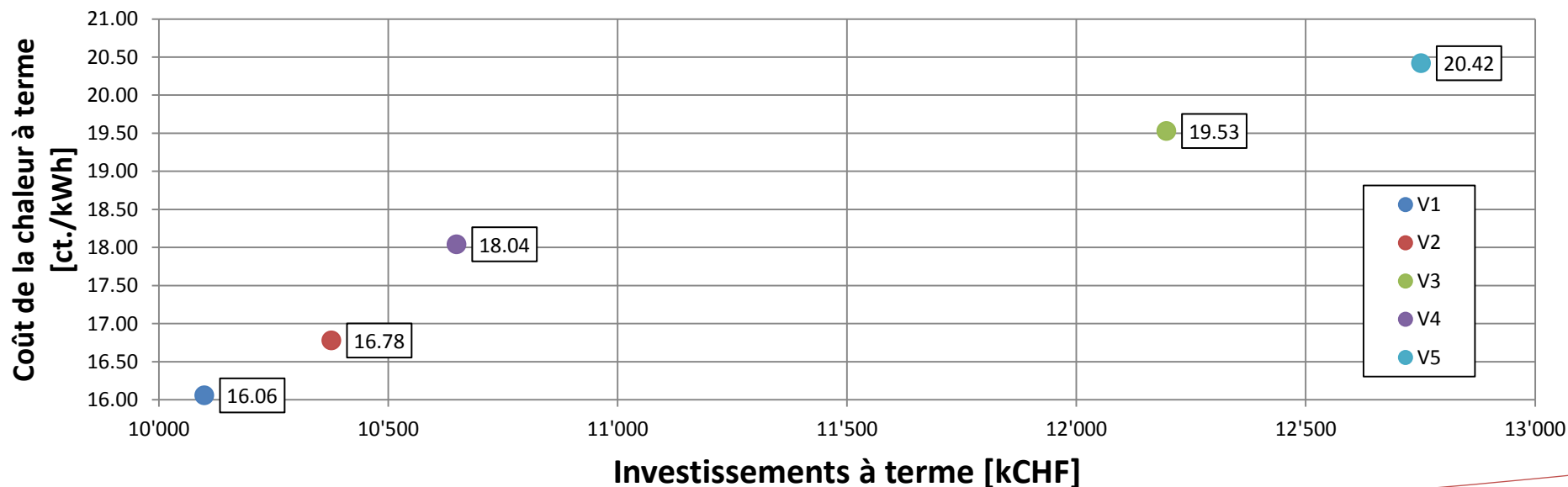


Synthèse des variantes étudiées 1/2

Variantes	1 : CAD existant gaz + bois	2 : CAD autonome gaz + bois	3 : CAD autonome gaz + solaire	4 : décentralisé gaz + solaire	5 : décentralisé gaz + pellets
Investissements Etape 1 (kCHF)	6'320	5'702	6'316	2'900	3'513
Investissements Etape 2 (kCHF)	1'273	1'309	1'358	1'768	2'119
Investissements Etape 3 (kCHF)	1'330	1'366	1'833	2'447	2'537
Investissements Etape 4 (kCHF)	1'177	1'999	2'688	3'533	4'583
Total investissements	10'099 kCHF	10'376 kCHF	12'196 kCHF	10'649 kCHF	12'751 kCHF
Coût de la chaleur à terme	16.06 ct./kWh	16.78 ct./kWh	19.53 ct/kWh	18.04 ct/kWh	20.42 ct./kWh

Synthèse des variantes étudiées 2/2

Variantes	1 : CAD existant gaz + bois	2 : CAD autonome gaz + bois	3 : CAD autonome gaz + solaire	4 : décentralisé gaz + solaire	5 : décentralisé gaz + pellets
% renouvelable production	75	70	15	15	70
Emissions tCO ₂ éq/an	463	475	1'346	1'346	475
Impact financier annuel de la taxe CO ₂ [CHF]	27'755	28'510	80'778	80'778	28'510



Les acteurs genevois du bois énergie



Energie durable – visite du 12.03.2014



1. Tri du bois, ici bois de chantier, pas pour plaquettes
2. Halle de stockage importante
3. Détail du stockage



Environnement 2000 – visite du 01.05.2014

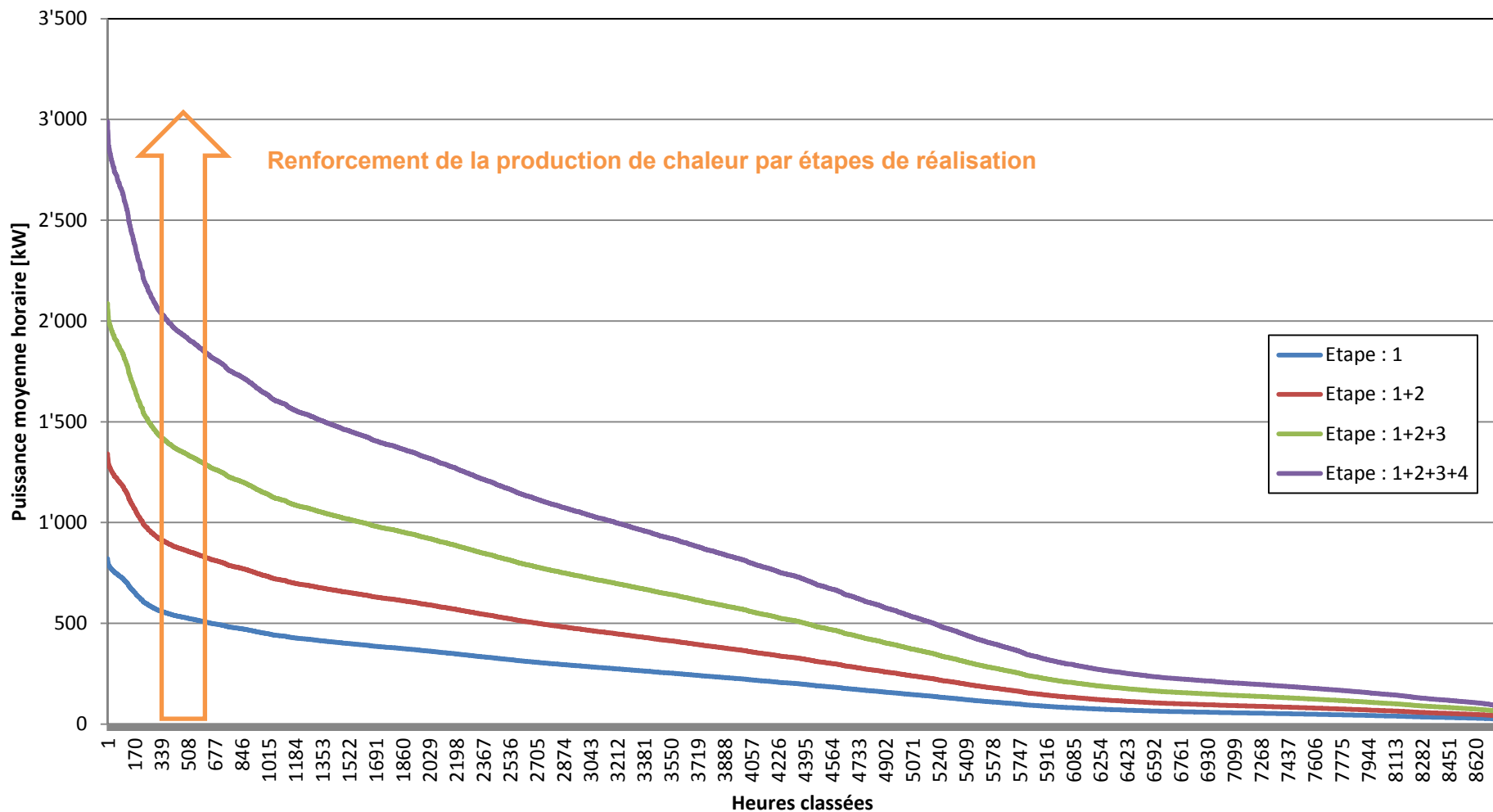


1. Débardage en forêt
2. Broyage, criblage et tamisage
3. Détail du stockage



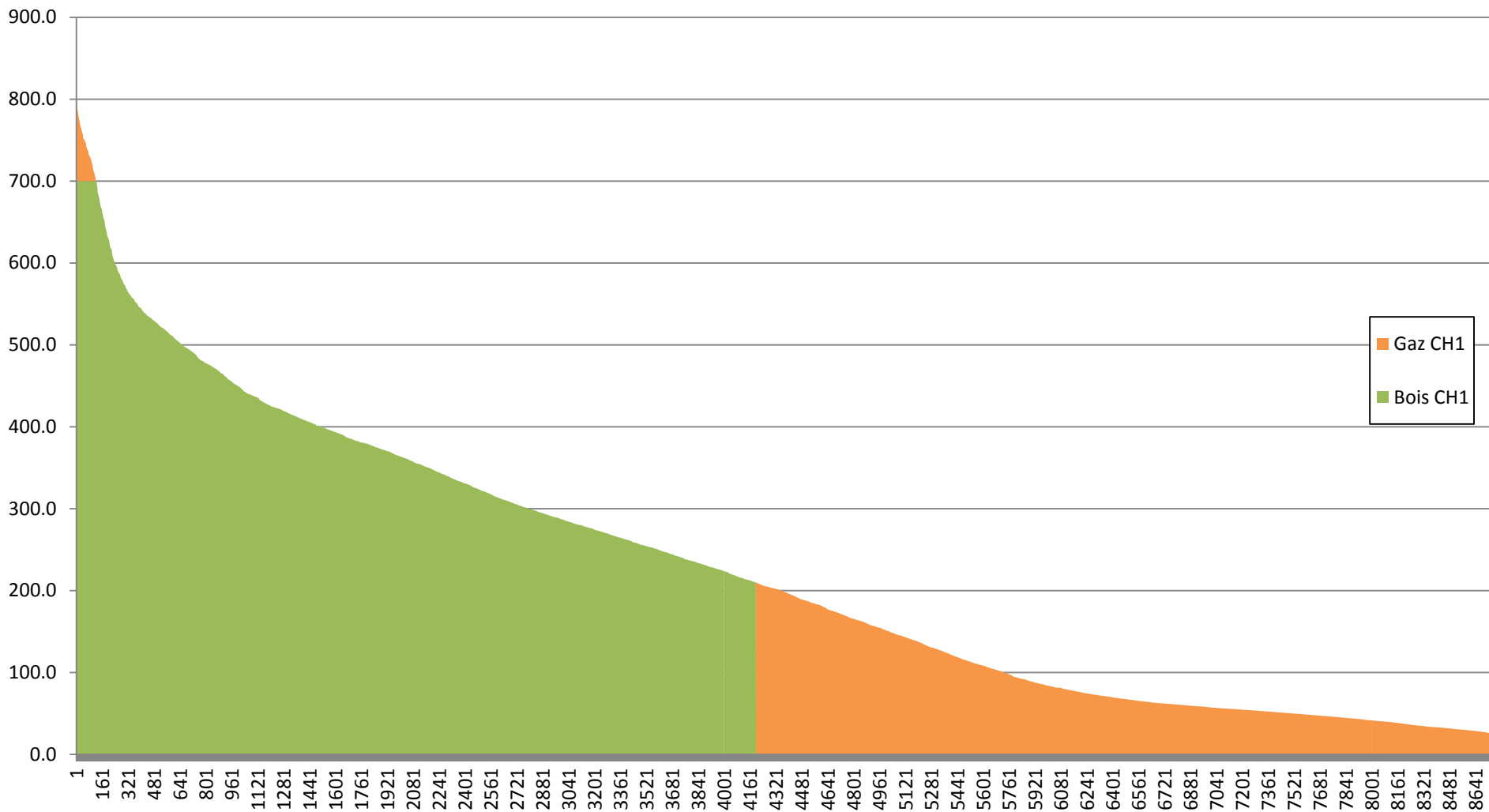
Courbes monotones décroissantes

Phasage des puissances à installer (CAD)



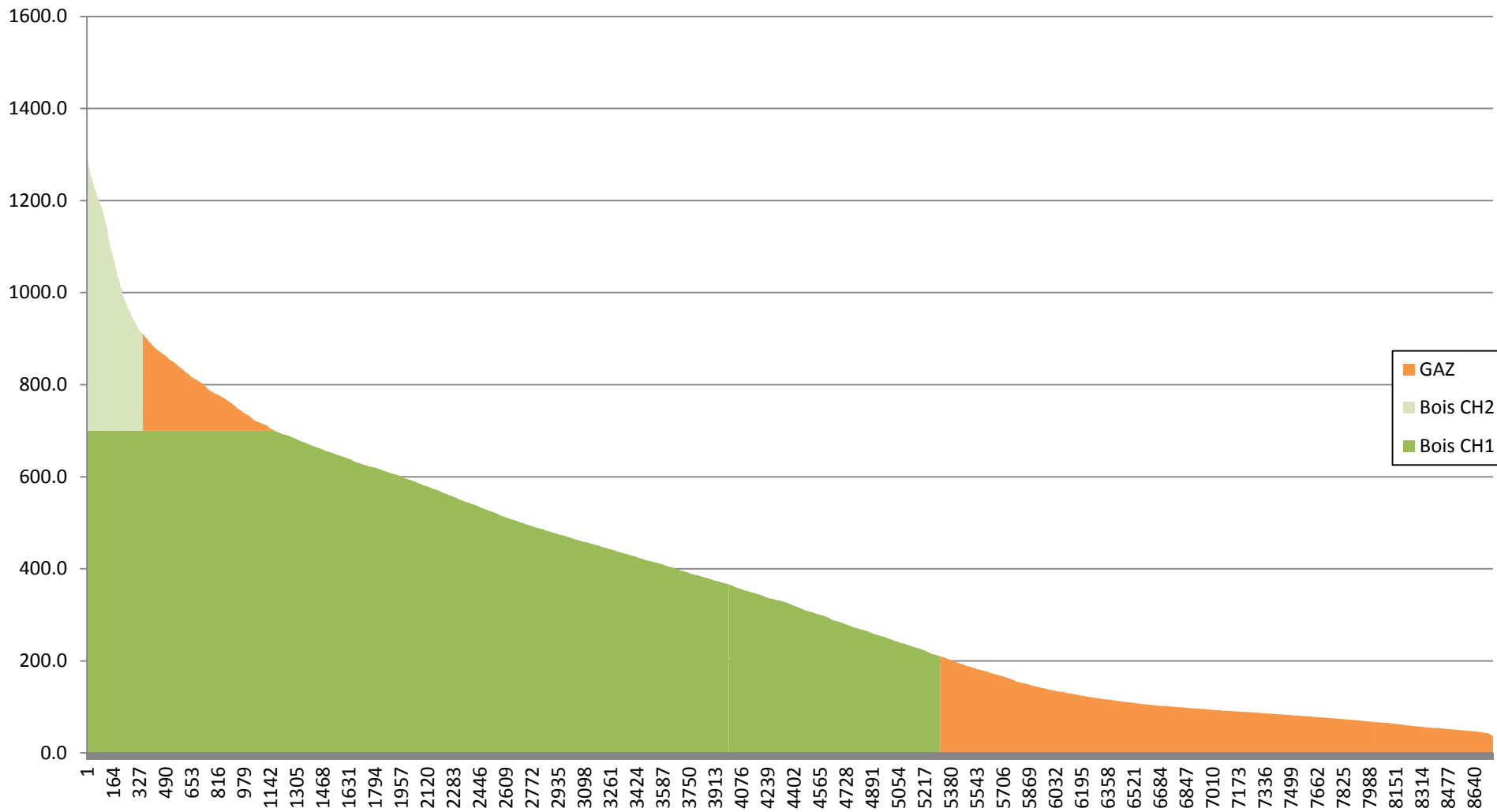
Production de chaleur scénario 1/4

Etape 1



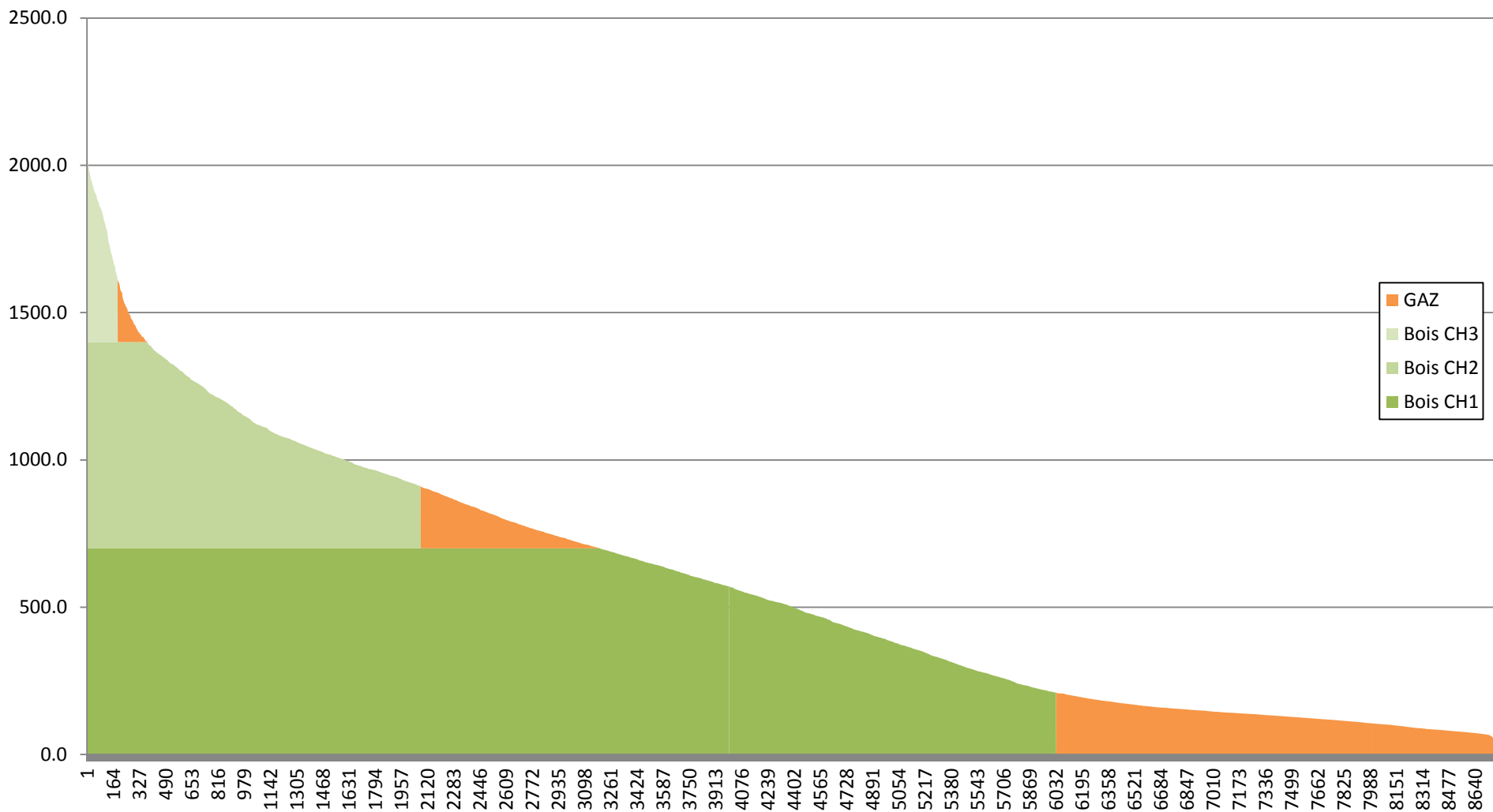
Production de chaleur scénario 2/4

Etape 1+2



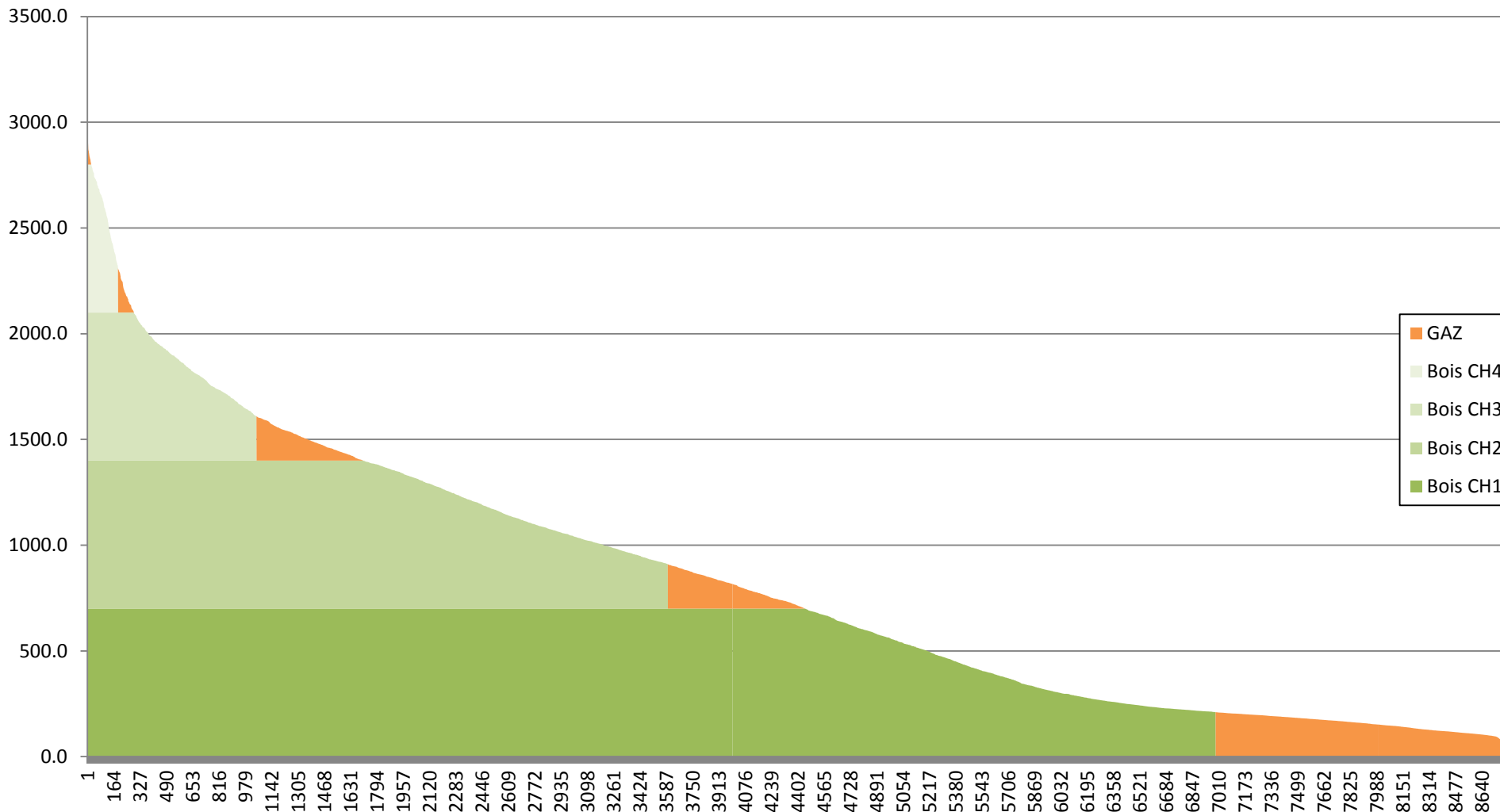
Production de chaleur scénario 3/4

Etape 1+2+3

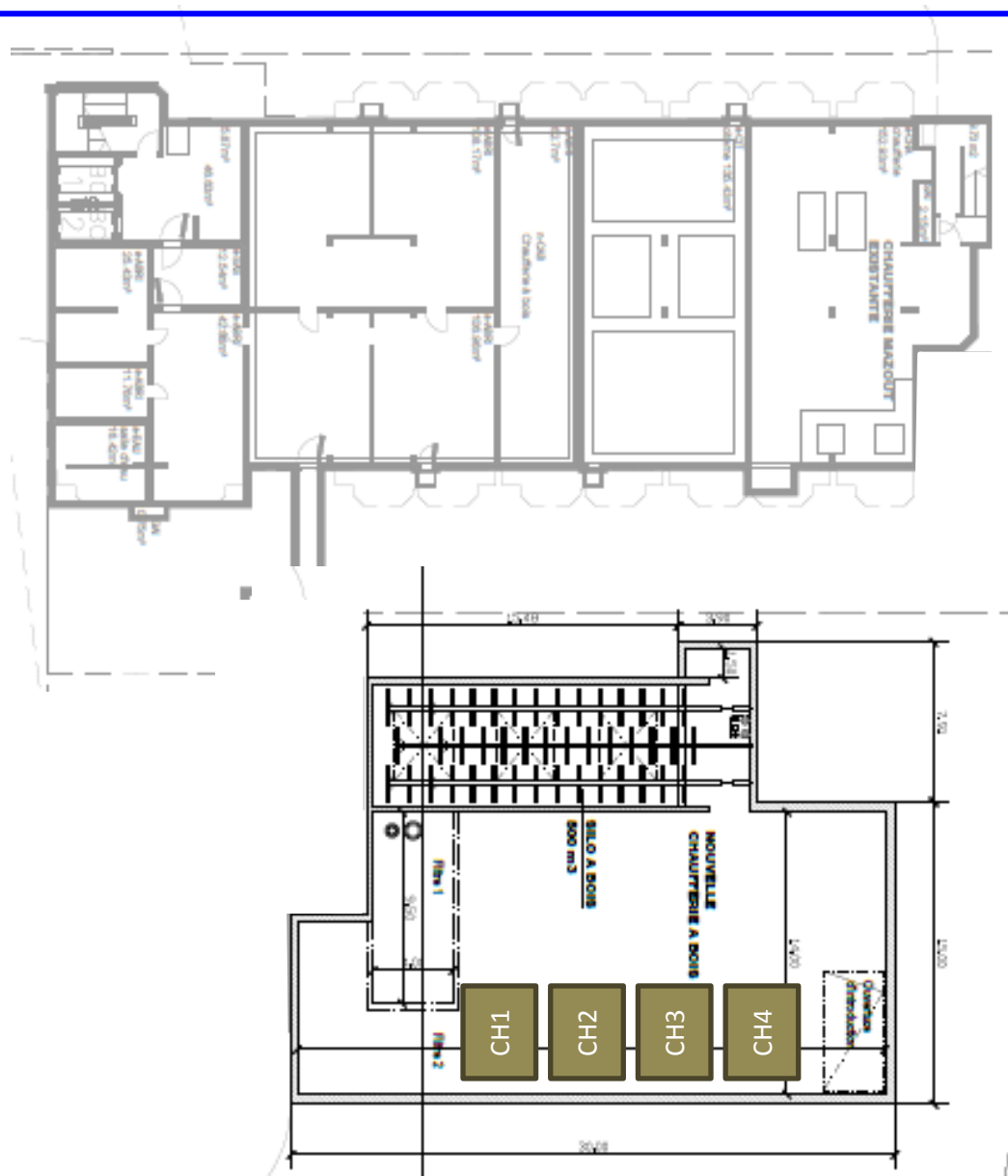


Production de chaleur scénario 4/4

Etape 1+2+3+4



Chaudière modulaire



Silo plaquettes et évolution des remplissages (1/2)

Etapes	1	2	3	4
Combustible bois brut	1'849 MWh	3'306 MWh	5'370 MWh	6'033 MWh
Masse annuelle équivalente	462 t	826 t	1'342 t	1'508 t
Volume annuel équivalent	1'849 m ³	3'306 m ³	5'370 m ³	6'033 m ³
Volume net Silo	500 m ³	500 m ³	500 m ³	500 m ³
Nombre de remplissage silo	3.7	6.6	10.8	12
Nombre de camions annuel	31	55	90	101

Silo plaquettes et évolution des remplissages (2/2)

Evolution mensuelle et par étapes des remplissages du silo

